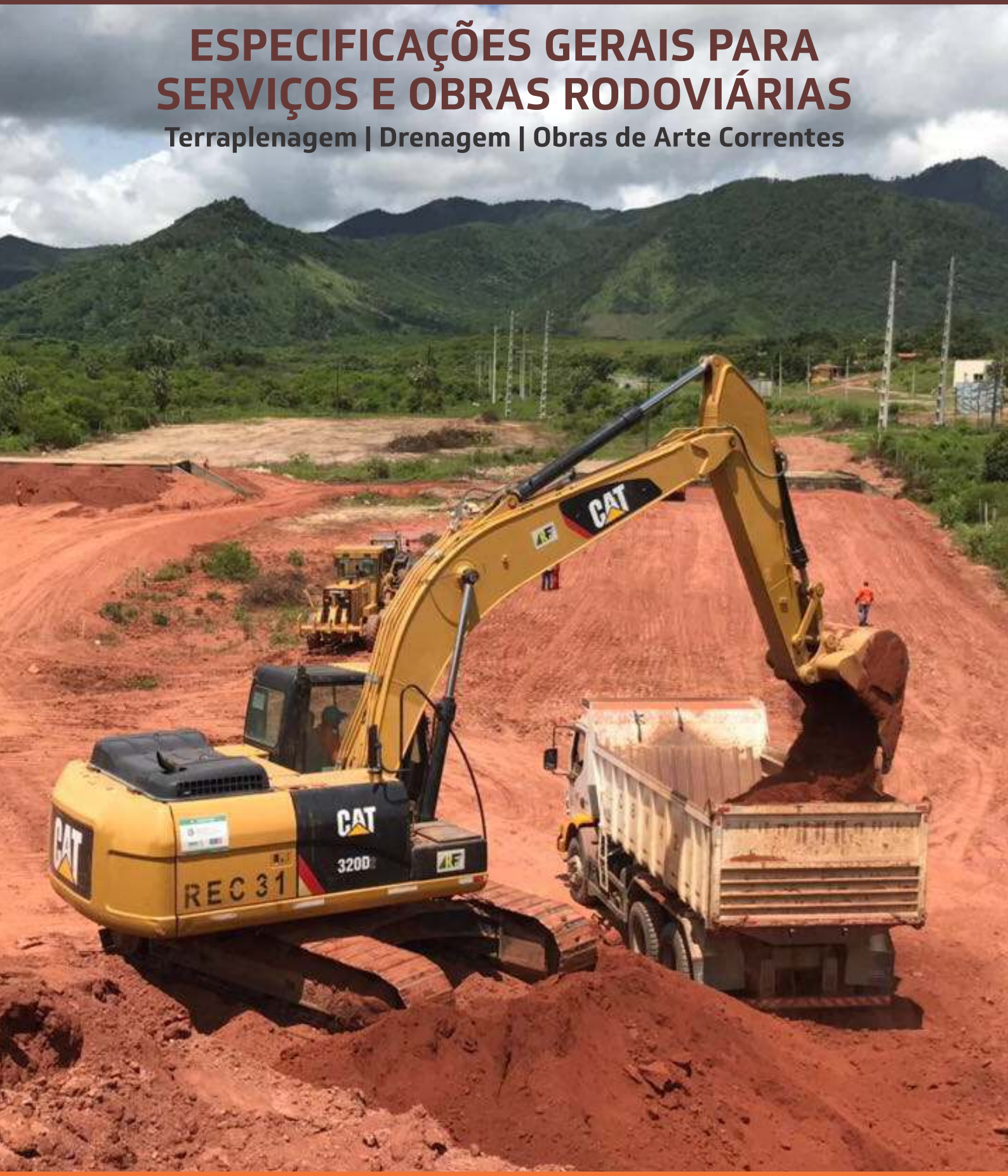
VOLUME 1

ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA SERVIÇOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

Terraplenagem | Drenagem | Obras de Arte Correntes



SOP-CE | SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria das Cidades

EXPEDIENTE

Camilo Santana
Governador

Zezinho Albuquerque
Secretário das Cidades

Francisco Quintino Vieira Neto
Superintendente da SOP

Ilo Santiago
Superintendente Adjunto de Rodovias

Celso Lelis
Superintendente Adjunto de Edificações

Walter Batista
Assessor de Controle Interno e Ouvidoria

Mayana Freitas
Assessora Jurídica

Ana Flávia Gomes
Assessoria de Comunicação

Hermano Zenaide Filho
Diretor de Engenharia Rodoviária

Sérgio Azevedo
Diretor de Infraestrutura Rodoviária e Aeroportuária

Aline Cordeiro
Diretora de Projetos de Edificações

Cláudio Brito
Diretor de Engenharia de Edificações

Silvio Campos
Diretor de Articulação Técnica e Obras Especiais

Arnoudo Alves
Diretor de Planejamento e Gestão

3ª EDIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA SERVIÇOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

CRÉDITOS

Gerência
Geólogo Francisco Quirino Rodrigues Ponte
Coordenador do Programa BID

Comissão Fiscalizadora
Engenheiro Civil Galdino Lins Ribeiro
Geológo José Furtado Pinto
Engenheiro Civil Roberto Xavier de Lima
Engenheira Civil Larissa Augusto e Silva

Redação
Engenheiro Civil Hermano Zenaide Filho

Colaboração/Diagramação
Engenheiro Civil Daniel Zenaide
Publicitário Diego Castelo Branco

CAPÍTULOS

VOLUME 1
NOTAS INTRODUTÓRIAS
INSTRUÇÕES GERAIS DE OBRAS
T – TERRAPLENAGEM
D – DRENAGEM
OAC – OBRAS DE ARTE CORRENTES

VOLUME 2
P – PAVIMENTAÇÃO

VOLUME 3
OAE – OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
OC – OBRAS COMPLEMENTARES
S – SINALIZAÇÃO
PCE – PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL
MA – MEIO AMBIENTE
CE – CONTROLE ESTATÍSTICO DE OBRAS E SERVIÇOS

VOLUME 4
ANEXOS

ÍNDICE | VOLUME 1

1 – APRESENTAÇÃO....4
2 – NOTAS INTRODUTÓRIAS....5
3 – INSTRUÇÕES GERAIS DE OBRAS....6

4 – ESPECIFICAÇÕES DE TERRAPLENAGEM....25
SOP-ES-T 01/19 – Serviços Preliminares....26
SOP-ES-T 02/19 – Caminhos de Serviço....31
SOP-ES-T 03/19 – Variante para Desvio de Tráfego....33
SOP-ES-T 04/19 – Cortes....35
SOP-ES-T 05/19 – Empréstimos....42
SOP-ES-T 06/19 – Aterros com Solos....46
SOP-ES-T 07/19 – Aterros com Rocha....54
SOP-ES-T 08/19 – Revestimento Primário....59
SOP-ES-T 09/19 – Depósito de Materiais Excedentes....72
SOP-ES-T 10/19 – Remoção de Solos Moles....76

5 – ESPECIFICAÇÕES DE DRENAGEM....81
SOP-ES-D-01-19 - Sarjetas e Valetas....82
SOP-ES-D-02-19 - Meios-Fios (Banquetas)....88
SOP-ES-D-03-19 - Entradas e Descida D'água em Taludes (Entradas - Calhas)....94
SOP-ES-D-04-19 - Dissipadores de Energia (Saídas D'água)....102
SOP-ES-D-05-19 - Bueiros de Greide (Bueiros Tubulares)....108
SOP-ES-D-06-19 - Drenos Profundos....115
SOP-ES-D-07-19 - Drenagem Pluvial Urbana....126

6 – ESPECIFICAÇÕES DE OBRAS DE ARTE CORRENTES....133
SOP-ES-OAC-01/19 - Bueiros Tubulares de Concreto....134
SOP-ES-OAC-02/19 - Bueiros Capeados....140
SOP-ES-OAC-03/19 - Bueiros Metálicos Executados sem Interrupção do Tráfego....147
SOP-ES-OAC-04/19 - Bueiros Celulares de Concreto....157
SOP-ES-OAC-05/19 - Caixas de Ligação ou de Passagem....165
SOP-ES-OAC-06/19 - Demolição e Remoção de Bueiros....171
SOP-ES-OAC-07/19 - Limpeza e Desobstrução de Bueiros....175
SOP-ES-OAC-08/19 - Restauração de Obras de Arte Correntes....177
SOP-ES-OAC-09/19 - Demolição de Dispositivos de Concreto....183
SOP-ES-OAC – 10/19 – Bueiros Tubulares corrugados de PEAD com parede estruturada....186

APRESENTAÇÃO

Com o objetivo de atualizar e aprimorar a tecnologia rodoviária no Estado do Ceará, a Superintendência de Obras Públicas (SOP-CE) tem a satisfação de apresentar esta 3ª Edição das Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias, que foram revistas, atualizadas e complementadas a partir da 2ª edição publicada no ano de 2000.

O trabalho de revisão, atualização e complementação das especificações gerais teve início no antigo Departamento Estadual de Rodovias (DER-CE), como parte do Programa Viário de Integração e Logística – Ceará IV, implementado pelo Governo Estadual através do Empréstimo 3395/OC – BR, firmado com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) no ano de 2019, na gestão do Engenheiro José Sérgio Fontenele de Azevedo, e foi concluído e editado pela Superintendência de Obras Públicas, que incorporou e sucedeu ao DER-CE.

A revisão das especificações foi realizada por uma equipe de alto nível, composta por engenheiros servidores do Estado, de consultoras e de construtoras, através do contrato nº 060/2018, firmado entre SOP-CE/DER-CE e a Consultora de Engenharia HMD Ltda. Os trabalhos foram gerenciados pelo Geólogo Francisco Quirino Rodrigues Ponte, coordenador do Programa BID, tendo como comissão fiscalizadora os servidores públicos Engenheiro Civil Galdino Lins Ribeiro, o Geológo José Furtado Pinto e o Engenheiro Civil Roberto Xavier de Lima. A Engenheira Civil Larissa Augusto e Silva também prestou valorosa e determinante contribuição para a elaboração deste documento.

Apresentam-se neste Volume 1 as Notas Introdutórias, as Instruções Gerais de Obras e as Especificações de Terraplenagem, Drenagem e Obras de Arte Correntes. O Volume 2 aborda Pavimentação; o Volume 3 contempla Obras de Arte Especiais, Obras Complementares, Sinalização, Proteção do Corpo Estradal, Meio Ambiente, e Controle Estatístico de Obras e Serviços. Já o 4º Volume compila os anexos.

Engº Civil Francisco Quintino Vieira Neto
Superintendente da SOP/CE

NOTAS INTRODUTÓRIAS

Uma especificação é o tipo de norma que se destina a fixar condições exigíveis para aceitação e/ou recebimento de matérias primas, produtos semiacabados e produtos acabados.

Um serviço rodoviário é o conjunto de atividades coordenadas necessárias para a sua execução, desde uma simples operação de pintura de ligação asfáltica, ou uma demolição de um revestimento, até uma obra simples como uma camada de concreto asfáltico ou uma descida d'água ou até uma obra mais complexa como um pavimento asfáltico ou um bueiro celular. Poder-se-ia, pois, distinguir serviço rodoviário de obra rodoviária, mas coloquialmente costuma-se confundir operação e serviço com a própria obra. Dessa forma é que se optou para a denominação abrangente de Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias.

Esta atualização das especificações gerais da SOP-CE está dividida em 11 (onze) capítulos, divididos em 4 volumes, a saber: Instruções gerais de obras (IG) e as seguintes especificações; Terraplenagem (T), Pavimentação (P), Drenagem (D), Obras de Arte Correntes (OAC), Obras de Arte Especiais (OAE), Obras Complementares (OC), Sinalização (S), Proteção do Corpo Estradal (PCE), Meio Ambiente (MA) e Controle Estatístico de Obras e Serviços (CE).

Chama-se a atenção dos projetistas rodoviários que a eles caberá a elaboração das Especificações Complementares (EC) que são referentes aos serviços ou obras projetados que não estão contemplados nas especificações gerais e também a elaboração das Especificações Particulares (EP) que são aquelas que alteram partes das especificações gerais para atender peculiaridades do projeto, geralmente ligadas ao tráfego e/ou a região, referentes ao clima, materiais locais disponíveis, etc. As especificações complementares e particulares deverão ser aprovadas pela SOP-CE e preponderam sobre as especificações gerais.

Na elaboração dessas especificações gerais procurou-se o mais possível seguir a terminologia, conceitos, métodos de ensaios, procedimentos e a sequência das especificações gerais do DNIT e do antigo DNER pela enorme difusão que elas têm no meio rodoviário.

Também se recorreu às citações das normas e métodos de ensaios da ABNT, devendo-se salientar que as normas ABNT sofrem frequentemente atualizações em suas numerações e às vezes no seu conteúdo.

Ao final das especificações está apresentado um item de Anexos, contendo especificações de materiais asfálticos e métodos de ensaios que fazem parte da prática corrente da engenharia rodoviária e que foram citados nas especificações gerais da SOP-CE.

Eng° Civil Hermano Zenaide Filho
CREA 399D/PB

3 – INSTRUÇÕES GERAIS DE OBRAS

3 – INSTRUÇÕES GERAIS DE OBRAS

a) Introdução

Neste documento são apresentadas informações e recomendações que tem força de especificação já que, ou são de caráter geral, ou são extensivas à boa parte das especificações. São apresentados, também: a definição de termos adotados; critérios para a escolha e produção de agregados; critérios para aceitação e recebimento de materiais asfálticos.

b) Definição dos termos

Onde no projeto, ou nas especificações, os seguintes termos e abreviaturas forem utilizados, o sentido e a intenção destes deverão ser interpretados como segue:

- Especificação: tipo de norma que se destina a fixar condições exigíveis para a aceitação ou recebimento de matérias-primas, produtos ou serviços.
- Contrato: é o termo escrito entre a SOP/CE e a Contratada que regula o relacionamento entre eles para a execução de uma obra / serviço.
- Obra: conjunto de atividades e serviços de engenharia destinados a execução de um projeto de engenharia.
- Projeto: conjunto de todos os elementos necessários e suficientemente completos para a execução de uma obra ou serviço, sendo apresentados de forma objetiva, precisa e detalhada.
- Construtora: organização particular, governamental ou de economia mista, legalmente habilitada e registrada, contratada ou designada para executar dada obra conforme projeto, dedicando ao desenvolvimento da mesma sua assistência técnica permanente, providenciando a mão-de-obra, equipamentos, materiais adequados e outros eventuais necessários à sua perfeita e integral execução.
- Consultora Supervisora: organização particular, legalmente habilitada e registrada, contratada para, em caráter auxiliar da fiscalização da SOP/CE, exercer o controle físico, financeiro, de qualidade e de execução da obra. A supervisora e a construtora são solidariamente responsáveis pelos controles geométrico e tecnológico dos serviços, cabendo à construtora todo o controle

de qualidade da obra e à consultora supervisora a verificação da correção desse controle. São também atribuições da consultora o detalhamento, a revisão e a adequação do projeto, bem como estudos geotécnicos e topográficos complementares quando solicitados pela fiscalização da SOP/CE.

- Fiscalização: compreende a equipe designada pela SOP/CE, sob o comando do engenheiro fiscal, que se destina ao exame atento dos serviços executados de uma obra, de responsabilidade da Construtora, objetivando a fiel observância do que foi projetado, especificado e contratado. A fiscalização poderá ser auxiliada por uma consultora supervisora.
- Engenheiro Fiscal: engenheiro, legalmente habilitado e registrado, designado pela SOP/CE, e incumbido de acompanhar a execução material da obra, com o objetivo de verificar a fiel observância do que foi projetado, especificado e contratado. O engenheiro fiscal representa a SOP/CE, com autoridade para decidir qualquer questão que se apresente com relação à interpretação do projeto e das normas, quanto à qualidade e quantidade dos materiais empregados na execução dos serviços e obras, e sobre o perfeito cumprimento dos termos do contrato.
- Controle: consiste na verificação da conformidade da execução da obra com o projeto e com as especificações.
- Tolerância: variação permissível de valor especificado.
- Serviços de Terraplenagem: compreende o conjunto de operações de escavação de solos e/ou extração de rochas, seguidas geralmente de carga, transporte, descarga e compactação, aplicadas na construção de aterros e cortes, dando à superfície do terreno a forma projetada para construção da obra.
- Serviços de Pavimentação: compreende o conjunto de atividades relativas à execução de estrutura construída após a terraplenagem, destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais, tornando mais durável a superfície de rolamento.
- Serviços de Drenagem: compreende o conjunto de atividades aplicadas à execução de dispositivos de escoamento de águas superficiais ou subterrâneas, para manter seca e sólida a infraestrutura da obra.

- Serviços de Obras de Arte Correntes: compreende o conjunto de atividades aplicadas à execução de estruturas, que isoladas ou em conjunto, são projetadas para conduzir as águas dos talvegues, córregos, bacias e açudes interceptados pela estrada.
- Serviços de Obras de Arte Especiais: compreende o conjunto de atividades aplicadas à execução de determinados tipos de construção, que requerem uma maior especialização, tais como pontes, viadutos, passarelas, arrimos e túneis.
- Serviços de Sinalização: compreendem de modo geral os serviços de demarcação viária e afixação de dispositivos verticais com o objetivo de permitir aos condutores, e demais usuários, trafegarem com segurança nas vias e rodovias.
- Serviços de Proteção do Corpo Estradal: compreendem as atividades relativas à execução de obras de proteção e estabilidade do corpo estradal.
- Serviços de Obras Complementares: compreendem as atividades relativas à execução de estruturas ao longo das vias e rodovias de forma a proteger a faixa de domínio e a circulação de veículos na pista de rolamento.
- Serviços de Proteção Ambiental: compreendem de modo geral as atividades relativas à execução de obras de efetivação das medidas mitigadoras, restauradoras e/ou compensatórias e de monitoramento previstas no EIA/ RIMA ou no projeto ambiental da obra.
- Camada: parte homogênea de uma estrutura (aterro, pavimento etc.), constituída por materiais dispostos em espessuras uniformes.
- Subleito: maciço teoricamente semi-infinito que serve de fundação para um pavimento.
- Reforço do Subleito: camada do pavimento executada com o objetivo de reduzir a espessura da sub-base, por razões técnicas ou econômicas.
- Sub-base: camada complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem técnica ou econômica, for conveniente reduzir a espessura da base.
- Base: camada destinada a receber e distribuir os esforços verticais oriundos dos veículos, e sobre a qual se constrói o revestimento.
- Revestimento: camada que recebe diretamente a ação do rolamento dos pneus dos veículos.

- SOP/CE – Superintendência de Obras Públicas do Estado do Ceará.
- DER/CE – Departamento Estadual de Rodovias do Estado do Ceara.
- CIDADES – Secretaria das Cidades do Estado do Ceará.
- SEINFRA – Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará.
- TABELA UNIFICADA SEINFRA – Tabela de Preços de Serviços de Engenharia, Insumos e Administração de Obras elaborada a partir de composições de preços unitários calculados com base nos custos resultantes de pesquisa de mercado de equipamentos, mão de obra, serviços, insumos e materiais.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
- DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- DNIT (numeração)-ME - Método de Ensaio Normalizado pelo DNIT.
- DNER (numeração)-ME – Método de Ensaio Normatizado pelo DNER.
- ANP - Agência Nacional de Petróleo.
- AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ASTM -American Society for Testing Materials.
- ISC - Índice de Suporte Califórnia.
- N - Parâmetro de Tráfego (número de operações do eixo padrão de 8,2 toneladas, calculado com os fatores de equivalência de cargas de eixo adotados pelo DNER/DNIT).
- USACE – United States Army Corps of Engineers.

c) Instruções Gerais:

IG 01 - São de total responsabilidade da Construtora:

- A obtenção de todas as licenças necessárias à execução dos serviços;
- O atendimento às normas e procedimentos ambientais;
- A concepção, a implantação, a operação e o remanejamento, de acordo com a evolução das frentes de serviço, de todo o sistema de sinalização provisória da obra, de forma a conferir segurança ao tráfego e ao pessoal em serviço, bem como minimizar os transtornos aos usuários.

IG 02 - Durante todo o período de execução dos serviços e até o recebimento definitivo da obra, os materiais e os serviços executados deverão ser protegidos contra a ação destrutiva das intempéries, do tráfego e de agentes que possam danificá-los, não cabendo qualquer remuneração adicional a construtora por estas tarefas.

IG 03 - Todo material objeto de demolição ou remoção (tubos, cercas, pavimentos etc.), terá destino definido pela SOP/CE.

IG 04 - A Construtora deverá cercar-se de todas as precauções necessárias para que os materiais transportados não venham a causar danos aos usuários das vias afetadas pela obra, ou às próprias vias. Eventuais danos causados a terceiros são de inteira responsabilidade da construtora, a quem caberá todo e qualquer ônus.

IG 05 - No transporte de materiais necessários à execução da obra, deverão ser observados os limites de cargas, estabelecidos na legislação em vigor.

IG 06 – A construtora deverá evitar tráfego exagerado de seus equipamentos e veículos de carga em segmento da rodovia com pavimento recém concluído.

IG 07 - As especificações apresentam sugestões a respeito dos equipamentos julgados mais apropriados à execução dos serviços. Em qualquer caso, compete a construtora da obra assegurar que o canteiro de serviço esteja adequadamente montado, contando com todos os equipamentos necessários à perfeita execução dos serviços contratados, atendendo aos aspectos técnicos e ao cronograma aprovado.

IG 08 - Todo equipamento deverá ser inspecionado e aprovado pela fiscalização. Sem este procedimento não será dada a autorização para o início dos serviços.

IG 09 - Na produção dos agregados deve-se observar o seguinte:

- Os agregados deverão, obrigatoriamente, ser cobertos por instalação adequada.
- Para a utilização em camadas de misturas asfálticas usinadas a quente, mornas, ou a frio, tratamentos asfálticos superficiais por penetração, a quente e a frio, e micro revestimentos asfálticos, o agregado deverá:

- Ser obtido em instalação de britagem que possua, obrigatoriamente, uma peneira separadora com abertura de, no mínimo 50,4mm (2”), imediatamente depois da britagem primária, para expurgo das impurezas, objetivando eliminar materiais indesejáveis na sequência da britagem e a obtenção de agregados adequados aos serviços.

- Apresentar absorção inferior a 2%, quando submetido ao ensaio DNER - ME 195/97 (Determinação da absorção e da massa específica na condição saturada, superfície seca).

IG 10 - Nas obras de terraplenagem associada com pavimentação, tendo em vista a superposição das operações previstas, a última camada final de aterro deverá ser executada obedecendo as especificações de regularização do subleito.

IG 11 - Não sendo verificadas as condições de aceitação através de qualquer controle especificado, o serviço será rejeitado, devendo o mesmo ser retrabalhado, totalmente refeito ou reforçado. Todas as despesas decorrentes desta nova execução serão de ônus exclusivo da construtora.

IG 12 - Quando completada uma camada de pavimentação, mesmo que tenham sido aceitas camadas subjacentes com espessuras inferiores à de projeto, esta camada deverá apresentar, no mínimo, a mesma equivalência estrutural do projeto. Isto será atingido com o aumento da espessura do revestimento, com ônus exclusivo da construtora.

IG 13 - Quanto ao controle tecnológico:

- Na execução dos ensaios, deverão ser seguidos os métodos de ensaios da ABNT e/ou DNIT/DNER, adotados pela SOP/CE.
- As coletas e/ou ensaios na pista deverão ser executadas a 0,40m dos bordos, ou no eixo, obedecendo a seguinte ordem de posicionamento: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, bordo direito etc. No caso das camadas do pavimento deverão ser feitos na posição correspondente às futuras trilhas de rodas externas.

- Quando julgar conveniente, a fiscalização poderá optar pelo aumento do número de ensaios previstos nas especificações, em função do porte e do avanço físico da obra.

IG 14 - Quando da execução de uma camada de pavimentação recomenda-se o acabamento em toda a seção. Quando isso não for possível, será permitido o acabamento em meia-pista. No entanto, uma nova camada superior só poderá ser executada quando a outra meia pista estiver concluída.

IG 15 - Os projetos de traços de misturas asfálticas e tratamentos superficiais serão fornecidos pela construtora, devendo, obrigatoriamente, sofrerem análise da fiscalização. Caso o projeto não seja aprovado, parcial ou integralmente, será devolvido à construtora para os ajustamentos necessários.

IG 16 - Deverá ser respeitado o CTB (Código de Transito Brasileiro) no Artigo 88: "*Nenhuma via pavimentada poder ser entregue após sua construção, ou reaberta ao trânsito após a realização de obras ou de manutenção, enquanto não estiver devidamente sinalizada, vertical e horizontalmente, de forma a garantir as condições adequadas de segurança na circulação*".

IG 17 – A todo carregamento de material asfáltico que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de ensaio da fábrica, documento da qualidade requerido do distribuidor, o qual deve conter todas as informações e os resultados da análise das características do material conforme as especificações da ANP/DNIT.

IG 18 – Para recebimento ou aceitação de materiais asfálticos deverá proceder-se da seguinte forma:

IG 18.1 – Verificar os resultados dos ensaios do certificado de qualidade do fabricante ou realizar os seguintes ensaios no laboratório de campo:

a) Para Cimentos Asfálticos de Petróleo:

a.1) Para cada carregamento que chegar à obra:

- 1 (um) ensaio de penetração a 25ºC (ABNT – NBR 6576/98 – Materiais betuminosos – determinação da penetração);

- 1 (um) ensaio do ponto de fulgor, (ABNT – NBR 11341/2003 – Produtos de petróleo – determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland);
- 1 (um) ensaio de espuma, aquecido a 175ºC, não deve produzir espuma;
- 1 (um) ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (ABNT – NBR 14950/2003 – Material betuminoso – determinação da viscosidade “Saybolt-Furol”).

a.2) Para cada 100 t:

- 1 (um) ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (ABNT – NBR 14950/2003 – Material betuminoso – determinação da viscosidade “Saybolt-Furol”) a diferentes temperaturas, para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura;
- 1 (um) índice de susceptibilidade térmica, determinado pelos ensaios DNER-ME 003 (materiais betuminosos – determinação da penetração) e ABNT – NBR 6560/2016 (material betuminoso – determinação do índice de suscetibilidade térmica).
- 1 (um) ensaio de ponto de amolecimento (ABNT – NBR – 6560/2003 – materiais betuminosos – determinação do ponto de amolecimento).

b) Quando utilizado CAP modificado por polímeros elastoméricos deverão ser realizados, além dos ensaios já citados, os seguintes ensaios:

b.1) Para todo carregamento que chegar à obra:

- 1 (um) ensaio de recuperação elástica a 25ºC (ABNT – NBR 15086/2006 – materiais betuminosos – determinação da recuperação elástica pelo ducitilômetro);
- 1 (um) ensaio de estabilidade ao armazenamento (DNER - ME 384/99 – estabilidade ao armazenamento de asfalto polímero).

c) Para CAP modificado com borracha (Terminal Blend – mistura por via úmida do CAP com a borracha):

c.1) Para todo carregamento que chegar à obra:

- 1 (um) ensaio de penetração a 25ºC (ABNT - NBR 6576/98 – determinação da penetração);
- 1 (um) ensaio do ponto de fulgor, (ABNT – NBR 11341/2014 – produtos de petróleo – determinação dos pontos de fulgor e combustão em vaso Cleveland);
- 1 (um) ensaio de viscosidade Brookfield (ABNT – NBR 15529/2007 – asfalto borracha – propriedades reológicas de materiais não newtonianos por viscosímetro rotacional) a 175ºC;
- 1 (um) ensaio de recuperação elástica pelo ductilômetro a 25ºC (ABNT - NBR 15086/2006 – determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro);

c.2) Para cada 100 t:

- 1 (um) ensaio de ponto de amolecimento (ABNT - NBR 6560/2003 – materiais betuminosos – determinação do ponto de amolecimento);

d) Para Emulsões Asfálticas

d.1) Para cada carregamento que chegar à obra:

- 1 (um) ensaio de Viscosidade Saybolt-Furol (DNER ME 004/94 – ABNT - NBR 14491/2007) a 25 ou 50ºC – (determinação da viscosidade Saybolt Furol);
- 1 (um) ensaio de Peneiração (DNER – ME 005/94 – ABNT - NBR 14393/2012 – determinação da penetração);
- 1 (um) ensaio de determinação de carga de partícula (ABNT - NBR 6567/2015 – carga de partículas de emulsões asfálticas)
- 1 (um) ensaio de resíduo por evaporação (NBR 14376/2019).

d.2) Para cada 100 t:

- 1 (um) ensaio de viscosidade Saybolt-Furol (ABNT – NBR 14491/2007), no mínimo em 3 (três) temperaturas para o estabelecimento da relação viscosidade x temperatura; e

- 1 (um) ensaio de sedimentação para emulsões (ABNT - NBR 6570/2016 – emulsões asfálticas – determinação da sedimentação);

e) Para emulsões modificadas por polímeros elastoméricos:

- 1 (um) ensaio de recuperação elástica a 25ºC, no resíduo da emulsão, (ABNT – NBR 15086/2016).

Se o carregamento de emulsão não satisfizer às exigências da correspondente especificação, pode-se fazer circular a emulsão no caminhão e, em seguida, repetir os ensaios. O procedimento poderá ser a critério da fiscalização, repetido até mais duas vezes.

f) Para Asfaltos Diluídos

f.1) Para cada carregamento que chegar à obra:

- 1 (um) ensaio de viscosidade cinemática a 60 °C (ABNT - NBR 14.756/2001 – materiais betuminosos – determinação da viscosidade cinemática);
- 1 (um) ensaio do ponto de fulgor e combustão (ABNT - NBR 5.765/2002 – asfalto diluído – determinação do ponto de fulgor).

f.2) Para cada 100 t:

- 1 (um) ensaio de viscosidade Saybolt Furol (NBR 14.491/2007), no mínimo em 3 (três) temperaturas, para o estabelecimento da relação viscosidade x temperatura;
- 1 (um) ensaio de destilação para os asfaltos diluídos (ABNT - NBR 14.856), para verificação da quantidade de resíduo.

IG 18.2 - Dos três primeiros carregamentos, de um mesmo ligante, será traçada a relação viscosidade versus temperatura com no mínimo 3 (três) pontos. A cada 100 t será repetido o ensaio para verificação ou correção da relação original. A faixa de trabalho da temperatura do ligante será sempre adequada em função da última relação obtida.

IG 18.3 - De cada carregamento que chegar à obra, ao retirar o lacre do caminhão transportador, será coletada amostra de, aproximadamente, 1 kg

de material asfáltico, que deverá ser acondicionado em recipiente limpo e perfeitamente fechado, que não tenha recebido qualquer produto derivado de petróleo. Deverá ser rotulado com as seguintes informações: tipo de material, classificado de acordo com a especificação; data de recebimento na obra; e número da nota fiscal correspondente à partida. O arquivo de amostras assim constituído deverá ser então confiado a SOP/CE, para quaisquer verificações posteriores através de ensaios especiais. Na ocasião será fornecida, também, uma cópia da nota fiscal do referido carregamento, que deverá ser arquivada pela SOP/CE para efeitos de verificação dos teores e taxas previstas.

IG 19 – Para recebimento e aceitação de melhorador de adesividade (dope), deverá proceder-se da seguinte forma:

- De cada carregamento que chegar à obra será realizado um ensaio de adesividade que deverá apresentar resultado satisfatório. Em caso contrário, o material será rejeitado e não permitido o seu descarregamento no canteiro.
- Toda vez que o melhorador de adesividade for incorporado ao ligante, será realizado um ensaio de adesividade que deverá apresentar resultado satisfatório. Se não for satisfatório a construtora, deverá fazer nova circulação do ligante asfáltico, incorporado do melhorador de adesividade no próprio caminhão e, após, repetir o ensaio.

IG 20 – Para prevenir que não ocorra a separação da água e da emulsão asfáltica durante a armazenagem, deve-se tomar cuidado para que a temperatura da mesma não fique abaixo de 10°C. Se isto for previsível, os tanques de depósito deverão ser dotados de dispositivo que permita o seu aquecimento.

IG 21 – Os materiais asfálticos só serão descarregados se os ensaios de recebimento satisfizerem às exigências da correspondente especificação da ABNT e ANP, em todos os ensaios retro citados, sendo terminantemente proibido o descarregamento do material rejeitado no canteiro.

A seguir são apresentadas as especificações dos ligantes asfálticos em vigor quando da elaboração das presentes especificações.

Tabela A1: Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) – classificação por penetração. Resolução nº 19 de 11 de julho de 2005 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 03/2005.

Características	Unid.	Limites				Métodos	
		CAP 30/45	CAP 50/70	CAP 85/100	CAP 150/200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1mm	30 a 45	50 a 70	85 a 100	150 a 200	NBR 6576	D 5
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	52	46	43	37	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt Furol	s					NBR 14950	E 102
a 135ºC, mín.		192	141	110	80		
a 150ºC, mín.		90	50	43	36		
a 177ºC		40 -150	30 -150	15-60	15-60		
Ou							
Viscosidade Brookfield	cP					NBR 15184	D 4402
a 135ºC, SP 21, 20rpm, mín.		374	274	214	155		
a 150ºC, SP 21, mín.		203	112	97	81		
a 177ºC, SP 21		76-285	57-285	28-114	28-114		
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST)(1)		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)		
Ponto de fulgor, mín.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 5min	D 2872						
Variação em massa, máx.(2)	% massa	0,5	0,5	0,5	0,5		
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	8	8	8	8	NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín.(3)	%	60	55	55	50	NBR 6576	D 5

(1) O índice de suscetibilidade térmica é obtido a partir da seguinte equação:
IST = [(500) (log PEN) + (20) (TºC) 1951] / [120 (50) (log PEN) + (TºC)]
onde: (TºC) = Ponto de amolecimento
PEN = penetração a 25°C, 100g, 5s.

(2) A variação em massa, em porcentagem, é definida como:
M= (M inicial – M final)/ M inicial x 100
onde: M inicial massa antes do ensaio RTFOT; M final massa após o ensaio RTFOT

(3) A penetração retida é definida como:
PEN retida = (PEN final / PEN inicial) x 100
onde: PEN inicial penetração antes do ensaio RTFOT; PEN final penetração após o ensaio RTFOT

Fonte: ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto.

Tabela A2: Especificações dos cimentos asfálticos de petróleo modificados por polímeros elastoméricos. Resolução nº 32 de 21 de setembro de 2010 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 04/2010.

Grau (ponto de amolecimento, mín./recuperação elástica, mín.)		55/75-E	60/85-E	65/90-E
Ensaios na amostra virgem:	**Métodos**	**Limite de especificação**		
Penetração 25°C, 5s, 100g, dmm	NBR 6576	45-70	40-70	40-70
Ponto de amolecimento mín., °C	NBR 6560	55	60	65
Viscosidade Brookfield a 135°C, spindle 21, 20 rpm, máx., cP	NBR 15184	3000	3000	3000
Viscosidade Brookfield a 150°C, spindle 21, 50 rpm, máx., cP	NBR 15184	2000	2000	2000
Viscosidade Brookfield a 175°C, spindle 21, 100 rpm, máx., cP	NBR 15184	1000	1000	1000
Ensaio de separação de fase, máx., °C	NBR 15166	5	5	5
Recuperação elástica a 25°C, 20cm, mín., %	NBR-15086	75	85	90
Ensaios no resíduo do RTFOT				
Variação de massa, máx., %	ASTM D 2872	1	1	1
Variação do PA, °C, máx.	NBR 6560	-5 a +7	-5 a +7	-5 a +7
Porcentagem de penetração original, mín.	NBR 6576	60	60	60
Porcentagem de recuperação elástica original a 25°C, mín.	NBR 15086	80	80	80

Fonte: ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto.

Tabela A3: Especificações dos cimentos asfálticos de petróleo modificados por borracha moída de pneus, tipo terminal blend. Resolução nº 39 de 24 de dezembro de 2008 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 05/2008.

Características	Métodos	AB8	AB22
Penetração 25°C, 5s, 100g, dmm	NBR 6576	30 - 70	30 - 70
Ponto de amolecimento mín., °C	NBR 6560	50	55
Viscosidade Brookfield a 175°C, spindle 3, 100 rpm, máx., cP	NBR 15529	800 - 2000	2200 - 4000
Ponto de fulgor, mín., °C	NBR 11341	235	235
Recuperação elástica no ductilômetro 25°C, 10cm, mín., %	NBR 15086	50	55
Recuperação elástica no torciômetro 25°C, 30cm, mín., %	NLT 329*	50	55
Ensaios no resíduo do RTFOT			
Variação de massa, máx., %	NBR 15235	1,0	1,0
Variação do PA, °C, máx.	NBR 6560	10	10
Porcentagem de penetração original, mín.	NBR 6576	55	55
Porcentagem de recuperação elástica original a 25°C, mín.	NBR 15086	100	100

Fonte: ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto.

Tabela A4: Proposta IBP/ABNT de especificação do asfalto de baixa penetração

Ensaio	Norma	Especificação
Penetração (100g, 5s, 25°C), 0,1mm	NBR-6576	15 - 30
Ponto de amolecimento, °C	NBR-6560	61 mínimo
Viscosidade Brookfield, – 135°C – spindle 21, cP	NBR-14184	600 - 3000
Viscosidade Brookfield, – 150°C – spindle 21, cP	NBR-14184	300 mínimo
Viscosidade Brookfield, – 177°C – spindle 21, cP	NBR-14184	145 mínimo
Ponto de fulgor, °C	NBR-11341	230 mínimo
Densidade relativa, 20/4°C	ASTM D 70	ANOTAR
Aquecimento a 177°C	X 215	Não espuma

Fonte: ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto.

Tabela A5: Especificações para asfaltos diluídos de petróleo (ADP) de cura rápida. Resolução nº 30 de 9 de outubro de 2007 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 02/2007

Características	Métodos		Tipos de CR	
	ABNT	ASTM	CR-70	CR-250
No ADP				
Água, %volume, máx.	NBR 14236	D 95	0,2	0,2
Viscosidade cinemática, cSt, 60°C	NBR 14756	D 2170	70-140	250-500
Viscosidade Saybolt-Furol, s	–	–	–	–
50°C			60-120	–
60°C			–	125-250
Ponto de fulgor (V.A. Tag), mín.	NBR 5765	D 3143	–	27
Destilação até 360°C, % volume total destilado, mín.	NBR 14856	D 402		
190°C			10	–
225°C			50	35
260°C			70	60
316°C			85	80
Resíduo, 360°C, % volume mín.			55	65
No resíduo da destilação				
Viscosidade, 60°C (2)	NBR 5847	D 2171	600-2400	600-2400
Betume, % massa, mín. (2)	NBR 14855	D 2042	99,0	99,0
Ductilidade, 25°C, cm, mín. (1) (2)	NBR 6293	D 113	100	100

(1) Se a ductilidade obtida a 25°C for menor do que 100cm, o ADP estará especificado se a ductilidade a 15,5°C for maior do que 100cm.
(2) Ensaios realizados no resíduo da destilação.

Fonte: ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto.

Tabela A6: Especificações para asfaltos diluídos de petróleo (ADP) de cura média. Resolução nº 30 de 9 de outubro de 2007 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 02/2007

Características	Métodos		Tipos de CM	
	ABNT	ASTM	CM-30	CM-70
No ADP				
Água, % volume, máx.	NBR 14236	D 95	0,2	0,2
Viscosidade cinemática, cSt, 60°C	NBR 14756	D 2170	30-60	70-140
Viscosidade Saybolt-Furol, s			–	–
25°C			75-150	–
50°C			–	60-120
Ponto de fulgor, (V.A. Tag),°C mín.	NBR 5765	D 3143	38	38
Destilação até 360°C, % volume total destilado, mín.				
225°C	NBR 14856	D 402	25	20
260°C			40-70	20-60
316°C			75-93	65-90
Resíduo, 360°C, % volume mín.			50	55
No resíduo da destilação				
Viscosidade, 60°C(2)	NBR 5847	D 2171	300-1200	300-1200
Betume, % massa, mín.(2)	NBR 14855	D 2042	99,0	99,0
Ductilidade, 25°C, cm, mín.(1) (2)	NBR 6293	D 113	100	100

(1) Se a ductilidade obtida a 25°C for menor do que 100cm, o ADP estará especificado se a ductilidade a 15,5°C for maior do que 100cm.
(2) Ensaios realizados no resíduo da destilação.

Fonte: ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto.

Tabela A7: Especificações das emulsões asfálticas para pavimentação. Resolução nº 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 06/2012

Característica	Unid.	Limite									Método[1]	
		Ruptura rápida		Ruptura média		Ruptura lenta				Ruptura controlada	ABNT NBR	ASTM
		RR-1C	RR-2C	RM-1C	RM-2C	RL-1C	LA-1C	LAN	EAI	LARC		
Ensaio para a emulsão												
Viscosidade Saybolt-Furol a 25ºC, máx.	s	90	–	–	–	90	90	90	90	90	14491	D244
Viscosidade Saybolt-Furol a 50ºC	s	–	100 a 400	20 a 200	100 a 400	–	–	–	–	–	14491	D244
Sedimentação, máx.	% m/m	5	5	5	5	5	5	5	10	5	6570	D6930
Peneiração (0,84mm), máx.	% m/m	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	14393	D6933
Resistência à água (cobertura), mín.[2]	%	80	80	80	80	80	–	–	–	–	14249	D244
Adesividade em agregado miúdo, mín.	%	–	–	–	–	–	75	–	–	75	14757(3)	–
Carga da partícula	–	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	neutra	–	positiva	6567	D244
pH, máx.	–	–	–	–	–	6,5	–	6,5	8	6,5	6299	–
Destilação												
Solvente destilado	% v/v	–	–	0 a 12	0 a 12	–	–	–	0 a 15	–	6568	D244
Resíduo seco, mín.	% m/m	62	67	62	65	60	60	60	45	60	14376	D6934
Desemulsibilidade												
Mín.	% m/m	50	50	–	–	–	–	–	–	–	6569	D6936
Máx.		–	–	**50**	**50**	–	–	–	–	–		
Mistura com filer silício	%	–	–	–	–	máx. 2,0	1,2 a 2,0	–	–	mín. 2,0	6302	D244
Mistura com cimento	%	–	–	–	–	máx. 2,0	máx. 2,0	–	–	mín. 2,0	6297	D244
Ensaio para o resíduo da emulsão obtido pela NBR 14896												
Penetração a 25ºC (100g e 5s)	mm	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 25,0	4,0 a 15,0	6576	D5
Teor de betume, mín.	%	97	97	97	97	97	97	97	97	97	14855	D2042
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	40	40	40	40	40	40	40	40	40	6293	D113

(1) A equivalência das normas NBR, ASTM e ISSA é parcial, sendo que, preferencialmente, os ensaios devem ser realizados pelas normas NBR.

(2) Se não houver envio de amostra ou informação da natureza do agregado pelo consumidor final, o distribuidor deverá indicar a natureza do agregado usado no ensaio no certificado da qualidade.

(3) Para o ensaio da adesividade em agregado miúdo, a norma equivalente à NBR 14757 é a ISSA TB-114.

Fonte: ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto.

Tabela A8: Especificações das emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos. Resolução nº 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 06/2012

Característica	Unid.	Limite					Método[1]	
		Ruptura rápida		Ruptura média	Ruptura controlada	Ruptura lenta	ABNT NBR	ASTM
		RR1C-E	RR2C-E	RM1C-E	RC1C-E	RL1C-E		
Ensaio para a emulsão								
Viscosidade Saybolt-Furol, a 50ºC	s	70 máx.	100-400	20-200	70 máx.	70 máx.	14491	D244
Sedimentação, máx.	% massa	5					6570	D6930
Peneiração 0,84mm, máx.	% massa	0,1					14393	D6933
Resistência à água, mín. de cobertura[2]							6300	D244
Agregado seco	%	80						
Agregado úmido		80	80	60	60	60		
Carga da partícula	–	positiva					6567	D244
pH, máx.	–	–	–	–	6,5	6,5	6299	D244
Destilação – solvente destilado a 360ºC	% volume	0-3	0-3	0 a 12	0	0	6568	D244
Resíduo seco, mín.	% massa	62	67	62	62	60	14376	D6934
Desemulsibilidade Mín.	% massa	50	50	–	–	–	6569	D6936
Máx.		–	–	50	–	–		
Ensaio para o resíduo da emulsão obtido pela ABNT NBR 14896								
Penetração a 25ºC (100g e 5s)	0,1 mm	45-150	45-150				6576	D5
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	50	55				6560	D36
Viscosidade Brookfield a 135ºC, SP21, 20 rpm, mín.	cP	550	600				15184	D4402
Recuperação elástica a 25ºC, 20cm, mín.	%	65	70				15086	D6084

(1) A equivalência das normas NBR e ASTM é parcial, sendo que, preferencialmente, os ensaios devem ser realizados pelas normas NBR.

(2) Se não houver envio de amostra ou informação da natureza do agregado pelo consumidor final, o distribuidor deverá indicar a natureza do agregado usado no ensaio no certificado da qualidade.

Fonte: ABEDA – Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto.

4 – ESPECIFICAÇÕES DE TERRAPLENAGEM

1 DEFINIÇÃO

Os serviços preliminares compreendem todas as operações necessárias que objetivam limpar a área a ser ocupada pelo corpo estradal, locais de empréstimos e ocorrências de materiais de construção, de vegetação de qualquer porte, obstruções naturais ou artificiais, resguardando aquelas para preservação ambiental ou patrimônio cultural.

Não será permitido o uso de explosivos para remoção de vegetação. Outros obstáculos que possam ser removidos por meio de equipamentos convencionais, mesmo com certo grau de dificuldade, deverão ser criteriosamente analisados pela supervisão ambiental que definirá a metodologia a ser utilizada.

2 EQUIPAMENTO

As operações de desmatamento, destocamento e limpeza serão executadas mediante a utilização de equipamentos adequados, complementados com o emprego de serviços manuais. A utilização do equipamento se fará em função da densidade e do tipo de vegetação local e do cronograma físico para execução do serviço, não sendo permitido o uso de explosivos e agentes químicos.

3 EXECUÇÃO

a) Após o recebimento da nota de serviço, o executante dará início às operações de desmatamento, destocamento e limpeza, que deverão obedecer rigorosamente aos limites estabelecidos no projeto ou pela fiscalização, evitando acréscimos desnecessários.

b) O desmatamento compreende o corte e a remoção de toda a vegetação, qualquer que seja a sua densidade, e na área estritamente necessária a execução dos serviços.

c) O destocamento compreende a operação de corte e remoção de tocos de árvores e raízes após o serviço de desmatamento.

d) A limpeza compreende a operação de remoção de camada de solo ou material orgânico, na profundidade de até 0,20m, bem como de quaisquer outros objetos e materiais indesejáveis que ainda subsistam. A limpeza com profundidade superior a 0,20m será considerada na Especificação SOP-ES-T- 04/18 – Cortes.

e) O material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza será removido e estocado, obedecidos os critérios definidos nas especificações de proteção ambiental. A remoção ou a estocagem dependerá de eventual utilização, a critério da fiscalização e como indicado em especificações complementares, não sendo permitida a permanência de entulhos nas adjacências do corpo estradal e em locais ou regiões, que possam provocar a obstrução do sistema de drenagem natural da obra.

f) Quando especificado a incineração deste material, o mesmo deverá ser removido para áreas previamente escolhidas, onde a queima possa ser controlada, evitando-se incêndios e/ou lançamentos de fumaça, cinza ou fagulhas sobre áreas habitadas. A incineração deverá cumprir as seguintes exigências: decreto lei nº 2.661, de 08/06/98, código florestal no seu art. 38 da lei 12.651, de 25/05/2012 e lei complementar n° 175 de 12/12/2017, publicada DOE – CE de 13/12/2017 (prevenção e o combate a incêndio florestal; sobre contratação temporária de brigadistas de incêndios florestais, proíbe a queima e disciplina o uso do fogo) no seu art. 3°, alínea III, letra “e” referente ao emprego de fogo em práticas agropastoris e florestais, e dá outras providências.

g) As operações correspondentes aos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza, para os casos de corte e aterro, terão lugar no interior da faixa de domínio.

h) A área mínima, na qual as referidas operações serão executadas em sua plenitude, será compreendida entre os “offsets” de cortes ou aterros com acréscimo de 2,00m para cada lado. No caso de empréstimo a área mínima será a indispensável à sua exploração.

A área desmatada nunca poderá ser superior a área preconizada pela lei 12.250, de 06/01/1994, que dispõe sobre faixa de domínio das rodovias estaduais do estado do Ceará.

i) Nos cortes exigir-se-á que a camada de 0,60m abaixo do greide de terraplenagem, fique isenta de tocos e raízes.

j) Nas áreas destinadas a aterros de cota vermelha superior a 2,00m, o desmatamento deverá ser executado de modo que o corte das árvores fique no máximo, ao nível do terreno natural. Para aterros de cota vermelha abaixo de 2,00m, exigir-se-á a remoção da capa do terreno contendo raízes e restos vegetais, e será escarificado e compactado 0,30m abaixo da cota de remoção.

k) Deverão ser preservados os elementos de composição paisagística devidamente assinalada no projeto, bem como pela fiscalização.

l) Nenhum movimento de terra poderá ser iniciado enquanto as operações de desmatamento, destocamento e limpeza nas áreas devidas, não tenham sido totalmente concluídas.

m) A critério da fiscalização, não se permitirá um avanço acentuado entre os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza e a execução de cortes e aterros do corpo estradal

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Nas operações de desmatamento, destocamento e limpeza devem ser tomadas medidas de proteção ambiental, visando atenuar ou mesmo evitar os impactos adversos sobre o meio ambiente:

4.1 A terra vegetal resultante das operações de desmatamento, destocamento e limpeza de árvores da faixa de domínio da rodovia deverá ser estocada de forma que, após a exploração de empréstimos, ela seja espalhada nas áreas escavadas, visando propiciar a recomposição da cobertura vegetal pela ação da própria natureza;

4.2 As árvores e arbustos que não interferirem na utilização da rodovia, devem ser deixadas intactas no local, especialmente nas regiões onde as árvores forem escassas;

4.3 O tráfego de máquinas e funcionários deverá ser disciplinado de forma a evitar a abertura indiscriminada de vias, o que acarretaria desmatamento desnecessário;

4.4 Recomenda-se, durante a operação de desmatamento, facilitar a fuga dos animais, principalmente aqueles de lenta locomoção, deixando corredores de vegetação para sua fuga;

4.5 Deverão ser consultadas as recomendações previstas na DER-ISA-03/96 – Desmatamento e Limpeza de Terrenos, bem como os programas ambientais pertinentes ao plano básico ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais indicados no projeto.

5 CONTROLE

O controle das operações de desmatamento, destocamento e limpeza será feito por apreciação visual da qualidade dos serviços.

Para garantia dos serviços, previamente ao início das operações, os encarregados fiscais e operadores de máquinas serão orientados pela supervisão ambiental sobre os procedimentos a serem observados. Esta especificação é complementada pela DER-ISA-03/96 – Desmatamento e Limpeza de Terrenos.

6 MEDIÇÃO

O serviço de desmatamento e destocamento de árvores de qualquer diâmetro e limpeza será medido em função da área efetivamente trabalhada em metros quadrados. A remoção e o transporte de material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza e bota-foras correspondente a estes serviços, não serão objeto de medição, devendo seus custos serem incluídos nos serviços pertinentes, conforme indicação do projeto.

7 PAGAMENTO

a) O serviço será pago pelo preço unitário contratual em conformidade com a medição referida no item anterior ao final dos serviços preliminares deverão ser observadas as condicionantes ambientais indicadas no projeto.

b) O pagamento do serviço incluirá todas as operações, tais como: mão de obra, encargos sociais, equipamentos, ferramentas, remoção e o transporte para bota-foras.

1 DEFINIÇÃO

Caminhos de serviço são vias construídas para permitir o trânsito de equipamentos e veículos vinculados à obra, com a finalidade de interligar cortes e aterros, assegurar acesso ao canteiro de serviço, empréstimos, jazidas, obras de arte, fontes de abastecimento de água e instalações industriais previstas no canteiro de obras.

2 EQUIPAMENTOS

A implantação dos caminhos de serviço será executada mediante a utilização de equipamento adequado, a par do emprego acessório de serviços manuais.

3 EXECUÇÃO

Os caminhos de serviço deverão possuir condições geométricas, de drenagem e de segurança tão somente necessárias à utilização racional de veículos e equipamentos vinculados à obra. Os caminhos de serviço, somente serão executados mediante a autorização prévia da fiscalização, sendo sua manutenção obrigação da executante.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

São exigidos os seguintes cuidados visando à conservação ambiental:

4.1 Os caminhos de serviço somente serão executados com supervisão e orientação da Fiscalização no que se refere à Proteção Ambiental;

4.2 Para o desmatamento, destocamento e limpeza, eventualmente necessários, serão obedecidas as recomendações contidas na especificação SOP-ES-T-01/19;

4.3 Os caminhos de serviço deverão ser implantados, preferencialmente, à jusante da plataforma e dentro dos limites da faixa de domínio;

4.4 Após a utilização dos caminhos de serviço, eles deverão ser descomissionados e a vegetação natural deverá ser recomposta a fim de evitar erosões, barramentos e/ou uso inadequado como vias de penetração.

4.5 Deverá ser implementado um sistema de sinalização, envolvendo advertências, orientações, riscos e demais aspectos do ordenamento operacional e do tráfego;

4.6 Deverão ser consultadas as recomendações previstas na DER-ISA 02/96 – Abertura de Trilhas, Caminhos de Serviço e Estradas de Acesso, bem como os programas ambientais pertinentes ao plano básico ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais indicadas no projeto.

5 CONTROLE

O controle das operações de desmatamento, destocamento e limpeza será feito por apreciação visual da qualidade dos serviços, observando o atendimento às exigências ambientais e manutenção durante o período de utilização.

6 MEDIÇÃO

Os serviços destinados aos caminhos de serviço não serão objeto de medição. Seus custos devem ser incluídos nos serviços pertinentes.

7 PAGAMENTO

Não haverá pagamento dos caminhos de serviço.

1 DEFINIÇÃO

Variantes para desvios de tráfego são construídas para permitir o desvio temporário do tráfego, na fase de obra.

2 EQUIPAMENTO

A implantação das variantes será executada mediante a utilização de equipamentos adequados, a par do emprego acessório de serviços manuais.

3 EXECUÇÃO

As Variantes para o desvio de tráfego deverão possuir condições geométricas, de revestimento, de drenagem e de sinalização, com segurança compatível com o tráfego da via existente.

A execução se subordinará aos elementos técnicos fornecidos a executante e constantes das notas de serviço elaboradas em conformidade com o projeto.

Deverão ser tomadas as medidas preconizadas nas normas técnicas de proteção ambiental constantes das especificações pertinentes.

As variantes para desvio de tráfego somente serão executadas mediante autorização prévia da fiscalização, após parecer da supervisão ambiental

4 PROTEÇÀO AMBIENTAL

Para implantação de variantes para desvio de tráfego serão obedecidas as recomendações contidas na especificação SOP-ES-T 02/19 e DER-ISA 02/96 – Abertura de Trilhas, Caminhos de Serviço e Estradas de Acesso, bem como os programas ambientais pertinentes ao plano básico ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais indicadas no projeto.

5 CONTROLE

O controle das variantes para desvio de tráfego será feito por apreciação visual e de acordo com o especificado no projeto.

6 MEDIÇÃO

Os serviços para a execução das variantes de desvio de tráfego serão medidos segundo os critérios adotados para os serviços correspondentes descritos nestas especificações, não sendo objeto de medição a manutenção delas.

7 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais em conformidade com a medição referida no item anterior. Ao final da utilização das variantes para desvios de tráfego deverão ser observadas as condicionantes ambientais indicadas no projeto.

A manutenção das variantes para o desvio de tráfego será efetuada pela executante, não sendo indenizada.

1 DEFINIÇÃO

Os cortes são segmentos de rodovia, cuja implantação, requer a escavação do material constituinte do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto (“off-sets”), que definem o corpo estradal.

As operações de cortes compreendem:

a) Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até o greide de terraplenagem indicado no projeto.

b) Escavação, em alguns casos, dos materiais constituintes do terreno natural, em espessuras abaixo do greide de terraplenagem, conforme indicações do projeto, complementadas por observações da fiscalização durante a execução dos serviços.

c) Transporte dos materiais escavados para aterros ou bota-foras.

d) Retirada das camadas de má qualidade visando ao preparo das fundações de aterro. O volume a ser retirado constará do projeto. Esses materiais serão transportados para locais previamente indicados de modo que não causem transtorno à obra, em caráter temporário ou definitivo.

e) As escavações destinadas à alteração dos cursos d’água, objetivando eliminar travessias ou fazer com que elas se processem em locais mais convenientes – corta-rios – deverão ser executadas em conformidade com o projeto e com esta especificação.

f) As escavações destinadas a degraus ou arrasamentos nos alargamentos de aterros.

2 MATERIAIS

Os materiais ocorrentes nos cortes serão classificados de conformidade com as seguintes definições:

2.1 Materiais de 1ª categoria - Compreendem solos em geral, residual ou sedimentar, seixos rolados ou não, com diâmetro máximo inferior a 0,15m, qualquer que seja o teor de umidade que apresentem.

2.2 Materiais de 2ª categoria - Compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização de equipamento de escarificação com potência mínima de 270HP. A extração eventualmente poderá envolver o uso de explosivos ou processos manuais adequados. Estão incluídos nesta classificação os blocos de rocha, de volume inferior a 2,00m³ e os matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15m e 1,00m.

2.3 Materiais de 3ª categoria - Compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à da rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetro médio superior a 1,00m, ou de volume igual ou superior a 2,00m³, cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem com o emprego contínuo de explosivos (extração a fogo) ou com o emprego do rompedor pneumático (extração a frio).

3 EQUIPAMENTO

A escavação de cortes será executada mediante a utilização racional de equipamento adequado, que possibilite a execução dos serviços sob as condições especificadas e produtividade requerida.

A seleção do equipamento obedecerá às seguintes indicações:

a) Corte em solo - serão empregados tratores equipados com lâminas, escavo-transportadores ou escavadores conjugados com transportadores diversos. A operação incluirá, complementarmente, a utilização de tratores e motoniveladora, para escarificação, manutenção de caminhos de serviço e áreas de trabalho, além de tratores para operação de “pusher”.

b) Corte em rocha - para extração a frio serão utilizados rompedor pneumático, perfuratriz pneumática e compressor de ar. Para extração a fogo serão utilizadas perfuratrizes automáticas, manuais, pneumáticas ou elétricas para o preparo das minas, tratores equipados com lâmina para a operação de limpeza da praça de trabalho e escavadores conjugados com transportadores, para a carga e transporte do material extraído. Nesta operação serão utilizados explosivos e

detonadores adequados à natureza da rocha a escavar e às condições do canteiro de serviço.

4 EXECUÇÃO

a) Escavação de cortes subordinar-se-á aos elementos técnicos fornecidos ao executante e constante das notas de serviço elaboradas em conformidade com o projeto.

b) A escavação será precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.

c) O desenvolvimento da escavação se processará mediante a previsão da utilização adequada, ou rejeição dos materiais extraídos. Assim, apenas serão transportados, para constituição dos aterros, os materiais que, pela classificação e caracterização efetuadas nos cortes, sejam compatíveis com as especificações da execução dos aterros, em conformidade com o projeto.

d) Constatada a conveniência técnica e econômica de reserva de materiais escavados nos cortes, para a confecção das camadas superficiais da plataforma, será procedido o depósito dos referidos materiais, para sua oportuna utilização.

e) Atendido o projeto e, desde que técnica e economicamente aconselhável, a juízo da fiscalização, as massas com excesso que resultariam em bota-foras, poderão ser integradas aos aterros, constituindo alargamentos da plataforma, adoçamento dos taludes ou bermas de equilíbrio. Referida operação deverá ser efetuada desde a etapa inicial da construção do aterro.

f) As massas excedentes que não se destinarem ao fim indicado no parágrafo anterior serão objeto de remoção, de modo a não constituírem ameaça à estabilidade da rodovia, e nem prejudicarem o aspecto paisagístico, obedecidas as normas de proteção ambiental.

g) Quando, ao nível da plataforma dos cortes, for verificada ocorrência de rocha, sã ou em decomposição, ou de solos de expansão maior que 2%, baixa capacidade de suporte ou solos orgânicos, promover-se-á rebaixamento, respectivamente, da ordem de 0,40m a 0,60m, procedendo-se a execução de novas

camadas, constituídas de materiais selecionados, os quais serão objeto de fixação nas especificações complementares.

h) Os taludes dos cortes deverão apresentar, após a operação de terraplenagem, a inclinação indicada no projeto, para cuja definição foram consideradas as indicações provenientes das investigações geológicas e geotécnicas. Qualquer alteração posterior da inclinação, só será efetivada, caso o controle tecnológico, durante a execução, a fundamentar. Os taludes deverão apresentar a superfície desempenada obtida pela utilização normal do equipamento de escavação. Não será permitida a presença de blocos de rocha nos taludes, que possam colocar em risco a segurança do trânsito.

i) Nos pontos de passagem de corte para aterro, onde o terreno apresenta-se com inclinações acentuadas (Ø > 25º), a fiscalização deverá exigir a escavação de degraus com a finalidade de assegurar a junção dos maciços.

j) Nos cortes em que vierem ocorrer instabilidade, no decorrer da execução da obra, deverão ser estudadas soluções específicas.

k) As valetas de proteção dos cortes serão executadas, independente de demais obras de proteção projetadas e implantadas concomitantemente com a terraplenagem do corte em execução, sendo de 3,00m o afastamento mínimo do “offset” para sua implantação.

l) As obras específicas de proteção de taludes, objetivando sua estabilidade, serão executadas em conformidade com estas especificações. As obras de proteção recomendadas excepcionalmente serão objeto de projetos específicos.

m) Os sistemas de drenagem superficial e profunda dos cortes serão executados em conformidade com as indicações constantes destas especificações gerais.

n) O alargamento de cortes existentes deverá ser executado considerando a largura mínima compatível com o menor equipamento exigido contratualmente.

o) Na eventual necessidade de alargamento de corte o projeto deverá estabelecer seus parâmetros de conveniência técnico-econômica, a fim de propiciar a sua execução simultânea à do aterro.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Nas operações destinadas à execução de cortes serão exigidos os seguintes cuidados visando à proteção do meio ambiente:

a) Quando houver excesso de material de corte e for impossível incorporar este excesso ao corpo de aterro, serão realizados bota-foras. As áreas destinadas aos bota-foras serão localizadas, preferencialmente, a jusante da rodovia;

b) Os taludes dos bota-foras deverão ter inclinação suficiente para evitar escorregamentos;

c) Os bota-foras serão executados de forma a evitar que o escoamento das águas pluviais possa carrear o material depositado, transportando-o para os vales, causando assoreamento dos cursos d'água;

d) Deverá ser feito revestimento vegetal dos bota-foras, após sua conformação final, para serem incorporados a paisagem local, inclusive os de materiais de 3ª categoria;

e) O revestimento vegetal dos taludes, quando previsto, deverá ser executado imediatamente após a execução do corte;

f) As áreas de bota-foras serão tratadas com revestimento vegetal, com a finalidade de protegê-las de processos erosivos e, também, atenuar a agressão ao meio ambiente, através do embelezamento paisagístico.

g) Serão obedecidas as recomendações contidas nos programas ambientais pertinentes ao plano básico ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais indicadas no projeto.

6 CONTROLE

O acabamento da plataforma de corte será procedido mecanicamente, de forma a alcançar-se a conformação da seção transversal de projeto, admitidas as seguintes tolerâncias:

a) Variação de altura máxima para o eixo e bordos

- cortes em solo: ± 0,03m;

• cortes em rocha: ± 0,06m.

b) Variação máxima de largura de + 0,20m para cada semi-plataforma, não se admitindo variação negativa.

O acabamento do talude de corte deverá obedecer ao descrito no item 4 EXECUÇÃO, subitem h, só sendo admitida a inclinação indicada no projeto.

7 MEDIÇÃO

A medição efetuar-se-á levando em consideração o volume extraído, medido no corte, e a distância de transporte entre este o local de depósito, obedecidas as seguintes indicações:

a) O cálculo dos volumes será resultante da aplicação do método da média das áreas;

b) A distância de transporte será medida em projeção horizontal, ao longo do percurso seguido pelo equipamento transportador, quando carregado, entre os centros de gravidade das massas. Referido percurso, cuja definição é subordinada à critérios técnicos e econômicos, será objeto de aprovação prévia da fiscalização;

c) Os materiais escavados serão classificados de conformidade com o descrito no item 2 MATERIAIS desta especificação;

d) Uma vez perfeitamente caracterizado o material de 3ª categoria, proceder-se-á à medição específica do mesmo não se admitindo, neste caso, classificação percentual do referido material. Os cortes que apresentarem mistura de 3ª categoria com as demais, com limites pouco definidos, deverão merecer atenção especial da fiscalização, de maneira a permitir uma classificação justa dos materiais escavados;

e) A proteção vegetal para bota-fora deverá obedecer às especificações SOP–ES–PCE–01/19 – proteção vegetal com utilização de gramíneas ou leguminosas e será medida pela área efetivamente tratada, em metros quadrados.

8 PAGAMENTO

a) Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais, em conformidade com a medição referida no item anterior;

b) Os serviços de proteção vegetal serão pagos pelo preço contratual, em conformidade com o critério de medição, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, aquisição de materiais, transportes, mão de obra, encargos, impostos, eventuais e lucros;

c) Ao final da execução dos cortes deverão ser observadas as exigências de proteção ambiental.

1 DEFINIÇÃO

Os empréstimos são ocorrências de material granular que se destinam a prover ou complementar o volume necessário à constituição dos aterros por insuficiência do volume dos cortes, por motivos de ordem tecnológica de seleção de materiais ou razões de ordem econômica.

2 MATERIAIS

Os materiais serão de 1ª categoria atendendo à qualidade e à destinação prevista no projeto. Excepcionalmente poderão ser utilizados materiais de 2ª e 3ª categorias, desde que indicados no projeto e quando não houver outro economicamente disponível.

3 EQUIPAMENTO

A escavação em empréstimos deverá prever a utilização racional de equipamento apropriado, que atenda à produtividade requerida. A operação inclui a utilização complementar de equipamento destinado à manutenção de caminhos de serviço e áreas de trabalho.

4 EXECUÇÃO

a) Atendidas as condições do projeto, os empréstimos terão seu aproveitamento dependente da ocorrência de materiais adequados e respectiva exploração em condições econômicas, mediante autorização da fiscalização.

b) Sempre que possível, deverão ser executados empréstimos contíguos ao corpo estradal, resultando sua escavação em alargamento dos cortes.

c) Os empréstimos em alargamento de corte deverão preferencialmente, atingir no mínimo 1,20m abaixo da cota do greide, não sendo permitida em qualquer fase da execução a condução de águas pluviais para a plataforma da rodovia.

d) Nos trechos em curva, sempre que possível, os empréstimos em alargamento de corte situar-se-ão no lado interno desta.

e) Os empréstimos não decorrentes de alargamento de cortes, quando no interior da faixa de domínio, devem situar-se de modo a não interferir no aspecto paisagístico da região.

f) Quando destinados a trechos construídos em greide elevado, os bordos internos das caixas de empréstimos deverão localizar-se à distância mínima de 5,00 m do pé do aterro, bem como serem executados com declividade longitudinal, permitindo a drenagem das águas pluviais.

g) Entre o bordo externo das caixas de empréstimos e o limite da faixa de domínio, deverá ser mantida sem exploração uma faixa de 2,00m de largura, a fim de permitir a implantação da cerca delimitadora. No caso de caixas de empréstimos definidos como alargamento de cortes, esta faixa deverá ter largura mínima de 5,00m, com a finalidade de permitir também a implantação da valeta de proteção.

h) Constatada a conveniência técnica e econômica da reserva de materiais escavados nos empréstimos para confecção das camadas superficiais da plataforma, será procedido o depósito dos referidos materiais para sua oportuna utilização.

i) A escavação será precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza da área do empréstimo.

j) O acabamento dos bordos das caixas de empréstimos deverá ser executado com taludes estáveis.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Na exploração de caixas de empréstimos deverão ser observadas as seguintes recomendações visando a preservação ambiental:

5.1 O material decorrente das operações de desmatamento e limpeza, executados dentro dos limites da área, é retirado e deverá ser estocado de forma que, após a exploração do empréstimo, o solo orgânico seja espalhado na área escavada, reintegrando-a a paisagem;

5.2 O material vegetal será removido e estocado conforme as indicações do projeto. A remoção ou estocagem dependerá da eventual utilização, não sendo permitida a permanência de entulhos nas adjacências da plataforma de modo a provocar a obstrução do sistema de drenagem natural da obra ou problemas ambientais.

5.3 Deve ser evitada a localização de empréstimos em áreas de boa aptidão agrícola.

5.4 Não deverão ser explorados empréstimos em áreas de reservas florestais, ecológicas ou de preservação cultural, ou nas proximidades delas;

5.5 As áreas de empréstimos deverão ser reconformadas com abrandamento de taludes, de modo a suavizar seus contornos e reincorporá-los ao relevo natural.

5.6 Disciplinar o trânsito de equipamentos e veículos de serviço para evitar a implantação de vias desnecessárias.

5.7 As áreas de empréstimos, quando não for possível seu aproveitamento como reservatório de água, deverão ser convenientemente drenadas, através de escavação de valeta a céu aberto, com objetivo de eliminar o empoçamento de águas nas caixas de empréstimos, visando evitar a proliferação de mosquitos e de doenças por eles transmitidas.

5.8 Sempre que possível estas áreas deverão ser utilizadas para disposição final de bota-fora, com os devidos cuidados.

5.9 Serão obedecidas às recomendações contidas nos programas ambientais pertinentes ao plano básico ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais indicadas no projeto.

6 MEDIÇÃO

Será feita em metros cúbicos de materiais escavados e transportados entre este e o local de aplicação, obedecidas as seguintes indicações:

a) Os cálculos dos volumes de empréstimos destinados para aterros serão resultantes da aplicação do fator de aterro ao volume geométrico obtido no

quadro de cubação de projeto. O valor do fator de aterro FA será definido pela fórmula:

$$FA = 1{,}05 \times \frac{D_a}{D_e}$$; onde:

D_a- é a densidade do aterro compactado e,

D_e – é a densidade do empréstimo, obtidas através de ensaios “in situ”.

b) Os materiais de empréstimos serão sempre de 1ª categoria, admitindo-se material de 2ª categoria em casos especiais, com autorização expressa da comissão de fiscalização. Os materiais de 2ª categoria somente serão utilizados quando não houver outro economicamente disponível.

c) A distância de transporte será medida em projeção horizontal, ao longo do percurso seguido pelo equipamento transportador, quando carregado, entre os centros de gravidade das massas. Referido percurso, cuja definição é subordinada a critérios técnicos e econômicos, será objeto de aprovação prévia da fiscalização.

d) Caso restem montes de materiais na área do empréstimo após sua utilização, a fiscalização poderá exigir o espalhamento do material dentro dos limites do empréstimo, antes de se efetuar o nivelamento final.

7 PAGAMENTO

a) Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais em conformidade com a medição referida no item anterior. Ao final da exploração do empréstimo deverão ser procedidas todas as medidas de proteção ambiental previstas no projeto.

b) O expurgo e a recomposição de áreas dos empréstimos só serão pagos quando sua execução for autorizada previamente pela fiscalização.

c) O pagamento dos serviços incluirá todas as operações, tais como: mão-de-obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, desmatamento, destocamento, limpeza, expurgo, transporte e espalhamento nos locais de destinação, e indenizações das áreas de empréstimos fora da faixa de domínio.

1 DEFINIÇÃO

Aterros com solos são segmentos de rodovia, cuja implantação requer o depósito de materiais granulares, quer provenientes de cortes, quer de empréstimos, no interior dos limites das seções de projeto (“offsets”), que definem o corpo estradal.

As operações de aterro compreendem:

a) Descarga, espalhamento, conveniente umedecimento ou aeração, e compactação dos materiais de cortes ou empréstimos, para construção do corpo do aterro, até as cotas indicadas em projeto. As condições a serem obedecidas para a compactação serão objeto do item 4 EXECUÇÃO desta especificação.

b) Descarga, espalhamento, homogeneização, conveniente umedecimento ou aeração, e compactação dos materiais selecionados oriundos de cortes ou empréstimos, para a construção da camada selecionada, se for prevista no projeto, situada nos últimos 0,20m a 0,60m abaixo do greide de terraplenagem. As condições a serem obedecidas para a compactação serão objeto do item 4 EXECUÇÃO.

c) Descarga, espalhamento, conveniente umedecimento ou aeração, e compactação dos materiais oriundos de cortes ou empréstimos, destinados a substituir eventualmente os materiais de qualidade inferior, previamente retirados, a fim de melhorar as fundações dos aterros e/ou cortes.

2 MATERIAIS

Os materiais deverão ser selecionados dentre os de 1ª categoria e eventualmente os de 2ª categoria, atendendo a qualidade e a destinação prevista no projeto.

Os solos para os aterros provirão de empréstimos ou de cortes existentes, devidamente selecionados no projeto. A substituição desses materiais selecionados por outros, quer seja por necessidade de serviço ou interesse do

executante, somente poderá ser processada após prévia autorização por escrito da fiscalização.

Os solos para os aterros deverão ser isentos de matérias orgânicas, micáceas e diatomáceas. Turfas e argilas orgânicas não devem ser empregadas.

Na execução do corpo dos aterros não será permitido o uso de solos que tenham baixa capacidade de suporte (ISC < 2 %) e expansão maior do que 4 % (DNER-ME 49/94 – Solos – Determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas).

A camada selecionada dos aterros (0,20 a 0,60m) deverá ser constituída de solos selecionados na fase de projeto, dentre os melhores disponíveis, os quais serão objeto de fixação nas especificações complementares. Não será permitido uso de solos com ISC < 5% e expansão maior do que 2% (DNER-ME 049/94).

3 EQUIPAMENTOS

A execução dos aterros deverá prever a utilização racional de equipamento apropriado, atendidas as condições locais e a produtividade exigida.

Na construção dos aterros poderão ser empregados tratores de lâmina, escavo-transportadores, moto-escavo-transportadores, caminhões basculantes, moto-niveladoras, rolos lisos, de pneus, pés-de-carneiro, estáticos ou vibratórios, grade de discos e caminhões pipas. Os equipamentos a serem utilizados deverão ser aprovados pela fiscalização.

4 EXECUÇÃO

a) A execução dos aterros subordinar-se-á aos elementos técnicos fornecidos ao executante e constante das notas de serviço elaborada de conformidade com o projeto.

b) A operação será precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.

c) Preliminarmente à execução dos aterros, deverão estar concluídas as obras de arte correntes necessárias à drenagem da bacia hidrográfica interceptada pelos mesmos, salvo quando houver indicação contrária, constante no projeto.

d) No caso de aterros totalmente assentes sobre encostas com inclinação transversal acentuada, de acordo com o projeto, as encostas naturais deverão ser escarificadas com um trator de lâmina, produzindo ranhuras, acompanhando as curvas de nível. Se a natureza do solo condicionar a adoção de medidas especiais, para a solidarização de aterro ao terreno natural, a fiscalização poderá exigir a execução de degraus ao longo da área a ser aterrada.

e) O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser feito em camadas sucessivas, em toda a largura da seção transversal, e, extensões tais, que permitam seu umedecimento e compactação de acordo com o previsto nestas especificações gerais. Para o corpo dos aterros, a espessura da camada compactada não deverá ultrapassar de 0,30m. Para a camada selecionada essa espessura não deverá ultrapassar de 0,20m. Em qualquer caso a espessura mínima a compactar será de 0,10m.

f) Todas as camadas deverão ser convenientemente compactadas. Para o corpo dos aterros, elas deverão ser compactadas nas proximidades da umidade ótima indicada em projeto até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 95% ou 100% (conforme o projeto) da massa específica aparente máxima seca, do ensaio DNER-ME 129/94 – Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Para a camada selecionada e, na inexistência desta nos 0,40 m superiores do aterro, aquela massa específica aparente seca deve corresponder a 100% da massa específica aparente máxima seca, do referido ensaio. Os trechos e/ou as camadas que não atingirem as condições mínimas de compactação e máxima de espessura, deverão ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, até atingir a massa específica aparente seca exigida.

g) No caso de alargamento de aterros, sua execução obrigatoriamente será procedida de baixo para cima, acompanhada de degraus nos seus taludes. Desde que justificado em projeto, poderá a execução ser feita por meio de arrasamento parcial do aterro existente, até que o material escavado preencha a nova seção transversal, complementando-se após, com material importado, toda a largura da referida seção transversal. No caso de aterros em meia encosta, o terreno natural deverá ser também escavado em degraus.

h) A inclinação dos taludes de aterro, tendo em vista a natureza dos solos e as condições locais, será fornecida pelo projeto, e só poderá ser alterada com permissão por escrito.

i) Para a construção de aterros assentes sobre terreno de fundação de baixa capacidade e carga o projeto deverá prever a solução e o controle a ser seguido. No caso da consolidação por adensamento da camada mole, será exigido o controle por medição de recalques e, quando prevista, a observação da variação das pressões neutras. O preparo da fundação, onde o emprego de equipamento convencional de terraplenagem não for possível, ou que as características da fundação exijam soluções específicas, terão obrigatoriamente projetos detalhados.

j) Os aterros-barragens terão o seu projeto e construção fundamentados nas considerações de problemas referentes à compactação de solos, estabilidade do terreno de fundação, estabilidade dos taludes e percolação da água nos meios permeáveis, que constarão especificamente do projeto.

k) Em regiões onde houver ocorrência predominante de areia admitir-se-á a execução de aterros com emprego dela, desde que haja conveniência, e a critério da fiscalização. Deverão ser atendidos requisitos visando ao dimensionamento da espessura de camadas, regularização das mesmas, execução de leivas de contenção sobre o material terroso e a compactação das camadas de material terroso subsequente ao aterro em areia.

l) A fim de proteger os taludes contra os efeitos da erosão, deverá ser procedida a sua conveniente drenagem e obras de proteção, com o objetivo de diminuir o efeito erosivo da água, tudo de conformidade com o estabelecido no projeto.

m) Havendo a possibilidade de solapamento da saia do aterro, em épocas chuvosas, deverá ser providenciada a construção de enrocamento no pé do aterro. Na execução de banquetas laterais ou meios-fios, conjugados com sarjetas revestidas, desde que previstas no projeto, as saídas de água serão convenientemente espaçadas e ancoradas na banqueta e na saia do aterro. O detalhamento destas obras será apresentado no projeto.

n) Nos locais de travessia de cursos d'água ou passagens superiores, todas as medidas de precaução deverão ser tomadas a fim de que o método construtivo empregado na construção dos aterros de acesso não origine movimentos ou tensões não previstas nos cálculos das obras-de-arte.

o) Os aterros de acesso próximos aos encontros de pontes, o enchimento de cavas de fundações e das trincheiras de bueiros, bem como as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, serão compactados mediante o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais, compactadores manuais, vibratórios, etc. A execução será em camadas, nas mesmas condições de massa específica aparente seca e umidade descritas para o corpo de aterro.

p) Os aterros de acesso próximo aos encontros de pontes, o enchimento de cavas de fundações e das trincheiras de bueiros, bem como as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, serão compactados mediante o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais, compactadores manuais, vibradores, etc. a execução será em camadas, nas mesmas condições de massa específica aparente seca e umidade descritas para o corpo do aterro.

q) Durante a construção, os serviços já executados deverão ser mantidos com boa conformação e permanente drenagem superficial.

r) Em aterro com mais de 0,20m de altura, a camada final superior (última camada) do mesmo deverá ser executada de acordo com as tolerâncias da SOP-ES-P 01/19 – Regularização do Subleito.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

5.1 As providencias a serem tomadas visando a preservação do meio ambiente referem-se à execução dos dispositivos de drenagem e da proteção vegetal dos taludes previstos no projeto, para evitar erosões e o consequente carreamento de material.

5.2 Deverão ser consultadas as recomendações previstas na DER-ISA-04/96 – serviços de terraplenagem e as recomendações e exigências ambientais indicadas no projeto.

6 CONTROLE

6.1 Controle tecnológico:

a) Um ensaio de compactação, segundo o método DNIT 164/2013-ME (Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas), para no mínimo cada 1.000m³ de um mesmo material do corpo de aterro, e para cada 200m³ nos últimos 0,40m no caso de inexistência de material selecionado.

b) Um ensaio de compactação, segundo o método DNIT 164/2013-ME - Método A, (energia do proctor normal) para cada 200m³ de um mesmo material da camada selecionada do aterro (0,60m ≥ h ≥ 0,20m).

c) Um ensaio para determinação da massa específica aparente seca, “in situ”, DNER-ME 092/94 – Solo – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego de frasco de areia para no mínimo cada 1.000m³ de material compactado do corpo do aterro, correspondente ao ensaio de compactação referido na alínea “a” e, no mínimo, duas determinações, por camada homogênea.

d) Um ensaio para determinação da massa específica aparente seca, “in situ”, DNER-ME 092/94, para cada 100m da camada final do aterro, (0,20m) alternadamente no eixo e bordos, correspondente ao ensaio de compactação referido na alínea “b”.

e) Um ensaio de granulometria (DNER-ME 80/94), do limite de liquidez (DNER-ME 44/94) e do limite de plasticidade (DNER-ME 82/94), para todo grupo de dez amostras do corpo de aterro submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “a”, apenas com a finalidade de Registro de Controle Tecnológico.

f) Um ensaio de granulometria (DNER-ME 80/94), do limite de liquidez (DNER-ME 44/94) e do limite de plasticidade (DNER-ME 82/94), para as camadas finais do aterro, para todo o grupo de quatro amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “b”.

g) Um ensaio de ISC DNIT 172/2016-ME (Solos – Determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas), com energia do DNIT 164/2013-ME, sempre que houver no corpo do aterro indícios de materiais com CBR ≤ 2 % e expansão ≥ 4 %.

h) Um ensaio do índice de suporte Califórnia, com a energia do método DNIT 164/2013-ME, para a camada final (0,20 m), para cada grupo de quatro amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “b”.

6.2 - Controle Geométrico

O acabamento da plataforma de aterro será procedido mecanicamente, de forma a alcançar-se a conformação da seção transversal do projeto, admitidas as seguintes tolerâncias:

a) Variação da altura máxima de ± 0,03m para o eixo e para os bordos.

b) Variação máxima da largura de + 0,30m para a semi-plataforma, não se admitindo variação para menos.

O controle será efetuado por nivelamento de eixo e bordos.

O acabamento, quanto à declividade transversal e inclinação dos taludes, será verificado pela fiscalização, de acordo com o projeto.

NOTA: quando tratar-se de implantação e/ou melhoramentos com terraplenagem de espessura superior a 0,20m, a execução da última camada de 0,20m de espessura obedecerá aos parâmetros de controle tecnológico e geométrico da especificação de regularização do subleito.

7 MEDIÇÃO

O volume transportado para os aterros já foi objeto de medição, por ocasião da execução dos cortes e dos empréstimos.

Para efeito de compactação, será considerado o volume de aterro em m³, determinado de acordo com a seção transversal do projeto e referido ao grau de compactação especificado.

8 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais, em conformidade com a medição referida no item anterior.

NOTA: Em aterro de altura superior a 0,20m não será pago o serviço de regularização do subleito (SOP-ES-P 01/19).

1 DEFINIÇÃO

Aterros com rocha são segmentos de rodovia, cuja implantação requer o depósito de materiais rochosos, provenientes de cortes no interior dos limites das seções de projeto (“offsets”), que definem o corpo estradal ou provenientes de pedreira indicada pelo projeto. As operações de aterro com rocha compreendem:

a) Descarga, espalhamento com imbricamento e compactação dos materiais oriundos de cortes, para a construção do corpo de aterro, até as cotas indicadas em projeto. As condições a serem obedecidas para a compactação serão objeto do item execução.

b) Descarga, espalhamento com imbricamento e compactação dos materiais selecionados oriundos de cortes para a construção da camada final do aterro até a cota indicada no projeto. As condições a serem obedecidas para a compactação serão objeto do item execução.

c) Descarga, espalhamento com imbricamento e compactação dos materiais oriundos de cortes, destinados a substituir eventualmente os materiais de qualidade inferior, previamente retirados, a fim de melhorar as fundações dos aterros.

2 MATERIAIS

Os materiais deverão ser selecionados dentre os cortes de rocha ou pedreira, atendendo à qualidade e à destinação prevista no projeto.

A substituição desses materiais selecionados por outros, quer seja por necessidade de serviço ou interesse do executante, somente poderá ser processada após prévia autorização da fiscalização.

A camada selecionada dos aterros e camada de transição com solos deverão ser constituídas de materiais indicados na fase de projeto, dentre os mais adequados, os quais serão objeto de fixação nas especificações complementares, devendo a camada selecionada ter no mínimo 0,40m de espessura.

3 EQUIPAMENTO

A execução dos aterros deverá prever a utilização racional de equipamentos apropriados, atendidas as condições locais e a produtividade exigida.

Na construção dos aterros poderão ser empregados tratores de lâmina frontais, caminhões basculantes e rolos lisos vibratórios. Para o espalhamento deve ser empregado trator de esteiras, equipado com lâmina, de potência igual ou superior a 270 HP.

4 EXECUÇÃO

a) A execução dos aterros com rocha subordinar-se-á aos elementos fornecidos ao executante, e constantes das notas de serviço elaboradas em conformidade com o projeto, do qual deverão constar obrigatoriamente as seções típicas correspondentes.

b) A operação será precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.

c) Preliminarmente à execução dos aterros, deverão estar concluídas as obras de arte correntes necessárias à drenagem da bacia hidrográfica interceptada pelos mesmos, salvo quando houver indicação contrária, constante no projeto.

d) No caso de aterros totalmente assentes sobre encostas com inclinação transversal acentuada é desaconselhável a utilização de material rochoso.

e) A descarga e o espalhamento deverão ser de forma uniforme de modo a permitir o imbricamento e a evitar a dispersão dos blocos, devendo ser feita no sentido longitudinal, atuando-se transversalmente dos bordos para o eixo.

f) Concluído o espalhamento numa extensão compatível com o deslocamento do equipamento de compactação, deverá ser efetuada primeiramente uma passada do rolo compactador, sem vibração, a fim de regularizar com mais rigor, a superfície da camada a compactar.

g) Para um diâmetro máximo de “D”, entendendo-se como tal a maior dimensão dos blocos, recomenda-se distribuir o material a compactar segundo camadas com a espessura mínima igual a 1,5 x “D”.

h) Não será permitida a execução de aterros através de bota-fora de rocha jogada, a menos que seja impossível a utilização de equipamento de espalhamento.

i) Na eventualidade de aterros mistos (solos/rochas), as camadas inferiores deverão ser executadas com material rochoso, dando-se “acabamento” à última camada deste, com material escolhido, a fim de permitir a correta deposição e compactação da 1ª camada de solos. Não se deve admitir a execução de aterros mistos com rochas sobre solos. As camadas de rocha deverão ser executadas com superlargura transversal, compatível com a altura do aterro de solo a ser executado sobre esta, e obedecendo as especificações complementares constantes do projeto.

j) Todas as camadas deverão ser convenientemente imbricadas e compactadas, através de “n” passadas das unidades de compactação. Para o corpo dos aterros de rocha, considerar-se-á cada camada convenientemente imbricada e compactada, quando na compactação, da mesma, o abatimento conseguido na última passada for inferior a 10% do abatimento acumulado nas passadas anteriores.

k) Para a construção de aterros assentes sobre solo de fundação de baixa capacidade, somente é aconselhável o aterro com rocha, quando for economicamente inviável a remoção da camada do material de baixa capacidade.

l) Nos locais de travessias de curso d’água, onde forem projetadas obras de arte correntes, estas deverão ser convenientemente protegidas, para que seja mantida sua integridade durante a execução do aterro com rocha.

m) Nos aterros de acesso próximos dos encontros de pontes, enchimento de cavas de fundações, trincheiras de bueiros bem como todas as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, os serviços deverão ser definidos especificamente no projeto.

n) A presente especificação refere-se a aterros rochosos puros e aterros de solos sobre rocha, separados e definidos, não estando incluídos aterros com núcleo rochosos e aterros com solos e rochas misturados, que deverão fazer

parte de especificações complementares do projeto, quando indispensável seu aproveitamento.

o) A camada final de aterro em rocha, subjacente à camada de material selecionado, deverá ter espessura mínima de 0,60m e ser executada em camadas de 0,30m. O material a ser empregado será proveniente da fonte rochosa contendo finos e seus agregados mais graúdos deverão ter o diâmetro máximo igual a 0,10m.

p) A camada sobreposta ao aterro com rocha, aqui denominada de camada de material selecionado, deverá ser executada com solo, em no mínimo duas camadas de 20cm, compactadas com a energia do proctor normal, a um grau de compactação de 100%.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

5.1 As providências a serem tomadas visando à preservação do meio ambiente referem-se à execução dos dispositivos de drenagem e da proteção vegetal dos taludes previstos no projeto, para evitar erosões e o consequente carreamento de material.

5.2 Deverão ser consultadas as recomendações previstas na DER-ISA-04/96 – serviços de terraplenagem, bem como os programas ambientais pertinentes ao plano básico ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais indicadas no projeto.

6 CONTROLE

6.1 Controle tecnológico

Somente as camadas finais do aterro em rocha terão controle tecnológico, que deverão seguir os mesmos procedimentos adotados para o controle de compactação de materiais granulares.

6.2 Controle geométrico

6.2.1 Camada final do aterro com rocha

O acabamento da plataforma de aterro será procedido mecanicamente, de forma a alcançar-se a conformação da seção transversal do projeto, admitindo-se as seguintes tolerâncias:

a) Variação da altura máxima de ± 0,05m para eixo e bordos;

b) Variação máxima da largura de + 0,30m para a semi-plataforma, não se admitindo variação para menos.

O controle será efetuado por nivelamento de eixo e bordos.

6.2.2 Camadas de material selecionado serão controladas cada uma, por nivelamento de eixo e bordos, admitindo-se as seguintes tolerâncias:

a) Variação das cotas de projeto de ± 0,03m;

b) Variação máxima da largura de + 0,30 para a semi-plataforma, não se admitindo variação para menos.

7 MEDIÇÃO

O volume transportado para os aterros em rocha já foi objeto de medição, por ocasião da execução dos cortes. Para efeito de compactação, será considerado o volume em m^3 do aterro determinado de acordo com a seção transversal do projeto.

8 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais, em conformidade com a medição referida no item anterior. Ao final dos aterros com rocha deverão ser atendidas todas as exigências do projeto para a proteção ambiental.

1 DEFINIÇÃO

Revestimento primário (RP) - é a camada de solo estabilizado, superposta ao leito de uma estrada, que seja capaz de oferecer uma superfície de rolamento de qualidade superior à do solo existente.

2 MATERIAIS

Os materiais utilizados no revestimento primário são os disponíveis na região da estrada, podendo ser:

a) Solos lateríticos, que se caracterizam pela sua baixa expansibilidade;

b) Solos não lateríticos, mistos ou constituídos de pedregulhos, areias, siltes ou argilas;

c) Rochas britadas; e

d) Mistura de solos ou de solo com brita.

Os materiais ideais para revestimento primário devem possuir as seguintes características:

a) O agregado graúdo (retido na peneira nº 4) ser constituído de partículas duras e duráveis de fragmentos de pedras e apresentar uma percentagem de desgaste, no ensaio Los Angeles, inferior a 50%;

b) O agregado miúdo (passando na peneira nº 4) ser constituído de areia e de partículas finas que passem na peneira nº 200;

c) Todo material ser isento de matéria orgânica ou vegetal e se enquadrar numa das seguintes faixas granulométricas:

PENEIRAS mm (ABNT)	PERCENTAGEM PASSANDO, EM PESO			
	C	D	E	F
25,4 (1")	100	100	100	100
9,52 (3/8")	50 - 85	60 - 100	-	-
4,76 (Nº 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2,00 (Nº 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
0,42 (Nº 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
0,074 (Nº 200)	5 - 15	10 - 25	6 - 20	8 - 25

d) Para solos lateríticos, a fração que passa na peneira nº 40 deve ter um limite de liquidez inferior ou igual a 40% (LL ≤ 40) e um índice de plasticidade entre 4% e 15% (4 ≤ IP ≤ 15);

e) Para solos não lateríticos, a fração que passa na peneira nº 40 ter um limite de liquidez inferior ou igual a 35% (LL ≤ 35) e um índice de plasticidade entre 4% e 9% (4 ≤ IP ≤ 9).

Poderão ser utilizados materiais fora das características geotécnicas anteriores, desde que tenha um comportamento satisfatório como revestimento primário, comprovado pela experiência regional, e sejam indicados no projeto.

Em regiões com escassez de materiais granulares, deverá ser evitada a utilização de jazidas de solos com características de camada de base de pavimentos flexíveis. Estas jazidas deverão ser preservadas para serem utilizadas por ocasião da pavimentação da estrada.

3 EQUIPAMENTO

3.1 Todos os equipamentos devem ser cuidadosamente examinados pela fiscalização, devendo receber a sua aprovação, sem o qual, não será dada à ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

3.2 O equipamento básico para a execução de um revestimento primário é o seguinte:

a) Equipamentos de exploração da jazida de solos (trator de esteira, pá carregadeira, caminhões basculantes);

b) Motoniveladora pesada com escarificador suficientemente potente para destorroar e homogeneizar o material da camada cuja espessura após a compactação possa atingir pelo menos 0,20m e de conformar a superfície;

c) Grade de discos, rebocada por um conveniente trator de pneus, devendo ser capaz de complementar os trabalhos de destorroamento e homogeneização do teor de água iniciados pela motoniveladora. Poderão ser usados dispositivos tipo "pulvimixer";

d) Caminhão distribuidor de água;

e) Rolo compressor, que poderá ser de pneus, pé de carneiro vibratório (pata curta) ou liso vibratório.

4 EXECUÇÃO

4.1 O leito da estrada que irá receber o revestimento primário deverá estar perfeitamente regularizado e consolidado, obedecendo às condições geométricas de alinhamento, greide e seção transversal projetados.

4.2 A camada de revestimento primário terá em toda largura da plataforma uma espessura constante de acordo com o projeto. A espessura da camada será preferencialmente de 0,20m, não podendo ser inferior a 0,15m, nem superior a 0,22m.

4.3 A execução de revestimento primário sem mistura ou com mistura na pista envolve basicamente as seguintes operações:

a) Espalhamento;
b) Homogeneização dos materiais secos;
c) Umedecimento ou aeração e homogeneização da umidade;
d) Compactação;
e) Acabamento; e
f) Liberação ao tráfego.

4.3.1 Espalhamento

O espalhamento dos materiais depositados na plataforma se fará com motoniveladora. O espalhamento será feito de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderão ser confeccionadas camadas com espessuras compactadas superiores a 0,22m, nem inferiores a 0,15m. No caso de dois materiais será feito primeiramente o espalhamento do material de maior quantidade e sobre essa camada espalhar-se-á o outro material.

4.3.2 Homogeneização dos materiais secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que

visualmente não se distinga um material do outro. A pulverização dos materiais é fundamental. Nessa fase serão retirados blocos de pedra, raízes e outros materiais estranhos.

4.3.3 Umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade

Para atingir-se a faixa do teor de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques para umedecimento, motoniveladora e grade de discos para homogeneização da umidade e uma possível aeração. A faixa de umidade para compactação terá como limites (hot – 2,0) % e (hot + 1,0) %. É muito importante uma perfeita homogeneização da umidade para uma boa compactação.

4.3.4 Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com rolo liso vibratório autopropulsor isoladamente ou em combinação com rolo vibratório pé-de-carneiro autopropulsor (pata curta). No acabamento deve ser também utilizado o rolo pneumático.

Deverá ser elaborada para um mesmo tipo de material uma relação na pista entre o “número de coberturas do rolo versus grau de compactação” para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto) para atingir o grau de compactação (GC) especificado.

4.3.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com motoniveladora e rolos compactadores usuais, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o projeto.

Só será permitida a conformação geométrica por corte.

Imprescindível é a retirada das leiras nos bordos dos aterros (conhecidos como "bigodes") para evitar a retenção de águas e ocorrências de erosões nos locais de escoamento.

A declividade transversal deverá ser de 3% a 5%.

4.3.6 Liberação ao tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo trabalhado, o revestimento primário está em condições de ser entregue ao tráfego.

4.4 Execução com mistura em usina

No caso de mistura de três materiais ou de mistura de solo com brita, a mistura deverá ser feita em usina de solos.

A mistura deve sair da usina de solos perfeitamente homogeneizada, num teor de umidade tal que, após o espalhamento na pista, esteja dentro da faixa de “teor de umidade para compactação”.

O transporte da mistura da usina para a pista deve ser feito em caminhões basculantes, ou outros veículos apropriados, tomando-se precaução para que não perca ou adquira umidade (água de chuva). No espalhamento com motoniveladora deverá ser observado a seguinte relação de umidade: h_{usina} (%) $\approx$ (hot + 1,0) %.

O espalhamento deve ser feito de modo a conduzir a uma camada de espessura constante, com espessura compactada no máximo de 0,22m e no mínimo de 0,15m.

A compactação, o acabamento e a liberação ao tráfego serão realizados como na execução na pista.

4.5 Conservação do revestimento primário

Os defeitos mais comuns no revestimento primário são as ondulações perpendiculares à direção do tráfego ("costelas"), os buracos ("panelas") e o carreamento de material lateralmente à estrada, causado pela ação do tráfego e/ou erosão.

O trabalho de correção desses defeitos começa com a motoniveladora escarificando a camada a uma profundidade que atinja a parte inferior das ondulações ou dos buracos e em seguida, com passagens adicionais da motoniveladora, remove-se o material para o centro da estrada, formando uma leira central.

Caso haja necessidade de acréscimo de novo material, este deve ser feito na quantidade correta logo após a escarificação da camada, devendo o mesmo, compor também a leira central.

Em seguida procede-se igualmente ao descrito no item 4.3 (execução de revestimento primário sem mistura ou com mistura na pista).

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os cuidados a ser observados visando à proteção do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas a execução da camada de revestimento primário são:

5.1 Na exploração de jazidas:

5.1.1 O desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico resultante de desmatamento possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;

5.2 Na exploração de pedreiras:

5.2.1 O produto de britagem somente será aceito após a contratada apresentar a licença ambiental de operação da pedreira à supervisão ambiental, que arquivará cópia da licença junto ao livro de ocorrências da obra;

5.2.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;

5.2.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e instalações de equipamentos;

5.2.4 Não provocar queimadas como forma de desmatamento;

5.2.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações do SOP-ES-T 02/19 – caminhos de serviço e DER-ISA- 02/96 – orientações ambientais para abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso, bem como os programas ambientais pertinentes ao plano básico ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais indicadas no projeto.

5.2.6 Deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para os cursos d’água;

5.2.7 Caso a brita seja adquirida de terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como, sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

5.3 Na execução

5.3.1 Os cuidados para proteção ambiental se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;

5.3.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação.

5.3.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou de combustíveis, não sejam levados até os cursos d’água.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Condições essenciais

a) Materiais

A condição essencial é que os materiais empregados no revestimento primário tenham características satisfazendo a esta especificação e às especificações complementares e particulares adotadas no projeto.

Cuidados especiais serão dedicados às explorações de jazidas de solos quanto ao modo de exploração e quanto a natureza dos materiais obtidos, para que não sejam levados para a pista materiais diferentes dos indicados no projeto.

b) Execução

A condição essencial para garantir uma boa execução é que o grau de compactação (GC) atinja o mínimo especificado.

Para o controle tecnológico de revestimento primário são obrigatórias as seguintes exigências mínimas:

6.1.1 Determinação no campo da faixa de umidade ótima de compactação hot e da massa específica aparente seca máxima – Ds. máx.

A compactação deve ser realizada com a umidade ótima dada por uma curva de compactação com um mínimo de cinco pontos e com amostra não trabalhada (DNIT-164/2013-ME – energia intermediária ou a indicada no projeto), as umidades sendo determinadas com o speedy (DNER-ME 52/94) ou com o álcool (DNER-ME 88/94), colhida para cada segmento uniforme a executar de material já homogeneizado a seco, com extensão máxima de 300m ou a cada 100m no caso de heterogeneidade.

Obtém-se, então, para cada segmento uniforme a executar (100 a 300m) uma hot e uma Ds.máx., de referência. Como a construtora só poderá iniciar a fase de umedecimento (ou aeração) com o conhecimento de umidade ótima, o ensaio acima deve ser realizado o mais rápido possível. Ele pode ser executado no local da obra caso se disponha de uma "base" conveniente para o corpo de prova e de uma "proteção contra o vento" para a balança; em caso contrário deve-se enviar as amostras para o laboratório de campo em sacos plásticos (constância de umidade).

6.1.2 Controle do teor de umidade da compactação (hc)

Serão feitas "n" determinações aleatórias de hc antes da compactação de um segmento uniforme com espaçamento de 100m aproximadamente e no mínimo duas determinações.

Só será permitida a compactação se todos os resultados estiverem dentro do intervalo (hot – 2,0) % a (hot + 1,0) %.

6.1.3 Controle do grau de compactação – GC

GC é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca Ds, geralmente chamada de "densidade aparente seca", e a massa específica aparente seca máxima (Ds,máx) (ou "densidade aparente seca máxima").

$$GC = \frac{Ds}{D_{S,máx}} \times 100 \text{, onde:}$$

Ds – obtida "in situ" (DNER-ME 92) densidade in situ com o frasco de areia – speedy ou álcool;

Ds,máx – obtida com energia intermediária – 26 golpes ou a indicada no projeto

A cada no máximo 100m de pista, na ordem: bordo direito – eixo – bordo esquerdo – bordo direito, etc., a 0,40m do bordo da plataforma, determina-se a Ds "in situ" e, considerando-se a Ds,máx correspondente (a pertencente ao segmento uniforme, no qual se fez determinação de Ds "in situ") determina-se o GC.

Para que certa extensão de revestimento primário seja considerada "aprovada" (AP) é necessário que em todos os seus N pontos ensaiados tenha-se GC ≥ 100% (sendo N ≥ 2). Em caso contrário a extensão de RP é considerada não aprovada. Nesse caso, o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a desaprovação, dever-se-á escarificar e recompactar a extensão de influência do ponto considerado.

Após a obtenção de N = 9 resultados, calcular-se-á o desvio padrão pela fórmula:

$s = \sqrt{\Sigma\ (Xi\ -\ \overline{X})^2\ /\ N\ -1}$; considerando a compactação homogênea se s ≤ 1,6.

Sendo Xi = cada um dos graus de compactação individuais;

$\overline{X}$ = média dos graus de compactação;

N = número de determinações;

s = desvio padrão.

Se após cinco conjuntos de N = 9 resultados, consecutivos ou acumulados, a inequação acima não for satisfeita, o engenheiro fiscal paralisará o serviço de compactação e procederá a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução empregadas, tomando então as medidas julgadas cabíveis.

6.2 Ensaios de caracterização do solo

Para o controle das características dos materiais utilizados na pista, recomenda-se a realização dos ensaios de granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade e cálculo do índice de plasticidade com amostras coletadas na pista a cada 500 metros, no máximo.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de cotas

Após a execução da camada de revestimento primário, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo, e dos bordos da plataforma (três pontos por estacas) para a determinação das cotas de execução que deverão ser comparadas com as cotas de projeto.

No caso de rodovia com mais de duas faixas de tráfego, o controle de cotas do revestimento primário será feito nos bordos de cada faixa de tráfego.

Não será tolerado nenhum valor individual de cota fora do intervalo (C – 3,0) cm e (C + 3,0) cm, sendo C a cota do projeto para o ponto considerado. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

7.2 Controle de espessura

A espessura da camada de revestimento primário será controlada no eixo e nos bordos da plataforma, por comparação entre as cotas dos pontos correspondentes nivelados na regularização do leito estradal.

Serão admitidas as seguintes tolerâncias:

a) Para o valor individual de espessura: o intervalo (h – 3) cm a (h + 3) cm, sendo h = espessura do projeto.

b) Para a espessura mínima estatística do segmento a ser controlado: $h_{min} \geq (h - 2{,}0)$ cm, calculando-se $\underline{h_{min}}$ pela seguinte fórmula:

$$h_{min} = \overline{X} - KS$$

Onde $\overline{X} = \frac{\Sigma Xi}{N}$; $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / N - 1}$

Xi = valor individual da espessura; N = número de valores

K dado em função do número de amostras pela tabela 2 da especificação SOP-ES-CE 01/19, a seguir:

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

Não será tolerado nenhum valor individual de espessura fora do intervalo especificado e de espessura mínima estatística inferior à espessura do projeto em mais de dois centímetros. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

7.3 Controle da largura e da flecha de abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

a) a largura da plataforma, com trena;

b) a flecha de abaulamento, utilizando-se para tal o nivelamento feito para o controle de cotas.

O “serviço será aprovado” – (AP), quanto à largura e à flecha de abaulamento do projeto, se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias “não forem ultrapassados”:

a) ±10cm quanto a largura

b) Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

8 MEDIÇÃO

O revestimento primário será medido pelo volume (V) da camada concluída, em metros cúbicos, calculado pela seção de projeto:

V = área da seção de projeto x extensão executada

A recuperação de jazida será medida pela área recuperada, em metros quadrados.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais para o volume de revestimento primário executado e para a área de jazida recuperada, medidos conforme o item anterior, estando neles incluídos todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização de materiais e lucro. No decorrer dos serviços e no final do revestimento primário deverão ser atendidas todas as exigências do projeto referentes a proteção ambiental.

1 DEFINIÇÃO

Depósito de materiais excedentes (bota-fora) são os locais previamente definidos em projeto e/ou indicados pela fiscalização, de materiais provenientes da escavação de solo mole, materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias considerados inadequados, ou materiais em excesso que não forem integrados ao corpo estradal.

O deposito de materiais, quando necessário, deve ser complementado por pequenas obras para estabilização, drenagem de águas contra erosões e outros serviços que vierem a ser necessários, definidos em projeto ou a critério da fiscalização.

2 EQUIPAMENTOS

A implantação dos depósitos será executada mediante a utilização de equipamento adequado, a par do emprego acessório de serviços manuais.

3 LOCALIZAÇÃO

Os locais mais propícios para se constituírem em áreas de depósitos são: crateras de exploração desativadas, áreas abertas improdutivas, voçorocas em fase de formação, aterros sanitários, depósitos de resíduos sólidos e, no caso de solos, sopés jusantes de aterros afastados de talvegues.

Não é permitido o uso de áreas localizadas em:

a) Reservas florestais, ecológicas;
b) Preservação cultural;
c) Áreas de mananciais e nascentes de água;
d) Áreas particulares lindeiras à faixa de domínio, mesmo que improdutivas;
e) Sob pontes e viadutos.

Os locais para disposição dos materiais serão indicados pelo projeto, pela fiscalização ou pela própria executante. entretanto o local somente deve ser considerado apto quando aprovado pela fiscalização e pelo órgão ambiental responsável.

4 EXECUÇÃO

O material destinado ao depósito de material excedente deve ser descarregado e espalhado.

É proibida a disposição dos materiais pelo simples descarregamento em forma de monte.

Quando previsto no projeto ou quando exigido pela fiscalização da SOP-CE, os materiais devem ser depositados em espessuras que permitam a sua compactação através das passagens do equipamento durante o espalhamento do material. A camada final deve receber pelo menos quatro passadas de compactação, ida e volta do equipamento.

Os depósitos destinados à deposição de solos moles e brejosos devem ser providos de diques compactados e drenados para retenção dos materiais.

Na deposição dos materiais a executante deve proceder de tal forma que durante e após o término das operações:

a) Não haja possibilidade de assoreamento de cursos de água, açudes ou lagos próximos, pelo carreamento de material por enxurradas;

b) Se necessário, devem ser executadas obras de contenção com drenagem adequada e proteção contra a erosão dos taludes;

c) Os taludes devem ter inclinação suficiente para evitar escorregamentos.

Os matacões devem ser dispostos em terrenos de pouca declividade, determinados pela fiscalização, de maneira que não ocorram deslizamentos, se possível, deve-se confiná-los com materiais de primeira categoria.

A executante deve ser a única responsável pelo desempenho do serviço, inclusive as correções ou reconstruções que se fizerem necessárias.

5 CONTROLE

O controle é feito visualmente sendo observado o aspecto de segurança, acabamento e garantia contra erosões.

Os serviços serão aceitos após a comprovação de que o depósito esteja totalmente concluído, e apresente condições satisfatórias de segurança, acabamento e não possua processos de erosão ocasionados pela ação do escoamento das águas.

A aprovação é feita por apreciação visual dos serviços executados.

6 PROTEÇÃO AMBIENTAL

A executante deve licenciar a área de depósito de materiais de excedentes, localizada fora da faixa de domínio, junto ao órgão ambiental responsável, antes de qualquer deposição de material na área prevista. Deve ser evitada a localização de depósito de materiais excedentes em áreas com restrições ambientais e de boa aptidão agrícola.

Deve ser observada a resolução CONAMA 307/2002 que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Deve ser feita a recuperação vegetal da área após a conformação final do depósito, de acordo com projeto licenciado pelo órgão ambiental, considerando, no mínimo:

a) Aspergir água permanentemente nos trechos poeirentos, principalmente nas passagens por áreas habitadas;

b) O revestimento vegetal dos taludes, quando previsto, deve ser executado imediatamente após a execução;

c) Implantar, caso necessário, sistema de drenagem provisório e de controle de processos erosivos;

d) O desmatamento, destocamento e limpeza da área devem ser executados de acordo com a especificação SOP-ES-T 01/19 (serviços preliminares), dentro do limite da área licenciada, e o material retirado deve ser estocado de forma que o solo orgânico possa ser reutilizado na recuperação da área;

e) As áreas devem ser mantidas, convenientemente drenadas de modo a evitar o acúmulo das águas;

7 MEDIÇÃO

O Projeto indicará os serviços que serão necessários executar nos depósitos de materiais excedentes e a forma de medi-los.

8 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais em conformidade com a medição referida no item anterior. Em conformidade com os atendimentos das conformidades e dos condicionantes ambientais.

1 DEFINIÇÃO

Solos moles ou materiais brejosos são depósitos de solos orgânicos, turfas, areias muito fofas ou solos hidromórficos em geral, que ocorrem em áreas baixas; mangues, brejos, várzeas de rios e planícies de sedimentação marinha ou lacustre.

Remoção de solos moles é o processo de escavação total ou parcial da camada de solo de baixa resistência ao cisalhamento, ou elevada resiliência, incluindo a carga e o transporte necessários para posterior execução da obra que o sobreporá.

A remoção de solos moles deve ser indicada no projeto, ou a critério da fiscalização, decorrente da comprovação de sua ocorrência através de sondagens e viabilidade técnico- econômica de sua remoção.

As operações de remoção do solo compreendem:

a) Execução dos serviços de desmatamento e limpeza.

b) Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até a profundidade indicada no projeto ou a critério da fiscalização.

c) Transporte dos materiais escavados para depósitos de material excedente conforme a especificação SOP-ES-T 09/19 - Depósito de materiais excedentes.

2 MATERIAIS

Compreendem solos que não apresentam em seu estado natural capacidade de suporte para apoio direto dos equipamentos usuais de escavação.

Esta classificação abrange solos localizados acima e abaixo do nível d'água, com teor de umidade elevado, e que apresentam, geralmente, SPT ≤ 2 (Standard Penetration Test).

3 EQUIPAMENTO

Serão empregadas escavadeiras de arrasto tipo dragline, complementadas por outros equipamentos citados na SOP-ES-T 04/19 – Cortes.

Para execução dos serviços de escavação deve-se utilizar, para complementar, os equipamentos destinados à manutenção de caminhos de serviços, áreas de trabalho e esgotamento das águas das cavas de remoção. Tais atividades devem ser previstas pela executante para garantia da qualidade dos trabalhos.

4 EXECUÇÃO

a) A escavação subordinar-se-á aos elementos técnicos fornecidos ao executante e constante das notas de serviço elaboradas em conformidade com o projeto;
b) A escavação será precedida da execução dos serviços de desmatamento e limpeza;
c) Os taludes da escavação deverão apresentar, após a operação de remoção, a inclinação indicada no projeto;
d) Em locais de terreno alagado, toda área de escavação, sempre que possível, deve ser previamente drenada antes das operações de escavação e carga do material. A água da área deve ser removida por meio de valetas de drenagem, drenos de talvegue, bombeamento ou qualquer outro processo com eficácia comprovada e que seja economicamente viável. Estes processos devem estar especificados no projeto ou serem indicados pela fiscalização;
e) Quando for executada abertura de valas (para drenagem da água) a escavação deve preferencialmente ser de jusante para montante.

f) Quando as paredes das valas apresentarem instabilidade, a fiscalização deve determinar o seu preenchimento com material inerte, envolvido ou não por manta filtrante;

g) Em locais cuja inclinação do terreno não permita a drenagem da área por gravidade, deve ser executado poço de captação, para o qual devem ser conduzidas as águas para posterior esgotamento do poço por meio de bombeamento;

h) O material escavado deve ser transportado para fora da faixa de construção e depositado em local indicado pelo projeto ou pela fiscalização, de modo que não interfira com a construção da rodovia;

i) A deposição do material deve obedecer a SOP-ES-T 09/19 – Depósito de materiais excedentes.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Nas operações destinadas à execução de remoção de solos moles serão exigidos os seguintes cuidados visando à proteção do meio ambiente:

a) A deposição do material removido deve obedecer a SOP-ES-T 09/19 – Depósito de materiais excedentes.

b) Os taludes dos depósitos de materiais excedentes deverão ter inclinação suficiente para evitar escorregamentos;

c) Os depósitos de materiais excedentes serão executados de forma a evitar que o escoamento das águas pluviais possa carrear o material depositado, transportando-o para os vales, causando assoreamento dos cursos d'água;

d) Deverá ser feito revestimento vegetal dos depósitos de materiais excedentes, após sua conformação final, para serem incorporados a paisagem local;

e) As áreas dos depósitos de materiais excedentes poderão ser tratadas com revestimento vegetal, com a finalidade de protegê-las de processos erosivos e também atenuar a agressão ao meio ambiente, através do embelezamento paisagístico.

f) Serão obedecidas as recomendações contidas nos programas ambientais pertinentes ao plano básico ambiental e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais indicadas no projeto.

6 CONTROLE

A escavação da remoção deverá obedecer às cotas projetadas de forma a alcançar-se a conformação da seção transversal de projeto, admitidas as seguintes tolerâncias:

a) Variação de altura máxima para o eixo e bordos: ± 0,20 m;
b) Variação máxima de largura de escavação: + 1,00 m para cada semi-plataforma, não se admitindo variação negativa.

7 MEDIÇÃO

A medição efetuar-se-á levando em consideração o volume extraído, medido no corte, e a distância de transporte entre este e o local de depósito, obedecidas as seguintes indicações:

a) O cálculo dos volumes será resultante da aplicação do método da “média das áreas”;
b) A distância de transporte será medida em projeção horizontal, ao longo do percurso seguido pelo equipamento transportador, quando carregado, entre os centros de gravidade das massas. Referido percurso, cuja definição é subordinada a critérios técnicos e econômicos, será objeto de aprovação prévia da fiscalização;
c) A proteção vegetal para bota-fora deverá obedecer às especificações SOP–ES–CE–01/19 – Proteção vegetal com utilização de gramíneas ou leguminosas e será medida pela área efetivamente tratada, em metros quadrados.

8 PAGAMENTO

a) Os serviços de remoção de solos moles serão pagos pelos preços unitários contratuais, em conformidade com a medição referida no item anterior, estando neles incluídos todos os custos das fases de execução, utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos sociais, transportes, impostos, lucros e eventuais atividades necessárias aos serviços;

b) Os serviços de proteção vegetal, se houver, serão pagos pelo preço contratual, em conformidade com o critério de medição, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, aquisição de materiais, transportes, mão de obra, encargos, impostos, eventuais e lucros. E, também, com os atendimentos das conformidades e das condicionantes ambientais.

5 – ESPECIFICAÇÕES DE DRENAGEM

1 DEFINIÇÃO

Sarjetas são dispositivos de drenagem que se aplicam a cortes, greides colados, aterros, ilhas de interseções e canteiros centrais. Valetas são dispositivos de drenagem que se aplicam as cristas de cortes ou aos pés de aterros.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de drenagem, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto e argamassa: SOP-OAE 02/19 – Concretos e argamassas.
- Formas: (guias): SOP- OAE 05/19 – Formas e cimbres.

O concreto para sarjetas e valetas comuns são dosados experimentalmente para uma resistência mínima aos 28 dias de fck = 10 MPa. Para sarjetas e valetas especiais o projeto é que fixará a resistência à compressão.

O concreto poderá ser preparado no local da obra, em betoneiras apropriadas, ou recebido pronto para emprego imediato. Em qualquer caso deverá ser obedecida a ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

3 EXECUÇÃO

3.1 Sarjetas e valetas revestidas de concreto

As sarjetas e valetas revestidas de concreto deverão ser moldadas “in loco” ou pré-moldadas, atendendo ao disposto no projeto.

A execução das sarjetas de corte deverá ser iniciada após a conclusão de todas as operações de pavimentação que envolvam atividades na faixa anexa.

No caso de valetas de proteção a execução pode ser iniciada após a conclusão das operações de terraplenagem.

A execução das sarjetas e valetas revestidas de concreto compreenderá as seguintes etapas:

1ª) Preparo e regularização da superfície de assentamento:

Esta etapa será executada mediante operações manuais que envolverão cortes e/ou aterros de forma a se atingir a geometria projetada para cada dispositivo. No caso de valetas de proteção de aterros ou cortes admite-se, opcionalmente, a associação mecânica, mediante emprego de lâmina de motoniveladora ou retroescavadeira. Os materiais empregados nestas etapas serão os próprios solos existentes no local, ou mesmo material excedente da pavimentação, no caso de sarjetas de corte. De qualquer modo, a superfície de assentamento deverá resultar firme e bem desempenada;

2ª) Disposição do material escavado

Para as sarjetas os materiais escavados e não utilizados nas operações de preparo e regularização da superfície de assentamento serão destinados à bota-foras, estes devendo ser feitos próximos aos pontos de passagem (PP) e de modo a não prejudicar o escoamento das águas superficiais. Para as valetas os materiais escavados serão aproveitados, respectivamente, para execução de uma banqueta de material apiloado a jusante da valeta de proteção de corte, ou para conformar o terreno, na região situada entre o lado de jusante da valeta de proteção de aterro e os off-sets do aterro;

3ª) Instalação das guias de referências:

As guias de madeira que servirão de referência para a concretagem serão instaladas segundo a seção transversal de cada dispositivo, espaçadas de 2m;

4ª) Concretagem:

A concretagem envolverá o seguinte plano executivo:

a) Lançamento do concreto em panos alternados;
Espalhamento e acabamento do concreto mediante emprego de ferramentas manuais, em especial de uma régua que, apoiada nas duas guias adjacentes, permitirá a conformação da sarjeta ou valeta à seção pretendida;

b) Retirada das guias dos panos concretados, tão logo se constate o suficiente endurecimento do concreto aplicado;

c) Espalhamento e acabamento do concreto nos panos intermediários, utilizando-se como apoio para a régua de desempeno o próprio concreto dos panos anexos;

5ª) Juntas:

A Sexta guia de cada segmento só será retirada após a concretagem dos dois panos anexos. Em seu lugar será executada uma junta de dilatação, vertendo-se cimento asfáltico previamente aquecido. Desta forma resultarão juntas espaçadas de 12m.

3.2 Sarjetas e valetas não revestidas

As sarjetas e valetas não revestidas aplicam-se a locais em que se associam moderadas precipitações com materiais resistentes à erosão e/ou baixas declividades longitudinais. Sua execução compreende as operações descritas na primeira e segunda etapa do subitem 3.1 – Sarjetas e valetas revestidas de concreto.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes recomendações, visando a proteção do meio ambiente:

4.1.1 Todo o material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja levado para os cursos d'água, de modo a não provocar assoreamento;

4.1.2 Nas saídas dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água;

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a destruição desnecessária da vegetação, assim como interferência na drenagem natural;

4.1.4 Nas áreas de bota-fora necessário a realização de valas de saída, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam prejudicar o sistema de drenagem superficial;

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico e de acabamento

A fiscalização apreciará de forma visual as características de acabamento das sarjetas e valetas executadas. Adicionalmente, serão avaliadas as características geométricas destes dispositivos, de acordo com o seguinte plano de amostragem:

a) Sarjetas e valetas com revestimento em concreto:

- Determinação da espessura da camada de concreto aplicada, à razão de 1 ponto a cada 200 metros. A determinação da espessura será feita quando da retirada das guias do primeiro conjunto de panos concretados, em pontos aleatoriamente selecionados pela fiscalização.

- Determinação das dimensões transversais do dispositivo, por medidas a trena, nos mesmos pontos em que forem procedidas determinações das espessuras.

b) Sarjetas e valetas não revestidas:

- Determinação das dimensões transversais do dispositivo, razão de 1 ponto a cada 200 metros, por medidas a trena.

5.2 Controle tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, com base no que dispõe a ABNT NBR 5739. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;

2ª) As dimensões transversais avaliadas não difiram das de projeto de mais do que 5%, em pontos isolados;

3ª) Todas as medidas de espessuras efetuadas encontram-se situadas no intervalo de ± 5% em relação à espessura de projeto;

4ª) A resistência à compressão simples será determinada para cada sarjeta ou cada valeta, com amostra do concreto coletada no local da obra, segundo o prescrito na ABNT – NBR 5739 (Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos). A sarjeta ou a valeta que for feita com concreto apresentando resistência à compressão simples inferior a especificada no projeto não será aceita, devendo ser demolida e refeita, todos os ônus para o construtor.

6 MEDIÇÃO

As sarjetas e valetas serão medidas, de acordo com o tipo projetado, pela determinação das extensões efetivamente executadas, incluídas as respectivas saídas d'água, expressas em metros lineares.

7 PAGAMENTO

O pagamento será feito ao preço unitário contratual para cada dispositivo, o qual deverá remunerar toda a mão de obra, ferramentas, encargos e eventuais, escavação, apiloamento, caiação em duas demãos, materiais e transportes necessários à completa execução dos dispositivos, inclusive execução de juntas.

1 DEFINIÇÃO

Meios-Fios são dispositivos de drenagem que se aplicam a aterros, canteiros centrais e à elementos de interseções para drenagem e canalização do tráfego.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de drenagem, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto e argamassa: SOP-ES-OAE 02/19 – Concretos e argamassas.
- Formas: (guias): SOP-ES- OAE 05/19 – Formas e cimbres.

O concreto para meios-fios (banquetas) comuns, localizados em bordos de acostamentos, são dosados experimentalmente para uma resistência mínima aos 28 dias de fck = 10 MPa. Para meios-fios especiais, como por exemplo em bordo de faixa de tráfego, com eventuais impactos de pneus dos veículos, o projeto é que fixará a resistência à compressão.

O concreto poderá ser preparado no local da obra, em betoneiras apropriadas, ou recebido pronto para emprego imediato. Em qualquer caso deverá ser obedecida a ABNT – NBR 12655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

3 EXECUÇÃO

3.1 Processo executivo básico

O processo executivo básico aqui considerado refere-se ao emprego de meios-fios moldados “in loco” com emprego de formas, compreendendo as seguintes etapas:

1ª) Execução da cava da base do meio-fio obedecendo aos alinhamentos, cotas e dimensões indicadas no projeto;
2ª) Execução de base de concreto para regularização e apoio dos meios-fios;
3ª) Instalação de formas do dispositivo;
4ª) Lançamento e vibração do concreto;
5ª) Retirada das formas;
6ª) Execução de juntas de dilatação, a intervalos de 12 m, preenchidas com asfalto.

3.2 Processos executivos alternativos

Opcionalmente e a exclusivo critério da fiscalização, poderão ser adotados outros procedimentos executivos, a saber:

a) Meios-fios pré-moldados

Este processo executivo refere-se ao emprego de meios-fios pré-moldados de concreto de cimento Portland ou de rocha, envolvendo as seguintes etapas construtivas:

1ª) Escavação da cava para assentamento do meio-fio obedecendo aos alinhamentos, cotas e dimensões indicadas no projeto;

2ª) Execução, quando for necessário, de base de brita ou areia para regularização e apoio dos meios-fios;

3ª) Instalação e assentamento dos meios-fios pré-moldados, de forma compatível com o projeto-tipo considerado;

4ª) Rejuntamento das peças com argamassa cimento-areia, traço 1:4.

Os meios-fios, em concreto de cimento Portland, deverão ser pré-moldados em formas metálicas ou de madeira revestida que conduza a igual acabamento, sendo submetidos a adensamento por vibração. As peças deverão ter no máximo 1m, devendo esta dimensão ser reduzida para segmentos em curva.

b) Meios-fios “in loco” com formas deslizantes

Este segundo procedimento alternativo refere-se ao emprego de formas metálicas deslizantes, acopladas a máquinas automotrizes (moldagem por extrusão), compreendendo as etapas de construção relacionadas a seguir:

1ª) Escavação da cava da base do meio-fio, obedecendo aos alinhamentos, cotas e dimensões indicadas no projeto;

2ª) Execução, quando for necessário, de base de concreto para regularização e apoio dos meios-fios;

3ª) Lançamento, por extrusão, do concreto.

3.3 Encosto ou arrimo do meio-fio

Quando o meio-fio não serve de limite de calçada, passeio ou canteiro preenchido, faz-se necessário um encosto ou arrimo de solo apiloado, no lado externo, para auxiliar o meio-fio a resistir a pequenos impactos e, também, evitar o seu tombamento no talude do aterro. Este encosto ou arrimo proporciona também o confinamento do pavimento, não menos importante.

3.4 Caiação

Os meios-fios receberão ao final de sua implantação uma caiação em duas demãos, para sua visualização e dos limites da plataforma estradal.

O projeto de sinalização poderá indicar uma pintura com tinta amarela, aproveitando o meio-fio como sinal de proibição de estacionamento de veículos.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes recomendações, visando a proteção do meio ambiente:

4.1.1 Todo o material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido e depositado em locais que não prejudiquem o escoamento das águas, cuidando-se ainda que este material não seja levado para os cursos d'água, de modo a não provocar assoreamento;

4.1.2 Nas saídas d'água dos dispositivos deverá ser executada obras de proteção, para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água;

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a destruição desnecessária da vegetação, assim como interferência na drenagem natural;

5 CONTROLES E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle das condições de acabamento dos meios-fios de concreto será feito, pela fiscalização, em bases visuais.

O controle geométrico consistirá em medidas a trena das dimensões externas dos meios-fios aplicados, definidos aleatoriamente ao longo do trecho.

5.2 Controle tecnológico

O controle tecnológico do concreto utilizado na moldagem “in loco” ou em meios-fios pré-moldados, de concreto de cimento Portland, será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo, com o prescrito na ABNT NBR 5739 (Ensaio de compressão a corpos de prova cilíndricos) para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado como aceito desde que atendidas as seguintes condições:

1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;
2ª) As dimensões externas do dispositivo não difiram das de projeto de mais do que 5%, em pontos isolados; e
3ª) A resistência à compressão simples estimada (fck) aos sete dias, determinada segundo o prescrito na ABNT NBR 5739 (Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos) para controle assistemático, seja superior à resistência característica especificada, para os meios-fios de concreto de cimento Portland.

6 MEDIÇÃO

Os meios-fios serão medidos, de acordo com o tipo empregado, pela determinação da extensão executada, expressa em metros lineares.

7 PAGAMENTO

O pagamento será feito ao preço unitário contratual para cada tipo de dispositivo, o qual deverá remunerar toda a mão de obra, ferramentas e equipamentos, encargos e eventuais, escavação, execução da proteção externa em solo apiloado, caiação em duas demãos, materiais e transportes necessários à completa execução do dispositivo.

1 DEFINIÇÃO

Entradas d'água são dispositivos de drenagem que coletam as águas conduzidas por meios-fios ou sarjetas e as conduzem às descidas d'água, em pontos baixos ou em pontos de greide contínuo em que a vazão-limite dos dispositivos de condução longitudinal é atingida. No caso de pontos baixos a entrada d'água recebe fluxo pelos dois lados e no caso de greide contínuo, apenas do lado de montante.

Descidas d'água são dispositivos destinados a conduzir as águas canalizadas pelos meios-fios ou sarjetas através do talude de aterro até o terreno natural. Nas obras da SOP-CE são usadas descidas d'água de concreto armado (preparo no local), descidas d'água em calhas pré-moldadas de concreto e as descidas d'água em calhas metálicas corrugadas.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de drenagem, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto e argamassa: SOP-ES-OAE 02/18 – Concretos e argamassas.
- Aço: SOP-ES-OAE 03/18 - Armaduras para concreto armado.
- Formas: (guias): SOP-ES-OAE 05/18 – Formas e cimbres.

O concreto utilizado deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (fck) min., aos 28 dias de 13,5 MPa.

O concreto poderá ser preparado no local da obra, em betoneiras apropriadas ou recebido pronto para emprego imediato. Em qualquer caso deverá ser obedecida a ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

As calhas metálicas corrugadas, quando empregadas, deverão apresentar diâmetro de 60cm e espessura de chapa de 2mm. Normalmente serão utilizadas chapas galvanizadas, salvo em caso onde sejam previstas condições agressivas, como em regiões litorâneas, quando então é recomendada a utilização de chapas revestidas com epóxi. O fabricante deverá ser cientificado das condições de utilização vigentes no local, e assegurar a adequação do produto fornecido.

3 EXECUÇÃO

3.1 Entradas D'água

As etapas executivas a serem seguidas são as seguintes:

1ª) Preparação e regularização da superfície de apoio da entrada d'água, utilizando-se processos manuais e solos locais ou materiais excedentes de pavimentação;
2ª) Prolongamento dos meios-fios ou sarjetas de aterro, por deflexão de seus alinhamentos, atendendo ao projeto-tipo considerado;
3ª) Instalação das formas eventualmente necessárias;
4ª) Lançamento e espalhamento do concreto, formando o piso da entrada d'água. Nesta etapa serão feitos os ajustes necessários ao encaixe com a descida d'água previamente executada;
5ª) Concretagem da barreira transversal, para o caso de entradas d'água em greide contínuo; e

6ª) Retirada das formas, após período inicial de cura.

3.2 Descidas d'água em calha de concreto armado

São constituídas por calhas de concreto armado moldado "in loco". As etapas executivas a serem seguidas são as seguintes:

1ª) Escavação da cava de assentamento da calha, inclusive redentes de ancoragem, impondo-se um excesso lateral destinado à instalação de formas;

2ª) Compactação da superfície resultante da escavação;

3ª) Instalação das formas;

4ª) Instalação das armaduras do piso e das alas;

5ª) Concretagem da calha a partir de sua porção inferior;

6ª) Retirada das formas, após cura do concreto;

7ª) Complementação das laterais com solo local compactado.

3.3 Descidas d'água em meia-cana pré-moldada de concreto

Estes dispositivos são constituídos por uma meia-cana de concreto pré-moldada assentada conforme definido em projeto. As etapas executivas são as seguintes:

1ª) Escavação da cava ao longo do talude de aterro, de forma a comportar o berço de assentamento, se especificado no projeto. Nesta etapa serão também efetuadas escavações para execução dos redentes de ancoragem, conforme prescrito no projeto-tipo adotado, devendo ser ainda apiloado o fundo da cava;

2ª) Concretagem do berço e/ou redente de ancoragem de assentamento, até o nível do fundo da meia-cana de concreto, conforme especificado no projeto;

3ª) Instalação das meias-canas de concreto sobre o berço ou redente do berço de ancoragem, tão logo este apresente resistência suficiente;

4ª) Concretagem da porção remanescente do berço ou redente de ancoragem de assentamento, envolvendo as meias-canas, tomando-se o cuidado prévio de apicoar a superfície da 1ª camada anteriormente concretada;

5ª) Retirada das formas e preenchimento do espaço lateral com solo compactado;

6ª) Rejuntamento das meias-canas com argamassas cimento-areia, traço 1:4.

3.4 Descidas d'água em calha metálica corrugada

Estes dispositivos têm a mesma função das calhas em meia-cana de concreto, devendo ser executados com calhas metálicas semi-circulares corrugadas.

As etapas são as seguintes:

1ª) Escavação dos redentes de ancoragem e da cava para assentamento das calhas metálicas;

2ª) Compactação da cava de assentamento;

3ª) Concretagem dos redentes de ancoragem, tomando-se o cuidado de chumbar no concreto os parafusos necessários à amarração das calhas metálicas;

4ª) Disposição das calhas e fixação delas com parafusos e porcas, entre si nos redentes de ancoragem.

3.5 Descidas d'água em degraus

Estes dispositivos aplicam-se às seguintes condições:

- Condução através do talude de cortes das águas provenientes de valetas de proteção de cortes.

- Condução através do talude de aterros das águas provenientes de meios-fios, ou de sarjetas de aterros ou de boca de jusante de bueiro elevado em meia encosta do terreno.

São previstas versões em concreto simples e concreto armado conforme o projeto, ambas moldadas "in loco". As etapas executivas a serem seguidas são as seguintes:

1ª) Escavação da cava de assentamento da descida d'água, obedecendo às dimensões previstas no projeto adotado, mais uma folga destinada à instalação de formas laterais;
2ª) Instalação das formas;
3ª) Instalação das armaduras do piso, do espelho do degrau e das alas, para o caso das versões em concreto armado;
4ª) Concretagem do dispositivo a partir do degrau inferior;
5ª) Retirada das formas, após constatada a suficiente cura do concreto aplicado;
6ª) Preenchimento do espaço lateral com solo local compactado.

3.6 Recomendações gerais

Quando o concreto utilizado é produzido na obra deverá ser preparado em betoneiras, com fator água/cimento apenas suficiente para se alcançar boa trabalhabilidade. Deverá ser preparado em quantidade suficiente para seu uso imediato, não se permitindo o lançamento após decorrida mais de 1 hora do seu preparo.

Deverão ser executadas juntas de dilatação a intervalos de no máximo 10m, medidos segundo o talude, preenchendo-se estas juntas com cimento asfáltico aquecido.

Especial atenção deve ser dada à conexão da descida d'água com os dispositivos de entrada (entrada d'água ou boca jusante de bueiro tubular) e com a sua descarga em caixa coletora ou dissipador de energia.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes recomendações, visando a proteção do meio ambiente:

4.1.1 Todo o material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja levado para os cursos d'água, de modo a não provocar assoreamento;

4.1.2 Nas saídas dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água;

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a destruição desnecessária da vegetação, assim como interferência na drenagem natural;

4.1.4 Nas áreas de bota-fora deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação em locais que possam prejudicar o sistema de drenagem superficial;

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico das condições de acabamento das entradas e descidas d'água será feito, pela fiscalização, em bases visuais.

5.2 Controle tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na ABNT NBR 5739, para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

5.3 - Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;

2ª) As dimensões externas do dispositivo não diferem das de projeto de mais do que 5%, em pontos isolados;

3ª) A resistência à compressão simples será determinada para cada dia de trabalho, com amostra do concreto coletada no local da obra, segundo o prescrito na ABNT-NBR 5739 (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos). A entrada e descida d'água que for feita com concreto apresentando resistência a compressão simples inferior à especificada no projeto não será aceita, devendo ser demolida e refeita, todos os ônus para o construtor.

6 MEDIÇÃO

a) Entradas d'água

As entradas d'água constituídas de abertura no corpo do meio-fio não será objeto de medição.

As entradas d'água projetadas com estruturas especiais serão medidas pela determinação do número de unidades executadas, de acordo com o tipo empregado.

b) Descidas d'água

Serão medidas, de acordo com o tipo empregado, pela determinação das extensões efetivamente executadas, expressas em metros lineares.

7 PAGAMENTO

a) Entrada d'água especiais

O pagamento será feito ao preço contratual para cada dispositivo, o qual deverá remunerar toda a mão de obra, ferramentas, encargos e eventuais, escavação, materiais e transportes necessários à completa execução do dispositivo.

b) Descidas d'água

O pagamento será feito ao preço contratual para cada dispositivo, o qual deverá remunerar toda a mão de obra, ferramentas, encargos e eventuais, escavação e compactação, materiais e transportes necessários à completa execução do dispositivo, inclusive eventuais juntas de dilatação.

1 DEFINIÇÃO

Dissipadores de energia são dispositivos de drenagem superficial aplicáveis a extremidades de outros dispositivos, cujo desague no terreno natural possa provocar erosões. Os dissipadores usualmente são moldados "in loco", têm como finalidade reduzir a velocidade de escoamento das águas, para evitar os efeitos de erosão nos próprios dispositivos ou nas áreas adjacentes.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente as especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de drenagem:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto e argamassas: SOP-ES-OAE 02/18 – Concretos e argamassas.
- Formas: (guias): SOP-ES-OAE 05/18 – Formas e cimbres.

O concreto utilizado deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (fck) min., aos 28 dias de 10MPa ou outra resistência indicada no projeto para dissipadores especiais, tipo degraus.

O concreto poderá ser preparado no local da obra, em betoneiras apropriadas ou recebido pronto para emprego imediato. Em qualquer caso deverá ser obedecida a ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

A pedra-de-mão utilizada deverá ser originária de rocha sã e estável, apresentando os mesmos requisitos qualitativos exigidos para a pedra britada destinada à confecção de concreto. O diâmetro da pedra-de-mão deve se situar na faixa de 10 a 15cm.

3 EXECUÇÃO

3.1 Tipos e sequência executiva

Os dissipadores de energia (saídas d'água) são moldados "in loco", distinguindo-se os seguintes tipos básicos:

- Dissipadores em saídas d'água com caixa, ambos de concreto, preenchida com pedras de mão arrumadas (2 t/m³), ao nível do terreno natural, utilizadas nos deságues de descidas d'água em taludes de aterros.

Sequência executiva:

1°) Escavação do terreno para conformá-lo ao projeto tipo da saída d'água e da caixa dissipadora;
2°) Apiloamento da superfície resultante após a escavação;
3°) Instalação das formas da saída d'água e da caixa de concreto;
4°) Lançamento e vibração do concreto;
5°) Desforma, após a cura do concreto;
6°) Preenchimento da caixa com pedras de mão arrumadas;
7°) Preenchimento complementar de eventuais espaços laterais, decorrentes da instalação de formas, ou de excesso de escavação, com solos fortemente apiloados.

- Dissipadores em degraus, mais utilizado em meia-encosta, podendo ser de concreto simples ou de concreto ciclópico ou de pedra argamassada, iniciando na tomada d'água de montante e se

estendendo em degraus até encontrar terreno natural plano para o deságue.

Sequência executiva:

1°) Escavação do terreno por escalonamento em degraus planos, na profundidade capaz de proporcionar paredes laterais de contenção das águas;

2°) Apiloamento ou compactação com placas vibratórias dos patamares dos degraus;

3°) Para os dissipadores de concreto simples, e de concreto ciclópico: instalação das formas; lançamento e vibração do concreto; desforma após a cura do concreto;

4°) Para os dissipadores de alvenaria de pedra argamassada: assentamento e argamassamento das pedras;

5°) Preenchimento complementar de eventuais espaços laterais, decorrentes da instalação de formas, ou de excessos de escavação, com solos fortemente apiloados ou compactados.

3.2 Recomendações gerais

O nível das saídas d'água deve se dar em terrenos planos naturais e no mesmo nível.

Deve-se evitar excessos de escavação em relação às dimensões do dissipador que vão exigir posteriores preenchimentos com solos compactados, mas por não possuírem a cobertura vegetal natural passam a ser pontos vulneráveis às erosões e à instabilidade da estrutura.

O concreto utilizado deverá ter um fator água/cimento apenas suficiente para proporcionar a trabalhabilidade de sua aplicação. Deverá ser preparado na quantidade suficiente para o seu uso imediato, não se permitindo o lançamento após decorrido mais de 1 hora do seu preparo.

A argamassa de cimento e areia deverá ser preparada preferencialmente em betoneira.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes recomendações, visando a proteção do meio ambiente:

4.1.1 Todo o material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido e depositado em locais que não prejudiquem o escoamento das águas, cuidando-se ainda que este material não seja levado para os cursos d'água, de modo a não provocar assoreamento;

4.1.2 Nas saídas d'água dos dispositivos, deverão ser executadas obras de proteção, para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água;

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a destruição desnecessária da vegetação, assim como interferência na drenagem natural;

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle das condições de acabamento dos dissipadores será feito, pela fiscalização, em bases visuais.

O controle geométrico consistirá em medidas a trena das dimensões externas dos dissipadores de energia.

5.2 Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto, quando este for utilizado, será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na ABNT-NBR 5739 (Ensaio de compressão a corpos de prova cilíndricos) para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

O controle da pedra-de-mão será feito visualmente e por testes expeditos de sua resistência, efetuados "in situ", submetendo o serviço à ação mecânica de uma barra de ferro.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;

2ª) As dimensões externas do dispositivo não difiram das de projeto de mais do que 5%, em pontos isolados;

3ª) A resistência à compressão simples estimada (fck) determinada aos sete dias segundo o prescrito na ABNT NBR 5739 (Concreto – Ensaio de compressão a corpos de prova cilíndricos) para controle assistemático seja superior à resistência característica especificada, quando utilizado concreto na confecção do dissipador;

4ª) A resistência à ação mecânica da pedra-de-mão argamassada, avaliada "in situ", seja julgada satisfatória, quando esta for utilizada na confecção do dissipador.

6 MEDIÇÃO

Os Dissipadores de energia em saídas d'água com pedras arrumadas serão medidos, de acordo com o tipo empregado pela determinação do número de unidades executadas.

Os Dissipadores em degraus serão medidos da forma estabelecida no projeto.

7 PAGAMENTO

O pagamento será feito ao preço contratual para cada dispositivo, o qual deverá remunerar toda a mão de obra, ferramentas e equipamentos, encargos e eventuais, escavação e compactação, materiais e transportes necessários à completa execução do dispositivo.

1 DEFINIÇÃO

Bueiros de greide, referidos nesta especificação, são estruturas tubulares em concreto armado ou, metálicos cuja finalidade é conduzir as águas coletadas por outros dispositivos de drenagem (uma caixa coletora por exemplo) para locais de desague sem comprometimento da rodovia nem das regiões limítrofes.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente as especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de drenagem, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado Miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado Graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto e argamassa: SOP-ES-OAE 02/18 – Concretos e argamassas.
- Aço: SOP-ES-OAE 03/18 – Armaduras para concreto armado.
    - Formas: (guias): SOP-ES-OAE 05/18 – Formas e cimbres.

O concreto utilizado deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (fck)min., aos 28 dias de 25 MPa para os tubos. O concreto utilizado deverá ser preparado de acordo com o prescrito nas normas ABNT NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

Os tubos de concreto armado a serem empregados terão armadura simples ou dupla de acordo com o projeto e serão do tipo encaixe macho e fêmea, e ponta e bolsa devendo atender às prescrições contidas na ABNT NBR 9794 – (Tubo de concreto)

Armado de seção circular para águas pluviais. A classe de tubo a empregar deverá ser compatível com a altura de aterro prevista. Os tubos deverão ser rejuntados com argamassa de cimento-areia, traço 1:4. No caso dos tubos de concreto simples, deverão ser atendidas as prescrições contidas na ABNT NBR 9793 (Tubos de concreto simples de seção circular para águas pluviais).

3 EXECUÇÃO

As etapas executivas a serem atendidas na construção dos bueiros tubulares de greide são as seguintes:

1ª) Locação da obra, de acordo com os elementos especificados no projeto. A locação será efetuada com piquetes espaçados de 5m, nivelados de forma a permitir a determinação, dos volumes de escavação. Os elementos de projeto (estaca do eixo, esconsidade, comprimento e cotas) poderão sofrer pequenos ajustamentos de campo. A declividade longitudinal da obra deverá ser contínua.

2ª Escavação das cavas necessárias a moldagem dos berços a qual poderá ser executada manual ou mecanicamente. Deve ser prevista uma largura superior em 30cm à do berço para as formas de cada lado.

3ª) Instalação das formas laterais dos berços.

4ª) Execução da porção inferior do berço, com alvenaria de pedra argamassada, até atingir a linha correspondente a geratriz inferior dos tubos.

5ª) Instalação dos tubos sobre a porção inferior tão logo a alvenaria de pedra argamassada apresente resistência para isto. Fixar os tubos na posição correta.

6ª) Complementação das laterais do berço, imediatamente após a instalação dos tubos de concreto.

7ª) Retirada das formas laterais ao berço.

8ª) Rejuntamento dos tubos de concreto com argamassa, cimento-areia, traço 1:4.

9ª) Execução do reaterro, preferencialmente com o próprio material escavado, desde que seja de boa qualidade. A compactação do material de reaterro deverá ser executada em camadas individuais de no máximo 15cm de espessura, por meio de compactadores de placa vibratória, ou soquetes mecânicos. O equipamento utilizado deverá ser compatível com o espaço previsto no projeto-tipo entre linhas de tubos de bueiros, duplo ou triplos. Especial atenção deverá ser dada na compactação junto às paredes dos tubos. O reaterro deverá prosseguir até se atingir a espessura indicada no projeto acima da geratriz superior externa do corpo do bueiro; e

10ª) Execução das bocas de montante e jusante. Caso as bocas de montante sejam do tipo caixa coletora, deverão ser atendidos procedimentos executivos previstos na especificação correspondente a estes dispositivos.

Concluídas as bocas, deverão ser verificadas as condições de canalização a montante e jusante da obra. Todas as erosões encontradas e que possam vir a comprometer o funcionamento da obra deverão ser tratadas com enrocamento de pedra arrumada ou por soluções específicas do projeto. Deverão ser executadas as necessárias valas de derivação, a jusante, e bacias de captação, a montante, de forma a disciplinar a entrada e saída do fluxo d'água no bueiro.

Na execução deverão ser observados ainda:

1º) Preferencialmente deverão ser executadas bocas normais, mesmo para bueiros com pequenas esconsidades. Isto poderá ser feito prolongando-se o corpo do bueiro e/ou ajustando-se os taludes do aterro às alas das bocas normais;

2º) Quando existir solo com baixa capacidade de suporte no terreno de fundação, o projeto deverá prever todos os procedimentos para execução da fundação dos berços;

3º) Quando a declividade longitudinal do bueiro for superior a 8%, o berço será provido de dentes, fundidos simultaneamente, e espaçados de acordo com o previsto no projeto-tipo adotado.

4º) Serão executados dissipadores de energia conectados à boca de jusante, nos locais de meias-encostas conforme indicados no projeto.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes recomendações, visando a proteção do meio ambiente:

4.1.1 Todo o material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja levado para os cursos d'água, de modo a não provocar assoreamento;

4.1.2 Nas saídas dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água;

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a destruição desnecessária da vegetação, assim como interferência na drenagem natural;

4.1.4 Nas áreas de bota-fora necessários a realização de valas de saída que se instalem nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam prejudicar o sistema de drenagem natural;

5 CONTROLE

5.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência, por métodos topográficos correntes, do alinhamento, esconsidades, declividades, comprimentos e cotas dos bueiros executados e respectivas bocas.

As condições de acabamento serão apreciadas, pela fiscalização em bases visuais.

5.2 Controle tecnológico

O Controle será feito para cada obra executada.

O controle tecnológico da alvenaria de pedra argamassada nos berços e bocas será realizado de acordo com a especificação SOP-ES-OAE 02/18 (Concretos e argamassas).

O controle tecnológico dos tubos empregados deverá atender ao prescrito na ABNT NBR 9794 – (Tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais). Em princípio, serão executados apenas ensaios à compressão diametral, atendendo ao definido na ABNT-NBR 9795 (Tubo de concreto armado – Determinação da resistência à compressão diametral), formando-se amostras de 2 peças para cada lote máximo de 100 tubos de cada diâmetro utilizado.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

- O acabamento seja julgado satisfatório;
- As características geométricas previstas tenham sido obedecidas. Em especial, as variações para mais ou para menos do diâmetro interno do tubo, em qualquer seção transversal, não devem exceder 1% do diâmetro interno médio.
- A resistência à compressão diametral obtida nos ensaios efetuados, seja superior aos valores mínimos especificados na NBR 9794 (Tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais), para a classe e diâmetro de tubo considerado.

6 MEDIÇÃO

O corpo dos bueiros de greide será medido em metros lineares pelo comprimento linear executado de acordo com o projeto. As bocas de bueiros serão medidas por unidades executadas, de acordo com o projeto.

7 PAGAMENTO

O corpo e as bocas dos bueiros de greide serão pagos pelos preços contratuais, para as quantidades medidas conforme o item 6 e incluem todas as etapas de execução, bem como mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, escavação, reaterro, fornecimento de materiais com os transportes correspondentes, limpeza, acabamento e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Drenos profundos são estruturas enterradas que se destinam a interceptar e rebaixar o lençol freático, em segmentos de cortes ou de greides colados, com vertente afluente para a rodovia, conduzindo as águas para serem lançadas lateralmente à rodovia nos pontos de passagem do corte para o aterro ou lançamento em caixas coletoras de drenagem pluvial. A captação das águas subterrâneas é conseguida pela maior permeabilidade do material drenante/filtrante do dreno em relação aos materiais do terreno natural.

Os drenos profundos podem conduzir as águas captadas por simples declividade do fundo da vala (são chamados drenos cegos) ou por tubos no fundo da vala, também com declividade para conduzir as águas (são chamados drenos com tubos).

Os tubos podem ser de concreto poroso, permitindo a captação das águas em toda sua superfície ou podem ser tubos perfurados que exigem o envolvimento de uma manta geotêxtil capaz de permitir a passagem da água sem carreamento do material drenante/filtrante pelo furo para dentro do tubo.

Os drenos profundos são implantados longitudinalmente nos bordos da rodovia, podendo ser complementados por drenos transversais, tipo “espinha de peixe”, interligados aos drenos longitudinais, para os casos de plataformas largas com necessidade de rebaixamento do lençol freático em toda sua largura.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às Especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de drenagem, a saber:

2.1 Material drenante/filtrante

2.1.1 Granulometria

A granulometria do material drenante/filtrante tem como função possuir permeabilidade superior à do terreno natural, sem haver colmatação.

Esta especificação indica para o material drenante/filtrante do dreno profundo a seguinte granulometria:

PENEIRAS	% PASSANDO EM PESO
3/8” (9,5 mm)	100
N° 4 (4,8 mm)	95 – 100
N° 10 (2,0 mm)	45 – 80
N° 50 (0,3 mm)	10 – 30
N° 100 (0,15 mm)	2 - 10

A areia lavada de rio é o material drenante/filtrante por excelência. A superfície lisa e polida dos seus grãos preenche bem as reentrâncias da cava de escavação do dreno, sem deixar pequenas cavernas que propiciam o danoso carreamento da água com finos colmatadores.

A areia de rio com a granulometria especificada possui excelente permeabilidade.

Na inexistência de areia de rio admite-se o material drenante/filtrante de brita (superfície rugosa) com a mesma granulometria.

Relações granulométricas entre o material drenante/filtrante e o material de solo a ser drenado:

Sendo: D_F (x% passando) = abertura da peneira em milímetros com x% passando do material drenante/filtrante;

D_S (y% passando) = abertura da peneira em milímetro com y% passando do material a ser drenado.

– Exigência da uniformidade do material drenante/filtrante:

$$2 \leq \frac{D_F\ (60\%\ \text{passando})}{D_F\ (10\%\ \text{passando})} \leq 20$$

– Exigência de permeabilidade:

D_F (15% passando) $\geq$ 5 x D_S (15% passando)

– Exigência de não entupimento ou não colmatação:

D_F (15% passando) $\leq$ D_S (85% passando)

$$\frac{D_F\ (50\%\ \text{passando})}{D_S\ (50\%\ \text{passando})} \leq 25$$

2.2 Tubos de concreto poroso e tubos perfurados

Os tubos de concreto poroso e tubos perfurados terão um diâmetro mínimo interno de 20cm.

Os tubos de concreto poroso devem obedecer às seguintes normas: ABNT-NBR 8889 (Tubos de concreto simples de seção circular) e ABNT-NBR 6584 (Ensaio de canteiro para compressão diametral em tubos de concreto simples de seção circular). A resistência deverá ser superior a 16 KN/m.

Os tubos perfurados deverão obedecer a norma ABNT-NBR 15.073 (Tubos corrugados de PVC e de polietileno para drenagem subterrânea).

2.3 Extremidade para dreno profundo

Na saída da água do dreno profundo é construída uma estrutura de concreto (fck = 10 MPa), denominada extremidade ou boca do dreno profundo, com a finalidade de impedir o assoreamento. O concreto da extremidade do dreno deverá obedecer a norma ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento do concreto).

3 EQUIPAMENTOS

A escavação da vala do dreno poderá ocorrer em material de 1ª, 2ª ou 3ª categoria.

Assim para a abertura da vala poderão ser necessários os seguintes equipamentos: compressor de ar, perfuratriz, rompedor, picão, retro-escavadeira, caminhão basculante, pás, picaretas e ferramentas manuais.

Para a compactação dos materiais de enchimento da vala serão utilizados soquetes manuais e até placas vibratórias, a critério da fiscalização.

4 EXECUÇÃO

As etapas a serem seguidas na execução dos drenos profundos, para subleito em solo ou rocha, são as seguintes:

1ª) Abertura das valas, no sentido de jusante para montante, atendendo às dimensões estabelecidas no projeto. A declividade longitudinal mínima do fundo das valas deverá ser de 0,5%. Será utilizado processo de escavação compatível com a dificuldade extrativa do material;

2ª) Disposição do material escavado, em local próximo aos pontos de passagem, de forma a não prejudicar a configuração do terreno e nem dificultar o escoamento das águas superficiais; e

3ª) Preenchimento das valas no sentido de montante para jusante, com os materiais especificados no projeto, atendendo às seguintes particularidades.

4.1 Drenos contínuos com tubo poroso

Os drenos profundos contínuos aqui considerados serão preenchidos unicamente com material filtrante/drenante, sendo equipados com tubos porosos de concreto e opcionalmente com selo superior. O preenchimento da cava obedecerá às seguintes etapas:

- Preparo de uma camada de 10cm de espessura no fundo da vala, com o material drenante/filtrante especificado, devidamente compactado;

Assentamento e rejuntamento dos tubos com argamassa de cimento-areia, traço 1:4, o “macho” do encaixe deverá ser sempre posicionado do lado de montante;

- Complementação do enchimento da cava com o material filtrante/drenante, compactado em camadas individuais de 20cm cada, até a cota especificada no projeto-tipo adotado. Cuidados especiais, deverão ser tomados, no sentido de manter a integridade dos tubos durante a compressão;

- Aplicação e compactação do selo superior de argila, quando o projeto adotar a versão de dreno selado.

4.2 Drenos contínuos cegos

Estes drenos receberão apenas um material drenante/filtrante para enchimento da vala. Esta versão é considerada adequada apenas para cortes em rocha sã, onde não existam riscos de colmatação do material granular empregado e

a vazão seja moderada. O material drenante será compactado na vala em camadas individuais de 20cm, até a cota prevista no projeto-tipo adotado.

4.3 Drenos contínuos com tubo perfurado

Estes drenos serão constituídos por material drenante e manta geotêxtil, envolvendo o tubo perfurado. São considerados adequados para cortes em rocha sã, onde não existam riscos de colmatação do material granular empregado e a incidência de água freática seja elevada. As etapas executivas são as seguintes:

- Preparo de uma camada de 10cm de espessura no fundo da vala, com o material drenante/filtrante especificado, devidamente compactado;

- Envolvimento dos tubos com a manta geotêxtil;

- Assentamento dos tubos com os furos voltados para baixo;

- Complementação do enchimento da vala com o material drenante/filtrante, compactado em camadas individuais de cerca de 20cm cada;

- Aplicação e compactação do selo de argila quando previsto no projeto.

4.4 Execução das extremidades de concreto de acordo com o projeto-tipo adotado. Nas saídas dos cortes os drenos devem ser defletidos em cerca de 45^0, com raio da ordem de 5m, prolongando-se no mínimo 1m além do off-set do aterro anexo. Executar, se necessário, escavação que garanta adequado fluxo às águas dispostas pelo dreno.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

5.1 Durante a execução dos drenos profundos deverão ser observadas as seguintes recomendações:

5.1.1 Todo o material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido das proximidades dos drenos de modo a não provocar a sua colmatagem, cuidando-se ainda, que este material não seja levado para os dispositivos de drenagem superficial;

5.1.2 Nas saídas dos drenos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover erosão nas vertentes ou assoreamento de cursos d'água;

5.1.3 Deverá ser verificada a estabilidade dos maciços onde são implantados os drenos longitudinais profundos, impedindo que ocorram escorregamentos ou desagregação dos taludes;

5.1.4 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração;

5.1.5 Nas áreas de bota-fora ou empréstimos ou ao longo das valas de saída que se instalam nas vertentes, onde são necessárias as realizações de drenos, deverá ser evitado o lançamento de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle geométrico

O controle geométrico consistirá no nivelamento do fundo das valas e na determinação das suas dimensões. Serão ainda verificadas as dimensões das bocas de saída e dos tubos empregados, estes por amostragens à razão de 4 tubos para cada carregamento que chegar à obra.

6.2 Controle tecnológico

a) Materiais filtrantes e drenantes

Serão efetuadas análises granulométricas dos agregados empregados, à razão de 1 ensaio para cada dreno executado. As condições de compactação serão controladas visualmente.

b) Selo

As características do material argiloso ou de outro tipo indicado no projeto utilizado como selo, serão avaliadas em base tácteis e visuais. Não poderão ser utilizados, nesta função, materiais arenosos, materiais pedregulhosos permeáveis e não coesivos, ou materiais argilosos expansivos.

c) Tubos

Serão formadas amostras dos tubos empregados à razão de 4 tubos por carregamento que chegar à obra. As características externas destes tubos serão apreciadas visualmente. Deverão ser ainda executados os seguintes ensaios para cada amostra, previamente à execução do dreno:

- Um ensaio à compressão diametral (NBR 6584 da ABNT)
    - Um ensaio expedito de permeabilidade, de acordo com o seguinte roteiro:

1^{0}) Preparar sobre uma superfície plana uma camada de argamassa de cimento-areia, traço 1:3, em espessura de 5cm e com área pouco superior à da seção do tubo a ensaiar;

2^{0}) Instalar o tubo na posição vertical sobre a argamassa recém - espalhada, assegurando a vedação de sua porção inferior;

3º) Após curada a argamassa, verter no interior do tubo quantidade de água equivalente ao seu volume interno;

4º) Avaliar o tempo necessário ao total escoamento da água parâmetro este que servirá para inferir a permeabilidade dos tubos utilizados.

d) Extremidade do dreno (boca de saída d'água).

No estabelecimento do traço do concreto (fck = 10MPa) será realizado o controle através da norma ABNT-NBR 5739 (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos).

e) Manta sintética

As características das mantas sintéticas serão apreciadas em bases visuais e através de testes expeditos de campo de sua resistência à tração.

6.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que sejam atendidas as seguintes condições:

1ª) As dimensões das valas não difiram das de projeto de mais de 5% em pontos isolados, e a declividade longitudinal não seja inferior a 0,50%;

2ª) Os agregados empregados apresentem composição granulométrica contida na faixa definida no projeto. Se necessário, fazer o peneiramento do material drenante/filtrante;

3ª) O material do selo, quando empregado, seja julgado satisfatório em termos de qualidade;

4ª) As condições de compactação sejam julgadas satisfatórias;

5ª) Os tubos utilizados não apresentem variações em quaisquer dimensões maiores do que as indicadas a seguir:

- Comprimento.....2cm/m
- Espessura do tubo.....0,2cm

6ª) Não ocorram imperfeições na mistura ou moldagem dos tubos e nem trincas que possam afetar a sua resistência ou durabilidade;

7ª) A resistência a compressão diametral mínima de trinca dos tubos seja de 16KN/m;

8ª) A permeabilidade dos tubos porosos avaliada no ensaio expedito de canteiro seja julgada satisfatória;

9ª) As características de resistência das mantas sintéticas sejam julgadas satisfatórias;

10ª) O traço experimental do concreto das extremidades dos drenos seja feito para uma resistência de 10 MPa, determinada pela ABNT-NBR 5739 (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos).

7 MEDIÇÃO

Serão medidos, separadamente, os seguintes itens:

a) Drenos Profundos:

A medição será efetuada, de acordo com o tipo de dreno empregado, pela determinação da extensão executada, expressa em metros lineares.

b) Bocas de saída de concreto:

A medição consistirá na determinação do número de unidades executadas, em função do tipo empregado.

8 PAGAMENTO

a) Drenos profundos:

O pagamento dos drenos será efetuado, após medição, com base no preço contratual para cada tipo de dreno. O preço contratual remunera todas as operações, escavação e remoção de materiais independente da sua categoria, mão de obra, equipamentos e ferramentas, materiais, transportes, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços

b) Bocas de saída de concreto:

O pagamento das bocas de saída dos drenos profundos será feito, após a medição, com base no preço contratual, para o tipo de boca empregado. O preço contratual remunera todas as operações, mão de obra, equipamentos e ferramentas, materiais, transporte, encargos e eventuais necessários à completa execução do serviço.

1 DEFINIÇÃO

A drenagem pluvial urbana, abrange as águas da superfície da via e as águas do lençol freático interceptadas por drenos profundos. Ela é necessária quando não se pode lançar as águas lateralmente ao longo da rodovia, sendo caracterizada por receber as águas dos dispositivos de drenagem em caixas coletoras interligadas por uma rede de tubos subterrâneos, conduzindo as águas até os talvegues naturais drenados na rodovia por bueiros, pontilhões e pontes.

As caixas coletoras recebem as águas das sarjetas e dos meios-fios quando estes atingem a sua capacidade hidráulica máxima, estabelecidas no projeto.

É conveniente que haja uma sintonia entre o greide da via e o seu sistema de drenagem, sendo importante para a drenagem que haja rampas longitudinais e transversais para o escoamento das águas e que os pontos baixos do greide coincidam com os bueiros da drenagem dos talvegues naturais.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de drenagem, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno;
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento;
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento;
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto;
- Concreto e argamassa: SOP-ES-OAE 02/18 – Concretos e argamassa;
- Formas (guias): SOP-ES-OAE 05/18 – Formas e cimbres;

- Aço: SOP-ES-OAE 03/18 – Armadura para concreto armado.

O concreto para caixa coletora terá a resistência à compressão mínima fixada pelo projeto. Ele poderá ser preparado no local da obra, em betoneira apropriada, ou recebido pronto para emprego imediato. Em qualquer caso deverá ser obedecida a ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento do concreto).

O concreto para o tubo de concreto armado também terá a sua resistência à compressão fixada pelo projeto. Além da resistência mínima do concreto os tubos deverão obedecer às seguintes normas: ABNT-NBR 9794 (Recebimento de tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais); ABNT-NBR 9795 (Tubo de concreto armado – Determinação de resistência a compressão diametral); ABNT-NBR 9796 (Tubo de concreto – Verificação da permeabilidade).

3 EQUIPAMENTO

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço.

O Equipamento mínimo é o fixado no contrato.

O equipamento para drenagem pluvial urbano é o seguinte:

- Retroescavadeira;
- Caminhão basculante;
- Caminhão com “munck”;
- Pá carregadeira;
- Betoneira (ou Caminhão betoneira);
- Motoniveladora;
- Rolo compactador metálico;

- Placa vibratória;
- Serra elétrica para formas;
- Vibradores de imersão;
- Equipamentos manuais (Pá, Picareta, Maço ou Pilão, Colher de pedreiro, Desempenadeira, etc).

4 EXECUÇÃO

As valas para assentamento de tubos terão declividade mínima de 0,5%. As escavações deverão obedecer às cotas e alinhamentos estabelecidos no projeto. A largura de escavação das valas deve exceder em 60cm a largura dos tubos para permitir a compactação lateral do solo de preenchimento. Caso a tubulação da drenagem pluvial tenha que atravessar a rodovia, os tubos serão assentes sobre um berço semelhante ao berço de bueiros tubulares.

O rejuntamento dos tubos será com argamassa de cimento e areia na proporção de 1:3.

O reaterro será feito após 7 dias do rejuntamento, podendo-se utilizar o material da própria escavação, se for de boa qualidade, devendo ser compactado com equipamento manual em camadas entre 10cm e 15cm, até alcançar uma cobertura de 40cm sobre os tubos, a partir da qual será permitida a compactação mecânica.

As escavações para caixas coletoras deverão obedecer às cotas de projeto, para garantir as declividades de escoamento das águas, devendo ser escavado com excesso de largura para permitir a colocação das formas, a sua retirada e o reaterro compactado das laterais.

A laje superior das caixas coletoras será de concreto armado, com abertura para receber as águas de sarjetas ou meios-fios, abertura com tampa para permitir a inspeção e a limpeza, tudo conforme o projeto. As paredes e o fundo das

caixas coletoras poderão ser de concreto armado ou de concreto simples, conforme estabelecido no projeto.

A resistência a compressão do concreto da caixa coletora será estabelecida pelo projeto.

Os materiais excedentes das escavações devem ser reaproveitados nas obras ou se constituir bota-foras.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

5.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes recomendações, visando a proteção do meio ambiente:

5.1.1 Todo o material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido das proximidades dos dispositivos de drenagem para não os entupir, cuidando-se ainda que estes materiais sejam lançados em locais que não provoquem assoreamentos em talvegues da drenagem natural;

5.1.2 Os talvegues dos bueiros que receber as águas da rede de drenagem pluvial devem ser desobstruídos para garantir o escoamento das águas;

5.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos e veículos por terrenos laterais a rodovia para não destruir desnecessariamente a cobertura vegetal;

5.1.4 Nas áreas de bota-foras de excedentes deverão ser evitados os assoreamentos da drenagem natural;

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 - Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico da drenagem pluvial se fará pela conferência das cotas do fundo de valas do assentamento dos tubos e das cotas do fundo de caixas coletoras, ambas estabelecidas no projeto.

O nivelamento do fundo da vala é feito a cada estaca, espaçadas de 20 metros, após a regularização da vala e o seu apiloamento.

A tolerância máxima das cotas é de ± 2cm, não sendo admitida a inversão de rampa ou declividade nula.

6.2 Controle tecnológico

6.2.1 Concreto das caixas coletoras

Quando o concreto é produzido em betoneira no local da obra, a resistência a compressão de projeto é controlada por ocasião do estabelecimento do traço experimental, calculando-se nesta oportunidade as dimensões das padiolas de agregados, a quantidade de água e cimento, em função do fator água/cimento, que dê a trabalhabilidade apropriada para as dimensões e concretagens das paredes e lajes.

Quando o concreto é recebido pronto, coleta-se amostra a cada caminhão betoneira que chegar à obra para o ensaio de resistência à compressão.

6.2.2 Tubos de concreto armado

O projeto deve fixar a força mínima de fissuração e de ruptura para a resistência a compressão diametral dos tubos de concreto armado. Quando o projeto é omisso, pode-se adotar 30 KN/m para a força mínima de fissuração e 45 KN/m para a força mínima de ruptura.

Para a permeabilidade pode-se verificar pelo ensaio prático de canteiro, que consiste em fixar o tubo em um cimentado, veda-se o anel com argamassa de cimento e areia, enche-se o tubo com água e observa-se por uma hora se ocorre vazamento d'água. Não se registrando vazamento o tubo está aprovado quanto a permeabilidade. Manchas de umidade e gotas aderentes não são consideradas vazamentos.

A todo carregamento de tubos que chegar à obra será exigido o certificado de fábrica atestando a resistência a compressão diametral e a permeabilidade/estanqueidade dos tubos.

Na ausência do certificado de fábrica ou quando houver indícios de má qualidade dos tubos, mesmo com o certificado, faz-se os ensaios de compressão diametral e permeabilidade/estanqueidade (1 tubo de amostra para cada ensaio) a cada 200 tubos que chegar à obra.

O concreto de caixas coletoras e o tubo de concreto armado da drenagem pluvial que não atender as exigências especificadas não poderão ser aceitos, devendo ser demolidos/removidos e substituídos se já tiverem sido executados.

7 MEDIÇÃO

As caixas coletoras possuem alturas variáveis, devendo ser medidas pelos seguintes itens conforme previsão do projeto:

- Volume de escavação, em metros cúbicos;
- Volume de reaterro, em metros cúbicos;
- Volume de concreto, em metros cúbicos;
- Área de formas, em metros quadrados;
- Peso da ferragem, em quilos; e os
- Transportes dos materiais, pelo peso em toneladas.

A rede de tubos será medida pelos seguintes itens, conforme previsão do projeto:

- Volume de escavação das valas, em metros cúbicos;
- Volume de reaterro das valas, em metros cúbicos;
- Extensão de tubos assentados para cada diâmetro, em metros; e o
- Transporte dos tubos, calculando-se o peso de cada tubo pelo produto do seu volume periférico pela densidade de 1t/m³.

8 PAGAMENTO

O pagamento será feito pelos preços unitários contratuais de cada quantitativo medido conforme o item 7, estando incluídos toda mão de obra, ferramentas, equipamentos, encargos e eventuais, escavação, reaterro, compactação, apiloamento, materiais e transportes, execução de juntas necessárias a completa execução dos dispositivos e serviços da drenagem pluvial urbana.

6– ESPECIFICAÇÕES DE OBRAS DE ARTE CORRENTES

1 DEFINIÇÃO

Bueiros são dispositivos utilizados para permitir a passagem de água de um lado para o outro da rodovia.

Esta especificação trata dos procedimentos a serem seguidos na execução de bueiros tubulares de concreto aplicáveis a talvegues (bueiros de grota) ou como bueiros de greide.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de arte correntes, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto e argamassa: SOP-ES-OAE 02/19 – Concretos e argamassas.
- Aço: SOP-ES-OAE 03/19 – Armaduras para concreto armado.
- Formas: (guias): SOP-ES-OAE 05/19 – Formas e cimbres.

O concreto utilizado na fabricação dos tubos deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (fck)min., aos 28 dias de 15MPa. O concreto deverá ser preparado de acordo com o prescrito na norma ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

Os tubos de concreto armado a serem empregados terão armadura simples ou dupla de acordo com o projeto e serão do tipo de encaixe macho e fêmea ou ponta e bolsa, devendo atender às prescrições contidas na NBR 9794 da ABNT – (Tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais). A classe de tubo a empregar deverá ser compatível com a altura de aterro prevista. Os tubos deverão ser rejuntados com argamassa de cimento-areia, traço 1:4.

Nos tubos com armadura simples elíptica é obrigatório a identificação do posicionamento para seu assentamento. No caso dos tubos de concreto simples deverão ser atendidas as prescrições contidas na ABNT-NBR 9793 (Tubos de concreto simples de seção circular para águas pluviais).

3 EXECUÇÃO

As etapas executivas a serem atendidas na construção dos bueiros tubulares de concreto são as seguintes:

1ª) Locação da obra, de acordo com os elementos especificados no projeto. A locação será efetuada com piquetes espaçados de 5m, nivelados de forma a permitir a determinação dos volumes de escavação. Os elementos de projeto (estaca do eixo, esconsidade, comprimentos e cotas) poderão sofrer pequenos ajustamentos de campo. A declividade longitudinal da obra deverá ser contínua;

2ª) Escavação das trincheiras necessárias à moldagem dos berços, a qual poderá ser executada manual ou mecanicamente, devendo ser prevista uma largura superior em 30cm à do berço, para as formas de cada lado;

3ª) Instalação das formas laterais aos berços;

4ª) Execução da porção inferior do berço em alvenaria de pedra argamassada, até se atingir a linha correspondente à geratriz inferior dos tubos;

5ª) Instalação dos tubos sobre a porção inferior do berço, tão logo a alvenaria de pedra argamassada apresente resistência para isto. Se necessário, utilizar guias ou calços de madeira ou de concreto pré-moldado para fixar os tubos na posição correta;

6ª) Complementação das laterais do berço, imediatamente após a instalação dos tubos;

7ª) Retirada das formas laterais ao berço;

8ª) Rejuntamento dos tubos com argamassa de cimento-areia, traço 1:4;

9ª) Execução do reaterro, preferencialmente com o próprio material escavado, desde que seja de boa qualidade. Caso não seja, importar material selecionado. A compactação do material de reaterro deverá ser executada em camadas individuais de no máximo 15cm de espessura, por meio de compactadores manuais, tipos placas vibratórios ou soquetes mecânicos. O equipamento utilizado deverá ser compatível com o espaço previsto no projeto-tipo entre linhas de tubos de bueiros duplos ou triplos. Especial atenção deverá ser dada na compactação junto às paredes dos tubos. O reaterro deverá prosseguir até se atingir uma espessura de 40 cm acima da geratriz superior externa do corpo do bueiro;

10ª) Execução das bocas de montante e jusante. Caso as bocas de montante sejam do tipo caixa coletora de sarjeta (bueiros de greide) ou de talvegue (bueiro de grota), deverão ser atendidos procedimentos executivos previstos na especificação correspondente a estes dispositivos;

11ª) Concluídas as bocas, deverão ser verificadas as condições de canalização a montante e jusante da obra. Todas as erosões encontradas e que possam vir a comprometer o funcionamento da obra deverão ser tratadas com enrocamento de pedra arrumada ou por soluções específicas do projeto. Deverão

ser executadas as necessárias valas de derivação, a jusante, e bacias de captação, a montante, de forma a disciplinar a entrada e saída do fluxo d'água no bueiro.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes condições ambientais;

4.1.1 Todos os materiais excedentes de escavação ou bota-foras deverão ser removidos das proximidades dos dispositivos evitando o seu entupimento, cuidando-se ainda que estes materiais não sejam colocados próximo aos cursos d'água, para evitar o assoreamento;

4.1.2 Nos pontos de deságue dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência, por métodos topográficos correntes, do alinhamento, esconsidade, declividades, comprimentos e cotas dos bueiros executados e respectivas bocas.

As condições de acabamento serão apreciadas, pela fiscalização, em bases visuais.

5.2 Controle tecnológico

O Controle será feito para cada obra executada.

O controle tecnológico da alvenaria de pedra argamassada empregada nos berços e bocas será realizado de acordo com a especificação SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas).

O controle tecnológico dos tubos empregados deverá atender ao prescrito na NBR 9794 da ABNT – (Tubos de concreto armado de seção circular para águas pluviais). Em princípio, serão executados apenas ensaios à compressão diametral, atendendo ao definido na ABNT-NBR 9795 (Tubo de concreto armado – Determinação da resistência a compressão diametral), formando-se amostras de 2 peças para cada lote de no máximo 100 tubos de cada diâmetro utilizado.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;

2ª) As características geométricas previstas tenham sido obedecidas. Em especial, as variações para mais ou menos do diâmetro interno do tubo, em qualquer seção transversal, não devem exceder 1% do diâmetro interno médio;

3ª) A resistência à compressão diametral obtida nos ensaios efetuados seja superior aos valores mínimos especificados na ABNT-NBR 9794 (Tubo de concreto armado de seção circular para águas pluviais), para a classe e diâmetro de tubo considerados.

6 MEDIÇÃO

O corpo dos bueiros tubulares de concreto será medido pelo comprimento em metros lineares, executado de acordo com o projeto.

As bocas dos bueiros serão medidas por unidade executado conforme o projeto.

7 PAGAMENTO

O corpo e bocas dos bueiros tubulares de concreto serão pagos pelos preços contratuais, para as quantidades medidas conforme o item 6 e incluem todas as etapas de execução, bem como mão de obra encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento de todos materiais utilizados, transportes, escavações, reaterros, limpeza, acabamento e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Bueiros são dispositivos utilizados para permitir a passagem d'água de um lado para o outro, da rodovia.

Esta especificação trata dos procedimentos a serem seguidos na execução de bueiros capeados, aplicáveis a talvegues (bueiros de grota) ou como bueiros de greide.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de arte correntes, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto e argamassa: SOP-ES-OAE 02/19 – Concretos e argamassas.
- Aço: SOP-ES-OAE 03/19 – Armaduras para concreto armado.
- Formas: (guias): SOP-ES-OAE 05/19 – Formas e cimbres.

O concreto estrutural para a laje do bueiro capeado, deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (fck)min., aos 28 dias de 15MPa, devendo ser preparado de acordo com o prescrito na norma ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

A pedra de alvenaria a ser empregada nas fundações e elevações de muros e bocas deverá ser resistente e durável, oriunda de granito, gnaisse ou outra rocha sã estável.

O assentamento da pedra em relação as larguras das paredes ou alas deverá deixar pelo menos 3cm para o recobrimento com argamassa.

Para revestimento da calçada, do corpo, das extremidades (bocas) e rejuntamento da alvenaria de pedra será utilizada argamassa de cimento-areia, traço 1:4.

O aço utilizado nas armaduras será de classe CA-50 e CA-60.

3 EXECUÇÃO

As etapas executivas a serem atendidas na construção dos bueiros capeados de concreto são as seguintes:

1ª) Locação

A execução dos bueiros capeados deverá ser precedida da locação da obra, de acordo com os elementos de projeto.

A locação será efetuada mediante a implantação de piquetes a cada 5m e do nivelamento deles, de modo que seja possível a determinação dos volumes de escavação para atingir as cotas do projeto.

Os elementos de projeto, tais como estaca, esconsidade comprimentos e cotas poderão sofrer pequenos ajustamentos nesta fase. A declividade longitudinal da obra deverá ser contínua.

2ª) Escavação

Os serviços de escavação das trincheiras necessárias à execução da obra, poderão ser executadas manual ou mecanicamente, em largura de 50cm superior à do corpo, para cada lado para permitir as formas da estrutura.

Nas situações em que a resistência do terreno de fundação for inferior à tensão admissível sob a obra prevista no projeto, deverá ser indicada solução especial que assegure adequada condição de apoio para a estrutura, como substituição de parte do material do terreno de fundação por material de maior resistência, apoio sobre estacas, lastro de pedras, etc.

3ª) Corpo e Bocas

A execução dos bueiros capeados, com alvenaria de pedra argamassada, será feita segundo três etapas desenvolvidas a partir da parte inferior da obra;

Primeira etapa

Sobre a cava de fundação, serão instaladas as formas laterais da calçada, inclusive as calçadas das bocas e dos muros (elevações). Segue-se a execução da calçada até a cota superior da mesma e 0,20m dos muros.

Segunda etapa

Serão complementadas as formas dos muros e instaladas as das alas das bocas. Segue-se a execução até a cota superior final destes elementos do bueiro.

Terceira etapa

Serão instaladas as formas e as armaduras da laje superior e lançado e vibrado o concreto necessário à complementação do corpo do bueiro capeado. Em seguida executa-se os muros de testa em alvenaria de pedra argamassada.

A execução dos bueiros capeados com alvenaria de pedra argamassada, será desenvolvida a partir da parte inferior da obra, calçadas, muros, alas e martelos. As pedras para alvenaria deverão ser distribuídas de modo que sejam completamente rejuntadas pela argamassa e não possibilitem a formação de vazios. Deverão ficar no mínimo 0,03m afastadas da forma.

4ª) Reaterro

Após concluída a execução do bueiro capeado e decorridos pelos menos 7 dias da concretagem da laje, dever-se-á proceder à operação de reaterro. O material para o reaterro poderá ser o próprio material escavado, se este for de boa qualidade, ou material especialmente selecionado. A compactação deste material deverá ser executada em camadas de no máximo 15cm, por meio de “sapos mecânicos” ou placas vibratórias. Deve-se tomar a precaução de compactar com o máximo cuidado junto às paredes do corpo do bueiro e de levar a compactação sempre ao mesmo nível de cada lado da obra. Esta operação deverá prosseguir até se atingir uma espessura de 40 cm acima da laje superior do corpo do bueiro, salvo para as obras em que seja prevista a atuação direta do tráfego sobre a obra, que só poderá ser liberada após 28 dias da concretagem.

5ª) Acabamento

Concluída a execução do corpo e das bocas, será efetuado o revestimento da laje de fundo do corpo e da soleira, utilizando-se argamassa de cimento-areia, traço 1:4.

Após terminada a obra, todas as erosões existentes a jusante da obra deverá ser preenchida com enrocamento de pedra jogada. As bocas deverão estar completamente desimpedidas de vegetação e outros detritos, e permitir perfeito escoamento às águas de entrada e saída.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes condições ambientais;

4.1.1 Todos os materiais excedentes de escavação ou bota-foras deverão ser removidos das proximidades dos dispositivos evitando o seu entupimento, cuidando-se ainda que estes materiais não sejam colocados próximo aos cursos d'água, para evitar o assoreamento;

4.1.2 Nos pontos de deságue dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

a. Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência, por métodos topográficos correntes, do alinhamento, esconsidade, declividade, dimensões internas, comprimentos e cotas dos bueiros executados e respectivas bocas.

As condições de acabamento serão apreciadas, pela fiscalização, em bases visuais.

b. Controle tecnológico

O controle tecnológico do concreto (fck ≥ 15 MPa) empregado na laje será realizado para cada bueiro pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 5739 (Concreto – Ensaio de compressão a corpos de prova cilíndricos), para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre a resistência à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

As posições e bitolas das armaduras deverão ser conferidas antes da concretagem.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;

2ª) As características geométricas previstas tenham sido obedecidas, não sendo admitidas variações em qualquer dimensão superiores a 5%, para pontos isolados;

3ª) A resistência à compressão simples estimada (fck), do concreto utilizado, definida na NBR 5739 da ABNT para controle assistemático, seja superior à resistência característica especificada.

6 MEDIÇÃO

O corpo dos bueiros capeados será medido em metros lineares pelo comprimento da galeria, executado de acordo com o projeto. As bocas de bueiros serão medidas por unidades executadas de acordo com o projeto.

7 PAGAMENTO

O corpo e bocas dos bueiros capeados serão pagos pelos preços contratuais, para as quantidades medidas conforme o item 6 e incluem todas as etapas de execução bem como, mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento de todos os materiais utilizados, escavação, reaterro, transportes, limpeza, acabamento e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Bueiros são dispositivos utilizados para permitir a passagem de água de um lado para o outro da rodovia.

Esta especificação trata dos procedimentos a serem seguidos na execução de bueiros metálicos montados sob aterros existentes, sem interrupção do tráfego (processo não-destrutivo).

2 MATERIAIS

a) Chapas metálicas corrugadas galvanizadas

Serão utilizadas chapas metálicas corrugadas galvanizadas para os casos em que não sejam previstas condições de utilização agressivas. As chapas serão fornecidas pelo fabricante acompanhadas dos parafusos e porcas necessários à montagem bem como das ferramentas apropriadas.

b) Chapas metálicas corrugadas revestidas com epóxi

A utilização de chapas metálicas corrugadas revestidas com epóxi é indicada para situações em que sejam previstas condições de utilização agressivas, como aquelas prevalentes em regiões litorâneas, regiões urbanas e na condução de esgotos sanitários e/ou despejos industriais. Além das porcas, parafusos e ferramentas necessárias à montagem, o fabricante deverá fornecer pincéis e resina epóxi destinados ao retoque de eventuais pontos em que o revestimento tenha sido danificado durante o transporte ou manuseio das chapas.

c) Material de Enchimento

Para o preenchimento dos espaços vazios existentes entre a face externa das chapas metálicas corrugadas e o solo de aterro será utilizada argamassa fluída constituída de solo argiloso, cimento e água, obedecendo ao seguinte traço aproximado, estabelecido para um misturador com capacidade de 250 litros.

- Cimento: 13 kg
- Água: 20 litros
- Argila peneirada: 250kg

A argamassa assim preparada deverá apresentar uma resistência à compressão simples, aos 28 dias, de no mínimo 1,5MPa.

d) Material vedante

Caso se deseje incrementar a estanqueidade do bueiro metálico deverão ser introduzidas tiras de feltro nas emendas das chapas.

e) Bocas

As bocas de bueiros com tubos metálicos serão de concreto armado, igualmente às bocas de bueiros celulares de concreto, adaptando-se o muro da testa à seção circular do bueiro metálico. O concreto da boca deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência mínima à compressão de 15 MPa, aos 28 dias, devendo ser preparado conforme a norma ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento do concreto).

3 EXECUÇÃO

As etapas executivas a serem atendidas na construção dos bueiros metálicos por processo não-destrutivo são as seguintes:

1ª) Investigação do terreno

Previamente à execução da obra deverão ser efetuadas sondagens à percussão, objetivando a determinação do nível do lençol freático e dos resultados da SPT (Standard Penetration Test). Estes parâmetros se prestarão a orientar a escolha do tipo de escoramento a ser adotado.

2ª) Abertura de poços de ataque

Caso não seja viável o emboque direto, em função das condições locais, deverão ser abertos, em pontos convenientes, poços de ataque de seção circular, escorados com as mesmas chapas metálicas e diâmetro imediatamente superior ao utilizado no corpo do bueiro.

Os poços de ataque revestidos poderão ser aproveitados como poço de visita definitivo, caso julgado necessário.

3ª) Esgotamento

No fundo do poço de ataque, caso necessário, deverão ser escavado um reservatório onde se instalará uma bomba d'água elétrica submersa. O reservatório deverá ficar em cota mais baixa do que a da geratriz inferior do bueiro, recebendo toda a água de infiltração advinda das paredes do poço de ataque e do próprio corpo do bueiro.

Para favorecer o escoamento da água de infiltração, o bueiro deverá ser executado no sentido da jusante para montante.

4ª) Implantação

Tendo sido locado o eixo da obra, será iniciada a escavação manual da frente de ataque, que poderá se dar a partir do próprio talude de aterro ou de um poço de ataque.

A escavação deverá ser feita dentro de um perímetro o mais próximo à circunferência externa do bueiro e com profundidade aproximadamente igual ao comprimento de cada chapa, em geral 46cm.

Imediatamente após a escavação, será executada a montagem do primeiro anel, ajustando-se as chapas e fixando-as uma as outras com os parafusos e porcas específicas.

Para o prosseguimento das operações serão repetidas sucessivamente etapas de escavação e montagem de cada anel.

Em casos excepcionais onde o terreno não exibir resistência, será adotado o processo alternativo a seguir descrito:

Na medida em que for sendo feita a escavação manual da frente de ataque, deve-se cravar no terreno, à frente da escavação, uma aba metálica em forma de abóbada circular. Essa aba metálica terá apoio deslizante sobre uma viga metálica que será suspensa nos flanges do trecho já executado e terá sua ponta solidamente cravada no terreno ainda não escavado.

A aba metálica suportará a abóbada de solo proveniente da escavação até que um novo anel tenha sido montado sob proteção da aba. A partir dessa fase o novo anel já terá condições de substituir a função da aba quando esta for avançada.

O deslocamento da aba para proteger a escavação do anel seguinte é feito cravando-a para a frente com o auxílio de macacos mecânicos que se apoiam

em orelhas convenientemente fixadas nos flanges do bueiro metálico. Essas orelhas vão sendo removidas à medida em que a frente de trabalho vai progredindo. A frente que será escavada terá seu talude escorado por um escudo frontal constituído de chapas metálicas retangulares ou trapezoidais com espessura de 1/4". Estas cobrirão toda a superfície do talude frontal. As chapas devem ser escoradas compressão sobre o terreno por estroncas metálicas apropriadas, extensíveis à custa de dispositivo telescópico e de rosca para aperto final. As estroncas serão apoiadas nos flanges do trecho já montado. Para permitir a escavação da frente, as chapas metálicas que constituem o escudo frontal serão removidas uma de cada vez. Posteriormente, serão montadas novamente, com aperto contra o terreno após a escavação do solo de um comprimento correspondente a um novo anel. Depois que todas as chapas do escudo frontal forem transferidas para a frente, o espaço escavado permitirá a montagem de novo anel. Durante a montagem do novo anel, a câmara de trabalho estará com a frente escorada pelo escudo frontal e o teto da escavação sustentado pela abóbada da aba. Depois de montado o anel, novas séries de operações permitem a montagem dos anéis adjacentes por parafusos e porcas galvanizados de 16 x 32mm ou 16 x 38mm, de acordo com a bitola, que devem ser distribuídos ao longo dos flanges laterais dos anéis. As chapas de cada anel serão emendadas por transpasse de parafusos e porcas das mesmas dimensões, porém com o pescoço quadrado e providos de arruelas de pressão, que mantém o parafuso no furo também quadrado da chapa, para permitir que a porca seja apertada pelo lado interno.

5ª) Vedação

Na eventualidade de se desejar aumentar a estanqueidade do bueiro metálico, deverão ser introduzidas tiras de feltro nas emendas das chapas.

6ª) Enchimento

Os espaços vazios existentes entre a face externa dos anéis metálicos e o terreno natural deverão ser preenchidos a fim de se evitar recalques posteriores. Para tal, deverá ser utilizado o material fluído de enchimento especificado, o qual será injetado através de furos com diâmetro de 1 ½" executados em chapas alternadas. Para a injeção será utilizada bomba de deslocamento positivo, que permita recalcar a massa fluida com pressão de 1 MPa. Opcionalmente, e a exclusivo critério da fiscalização, o enchimento poderá ser feito, após a montagem de cada anel, com a utilização de soquetes de madeira especialmente construídos para este fim.

7ª) Acompanhamento topográfico

A declividade e o alinhamento definidos no projeto serão controlados topograficamente, a cada etapa da montagem.

8ª) Condições especiais

a) Lençol freático

A presença de lençol freático elevado poderá levar à necessidade de soluções especiais para o seu rebaixamento, como a utilização de drenos sub-horizontais.

Estes serviços especiais serão computados separadamente.

b) Solos inconsistentes

Caso ocorram solos de baixa consistência, medidas especiais poderão ser necessárias, como por exemplo injeção de aglutinantes no solo envolvente ao bueiro a executar. O tipo, a quantidade e o processo de injeção serão definidos através de estudos específicos, e considerados separadamente.

c) Revestimento de concreto

O bueiro metálico poderá ser, opcionalmente, revestido de concreto, passando os anéis de aço a servir de forma perdida. O revestimento poderá ser feito com concreto projetado ou com concreto bombeado, neste caso utilizando-se formas metálicas curvas removíveis. Este concreto poderá ser armado ou simplesmente utilizar uma tela de arame para ancoragem. Após o lançamento do concreto ou a desforma do concreto bombeado, a superfície interna receberá ainda um acabamento de pedreiro, de maneira a tornar-se o mais uniforme possível. Este serviço especial, se utilizado, será computado separadamente.

9ª) Bocas

Concluída a montagem dos anéis de chapas metálicas corrugadas, serão executadas as bocas de jusante e montante em concreto. Serão utilizadas as mesmas bocas indicadas para bueiros celulares de concreto. Neste caso, a boca do bueiro celular será adaptada para que o muro de testa se ajuste à seção circular do bueiro metálico.

Em qualquer caso, a extremidade do bueiro metálico será ancorada no concreto pela utilização de 12 (doze) parafusos galvanizados de diâmetro de 3/4", com 6” de comprimento, dispostos a cada 30° (12 x 30° = 360°C) ao longo do perímetro do bueiro.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes condições ambientais;

4.1.1 Todos os materiais excedentes de escavação ou bota-foras deverão ser removidos das proximidades dos dispositivos evitando o seu entupimento, próximo aos cursos d’água, para evitar o assoreamento;

4.1.2 Nos pontos de deságue dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência, por processos topográficos correntes, do alinhamento, esconsidade, declividade, comprimentos e cotas dos bueiros executados e respectivas bocas.

As condições de acabamento serão apreciadas, pela fiscalização, em bases visuais.

5.2 Controle tecnológico

Tendo em vista a esporadicidade deste serviço, o controle tecnológico será realizado para cada bueiro.

O controle tecnológico do concreto utilizado nas bocas será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na ABNT-NBR 5739 (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos), para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;

2ª) As características geométricas previstas tenham sido obedecidas. Em especial, as deformações de estrutura avaliadas por medidas internas não devem ser superiores a 10% do diâmetro do tubo;

3ª) A resistência à compressão simples estimada (fck), do concreto utilizado nas bocas, definidas na NBR 5739 da ABNT para controle assistemático, seja superior à resistência característica especificada.

6 MEDIÇÃO

O corpo incluindo poços de ataque dos bueiros metálicos executados sem interrupção do tráfego serão medidos em metros lineares pelo comprimento da galeria, executado de acordo com o projeto. As bocas dos bueiros serão medidas por unidades executadas. Os volumes de escavação e reaterro serão medidos em separado, expressos em metros cúbicos. Será objeto de medição o transporte do material escavado conforme distância prevista no projeto.

7 PAGAMENTO

7.1 O corpo incluindo poços de ataque e bocas dos bueiros metálicos executados sem interrupção do tráfego, será pago pelo preço contratual, para as quantidades medidas conforme o item 6 e incluem todas as etapas de execução bem como: mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento de todos os materiais utilizados, transportes, limpeza, acabamento e eventuais.

7.2 A escavação, o transporte de material escavado e o reaterro, serão pagos separadamente pelos preços contratuais, para as quantidades medidas conforme o item 6.

1 DEFINIÇÃO

Bueiros são dispositivos utilizados para permitir a passagem d'água de um lado para o outro, da rodovia.

Esta especificação trata dos procedimentos a serem seguidos na execução de bueiros celulares de concreto.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de arte correntes, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto e argamassa: SOP-ES-OAE 02/19 – Concretos e argamassas.
- Aço: SOP-ES-OAE 03/19 – Armaduras para concreto armado.
- Formas: (guias): SOP-ES-OAE 05/19 – Formas e cimbres.

O concreto utilizado no corpo e nas bocas deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (fck)min., aos 28 dias, de 15 MPa, devendo ser preparado de acordo com o prescrito nas normas ABNT-NBR 12.655 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

Para revestimento do concreto da laje de fundo do corpo e de entre-alas será utilizado argamassa de cimento-areia, traço 1:3.

O aço utilizado nas armaduras será de classe CA-50 e CA-60.

3 EXECUÇÃO

As etapas executivas a serem atendidas na construção dos bueiros celulares de concreto são as seguintes:

1ª) Locação

A execução dos bueiros celulares deverá ser precedida da locação da obra, de acordo com os elementos de projeto.

A locação será efetuada mediante a implantação de piquetes a cada 5m e do nivelamento deles, de modo que seja possível a determinação dos volumes de escavação.

Os elementos de projeto, tais como estaca, esconsidade, comprimento e cotas poderão sofrer pequenos ajustamentos nesta fase. A declividade longitudinal da obra deverá ser contínua.

2ª) Escavação

Os serviços de escavação das trincheiras necessárias à execução da obra, poderão ser executados manual ou mecanicamente, em uma largura de 50cm superior à do corpo, para cada lado. Onde houver necessidade de execução de aterros para se atingir a cota de execução do lastro, estes deverão ser executados e compactados em camadas de, no máximo 15cm.

3ª) Lastro

Concluída a escavação das trincheiras, será efetuada a compactação da superfície resultante, e as irregularidades remanescentes serão eliminadas mediante a execução e um lastro de concreto magro, com espessura da ordem de 10cm, aplicado em camada contínua em toda a área abrangida pelo corpo e pela soleira das bocas, mais um excesso lateral de 15cm para cada lado.

Nas situações em que a resistência do terreno de fundação for inferior à tensão admissível sob a obra prevista no projeto, deverá ser indicada solução especial que assegure adequada condição de apoio para a estrutura, como substituição de parte do material do terreno de fundação por material de maior resistência, apoio sobre estacas, lastro de pedras, etc.

4ª) Corpo

A execução do corpo dos bueiros celulares será feita segundo três etapas de concretagem, desenvolvidas a partir da parte inferior da obra:

Primeira etapa de concretagem:

Serão instaladas as armaduras da laje inferior e as formas das laterais, estas para dar apoio às armaduras laterais vinculadas. Segue-se a concretagem da laje de piso, até a cota superior das mísulas inferiores e a consequente vibração do concreto lançado.

Segunda etapa de concretagem:

Serão posicionadas as armaduras das paredes e as formas laterais remanescentes. Segue-se a concretagem das paredes, até a cota inferior das mísulas superiores, e a consequente vibração do concreto lançado.

Terceira etapa de concretagem:

Serão instaladas as formas e as armaduras da laje superior e mísulas superiores, e em seguida lançado e vibrado o concreto necessário à complementação do corpo do bueiro celular.

5ª) Vigas das cabeceiras

Nas extremidades dos bueiros serão executadas as vigas de topo inferior e superior, simultaneamente com a primeira e terceiras etapas de concretagem.

6ª) Juntas de dilatação

Serão executadas juntas de dilatação a intervalos de no máximo 15m. Estas juntas serão executadas interrompendo-se dois “panos” anexos de concretagem, segundo uma transversal à obra, com uma peça de madeirite e uma placa de isopor, cada uma delas com espessura de 1cm. Concretado o 2° “pano” a peça de madeirite e o isopor serão retirados, e a junta será preenchida com mistura de cimento asfáltico e areia, vertida a quente.

Opcionalmente poderá ser executada junta do tipo “fungeband” ou similar, que assegure a estanqueidade da obra.

7ª) Reaterro

Após 7 dias de concluída a execução do corpo do bueiro celular dever-se-á proceder à operação de reaterro. O material para o reaterro poderá ser o próprio material escavado, se este for de boa qualidade, ou material especialmente selecionado. A compactação deste material deverá ser executada em camadas de no máximo 15cm, por meio de sapos mecânicos ou placas vibratórias. Deve-se tomar a precaução de compactar com o máximo cuidado junto às paredes do corpo do bueiro e de levar a compactação sempre ao mesmo nível, de cada lado da obra. Esta operação deverá prosseguir até se atingir uma espessura de 40 cm acima da

laje superior do corpo de bueiro, salvo para as obras em que seja prevista a atuação direta do tráfego sobre a obra, que só poderá ser liberado após 28 dias da concretagem.

8ª) Boca

A confecção das bocas (cabeceiras ou extremidades) dos bueiros celulares será iniciada pela escavação das valas necessárias à execução da viga de topo frontal. Segue-se a instalação das formas necessárias à concretagem desta viga e da própria soleira, a disposição das armaduras, o lançamento e a vibração do concreto. Nesta ocasião, deverão ser ainda posicionadas as armaduras das alas que se ligam à soleira, apoiadas em uma das formas de cada ala.

Posteriormente, serão instaladas as formas e armaduras remanescentes das alas, lançado e vibrado o concreto, concluindo-se a execução da boca.

9ª) Acabamentos

Concluída a execução do corpo e das bocas, será efetuado o revestimento do concreto da laje de fundo do corpo e da soleira, utilizando-se argamassa de cimento-areia, traço 1:3.

Após terminada a obra, todas as erosões existentes a jusante da obra deverá ser preenchida com enrocamento de pedra jogada. As bocas deverão estar completamente desimpedidas de vegetação e outros detritos, e permitir perfeito escoamento às águas de entrada e saída.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

4.1 Durante a construção das obras deverão ser observadas as seguintes recomendações visando a proteção do meio ambiente;

4.1.1 Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser retirado das proximidades dos dispositivos de modo a não provocar entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja levado para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento;

4.1.2 Nas saídas dos bueiros deverão ser executadas obras de proteção, para impedir a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água;

4.1.3 Durante a execução das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo evitar a destruição necessária da vegetação, assim como interferência na drenagem natural;

4.1.4 Nas áreas de bota-fora necessário à realização das valas de saída que se instalam nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam prejudicar o sistema de drenagem superficial.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência, por métodos topográficos correntes, do alinhamento, esconsidade, declividade, dimensões internas, comprimentos e cotas dos bueiros executados e respectivas bocas.

As condições de acabamento serão apreciadas, pela fiscalização em bases visuais.

5.2 Controle tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado no corpo do bueiro e bocas será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na ABNT-NBR 5739 (Concreto –

Ensaio de compressão a corpos de prova cilíndricos), para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

As posições e bitolas das armaduras deverão ser conferidos antes da concretagem.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;

2ª) As características geométricas previstas tenham sido obedecidas, não sendo admitidas variações em qualquer dimensão superiores a 10%, para pontos isolados;

3ª) A resistência à compressão simples estimada (fck)., do concreto utilizado, definida na NBR 5739 da ABNT para controle assistemático, seja superior à resistência característica especificada.

6 MEDIÇÃO

O corpo de bueiros celulares de concreto será medido em metros lineares, pelo comprimento da galeria, executado de acordo com o projeto e inclui o lastro em concreto magro. As bocas dos bueiros serão medidas por unidades executadas e inclui o lastro em concreto magro. Os volumes de escavação e reaterro serão medidos em separado, expresso em metros cúbicos. Não será objeto de medição o transporte do material escavado para execução do lastro.

7 PAGAMENTO

7.1 O corpo e bocas de bueiros celulares de concreto serão pagos pelos preços contratuais para as quantidades medidas conforme o item 6 e incluem todas as etapas de execução bem como: mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento de todos os materiais utilizados, transportes, limpeza, acabamento e eventuais.

7.2 A escavação e reaterro, serão pagos separadamente, pelos preços contratuais para as quantidades medidas conforme o item 6.

1 DEFINIÇÃO

Caixas de ligação ou de passagem são dispositivos utilizados em bueiros ou em rede de drenagem pluvial com a finalidade de se fazer uma deflexão no alinhamento da obra ou se fazer um rebaixamento, ou desnível repentino, da cota de escoamento.

As caixas possuem a laje superior de concreto armado, com tampa para permitir a inspeção e a limpeza, e possuem as paredes e o piso de concreto armado (geralmente com 15cm de espessura e fck = 20 MPa) ou de concreto simples (geralmente com 20cm de espessura e fck = 20MPa), conforme estabelecido no projeto.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações em vigor na SOP-CE para execução de obras de arte correntes, a saber:

- Cimento: DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno.
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água: DNER-EM 34 – Água para concreto.
- Concreto: SOP-ES-OAE 02/19 – Concretos e argamassas.
- Aço: SOP-ES-OAE 03/19 – Armaduras para concreto armado.
- Formas: (guias): SOP-ES-OAE 05/19 – Formas e cimbres.

O concreto utilizado deverá ser dosado experimentalmente para a resistência característica à compressão (fck)min., aos 28 dias, de 20 MPa, ou outra resistência estabelecida pelo projeto.

3 EXECUÇÃO

As etapas de execução das caixas de ligação ou de passagem são as seguintes:

a) Locação e marcação da cota de fundo de escavação

A execução da caixa será precedida da locação e da marcação da cota de fundo de escavação, ambas por processos topográficos, de acordo com os elementos de projeto.

A cota de fundo do projeto poderá sofrer ajuste, em função de particularidades do terreno percebidas após o desmatamento.

b) Escavação

A escavação para execução da caixa se fará por processo manual. As dimensões laterais da escavação deverão superar as dimensões da caixa em 30cm para cada lado, para permitir a colocação das formas e a compactação do solo de reaterro.

c) Sequência executiva para caixa de concreto armado

c.1 – Lastro: concluída a escavação será feita a regularização e o apiloamento do fundo da caixa seguida da execução de um lastro de 10cm em média de concreto magro, na área da caixa, com excesso de 15cm para cada lado.

c.2 – Laje de piso: serão instaladas as armaduras da laje inferior e as formas externas das paredes laterais para dar apoio as armaduras laterais vinculadas. Na sequência faz-se a concretagem da laje de piso.

c.3 – Paredes laterais: serão instaladas as armaduras das paredes laterais e colocadas as formas internas seguidas da concretagem parcial das paredes, deixando-se os últimos 50cm para ser concretado junto com a laje superior.

c.4 – Laje superior: serão instaladas as formas e as armaduras da laje superior, seguido da concretagem desta laje e das paredes remanescentes que estavam incompletas. A instalação de formas, ferragens e a concretagem da tampa são feitas separadamente.

Nas Paredes Laterais deverão ser acoplados os tubos de entrada e de saída das águas, nas suas respectivas cotas, por ocasião da concretagem das paredes.

d) Sequência executiva para caixa de concreto simples.

d.1 – Regularização e apiloamento do fundo da escavação da caixa.

d.2 – Instalação das formas e concretagem da laje do piso.

d.3 – Instalação das formas e concretagem das paredes laterais – não pode haver concretagens de altura de parede superior a 1 (um) metro, devendo o formamento e a concretagem das paredes serem feitos parceladamente, até ficar faltando 50cm para o topo das paredes que abrigarão a ferragem de engastamento da laje superior de concreto armado.

d.4 – Laje superior: serão instaladas as formas e as armaduras da laje superior, seguido da concretagem desta laje e das paredes remanescentes que estavam incompletas. A

instalação das formas, ferragens e a concretagem da tampa são feitas separadamente.

Nas paredes laterais deverão ser acoplados os tubos de entrada e de saída das águas, nas suas respectivas cotas, por ocasião da concretagem das paredes.

e) Reaterro

Após 7 dias de concluída a concretagem da caixa de ligação ou de passagem procede-se a operação de reaterro. Para profundidades superiores a 2 metros de reaterro nas laterais das caixas é recomendado a utilização de areia, adensando-a com água. Para profundidades menores que 2 metros se pode reaterrar com o solo da escavação, se for de boa qualidade, compactando-o com equipamentos manuais.

4 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

4.1 Controle geométrico e de acabamento

a) O controle geométrico consistirá na conferência por processos topográficos correntes das cotas de fundo da caixa e medidas diretas a trena das dimensões projetadas para a caixa.

b) O controle do acabamento da caixa é feito por inspeção visual.

4.2 Controle tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado na caixa de ligação ou de passagem é feito por rompimento de corpos de prova de acordo com o prescrito na ABNT-NBR 5739 (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova

cilíndricos), para controle assistemático aos 7 dias de idade. Para tal deverá ser estabelecida a relação experimental entre as resistências aos 28 dias e 7 dias.

A resistência a compressão mínima aos 28 dias de idade do concreto é de 20 MPa.

A frequência de ensaios é de 1 ensaio por caixa.

4.3 Aceitação

Os serviços serão aceitos quando atendidas as seguintes condições:

a) O acabamento da caixa seja julgado satisfatório;
b) A cota de fundo da caixa não difira da de projeto em mais de 3cm;
c) As dimensões das peças da caixa (largura de paredes, lajes, tampa) não difira das do projeto em mais de 2cm;
d) A resistência à compressão do concreto seja igual ou superior a mínima especificada.

5 MEDIÇÃO

As caixas de ligação ou de passagem serão medidas através dos seguintes itens:

a) Escavação e reaterro

A escavação manual será medida pelo volume efetivamente escavado, em metros cúbicos.

O reaterro manual será medido pelo volume em metros cúbicos descontado o volume da caixa.

Caso haja importação de material para o reaterro, haverá medição para a escavação e carga, em metros cúbicos, e para o transporte do material, em toneladas, na distância indicada no projeto.

b) Forma, ferro e concreto

As formas serão medidas pela área em metros quadrados.

O ferro será medido pelo peso em quilogramas.

O concreto será medido pelo volume em metros cúbicos, conforme previsto no projeto.

O transporte de formas, ferros, cimentos e agregados do concreto será medido pelo peso em toneladas nas respectivas distâncias de transporte indicadas no projeto.

6 PAGAMENTO

A caixa de ligação ou de passagem é paga pelos preços contratuais para as quantidades medidas conforme o item 5, estando neles incluídos todas as etapas de execução bem como: mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento dos materiais utilizados, transportes, limpeza, acabamentos, eventuais e lucro.

DEMOLIÇÃO E REMOÇÃO DE BUEIROS

1 DEFINIÇÃO

Demolição e remoção de bueiros é o serviço de obras de arte correntes que se executa quando é necessário a eliminação de um bueiro, ou a sua substituição, ou a mudança de lugar da obra. Esta especificação se aplica a bueiros tubulares de concreto armado, bueiros capeados, bueiros tubulares metálicos corrugados e bueiros celulares.

Os bueiros tubulares de concreto armado e tubulares metálicos, dependendo do estado de conservação, podem permitir o aproveitamento dos tubos.

2 EXECUÇÃO

A execução do serviço consistirá das seguintes atividades:

1ª) Identificação do tipo de bueiro a ser demolido, a extensão do seu corpo e o tipo de extremidade (boca ou caixa coletora);

2ª) Definição dos locais para onde serão transportados os tubos ou os materiais resultantes das demolições;

3ª) Levantamento topográfico da obra de forma a permitir a determinação dos volumes de escavação e as quantidades do corpo do bueiro e das extremidades;

4ª) Escavação do desmonte do aterro, executada manualmente ou mecanicamente, conforme as condições locais e previsão do projeto. Deverá ser escavada uma largura superior em 30cm à largura da obra existente ou à largura da nova obra;

5ª) Demolição manual das bocas feitas de alvenaria de pedras argamassadas, concreto simples ou ciclópico, com redução do tamanho dos fragmentos para permitir a remoção lateral, sem prejuízo para a drenagem;

6ª) Demolição manual ou com martelete pneumático, conforme previsão do projeto, do concreto armado das bocas e do corpo de bueiros celulares;

7ª) Remoção dos tubos do corpo do bueiro, utilizando processos e ferramentas manuais, devendo ser tomados todos os cuidados para manter a integridade dos tubos, prevendo os futuros aproveitamentos deles;

8ª) Demolição manual do berço ou lastro feito de alvenaria de pedras argamassadas, concreto simples ou ciclópico, quando previsto pelo projeto, com redução do tamanho dos fragmentos para permitir a remoção lateral, sem prejudicar a drenagem;

9ª) Carga, descarga e transporte, através de caminhões, dos tubos e dos materiais oriundos da demolição e remoção do bueiro para os destinos definidos no projeto. Para efeito de transporte o peso do tubo é calculado pelo produto do seu volume periférico pela densidade de 1 t/m³;

10ª) Reaterro do desmonte, após a retirada do bueiro antigo, ou após a construção do novo bueiro, se for previsto, recompactando-se o novo aterro com compactadores manuais e, também, compactação mecânica quando possível.

3 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

A demolição e remoção de bueiros é controlada por inspeção visual da demolição de peças de alvenaria de pedras argamassadas, concretos simples e ciclópicos, concreto armado, pela fragmentação das peças e destinação adequada dos resíduos, conforme o projeto.

Para o corpo de bueiros tubulares, com previsão de aproveitamento dos tubos, o controle se dá pela verificação da integridade dos tubos, e pelo controle da carga, descarga e transporte para o destino indicado no projeto.

O serviço será aceito quando as etapas de execução forem consideradas satisfatórias pela fiscalização.

Quando previsto o reaproveitamento dos tubos os que forem danificados pela construtora não serão objeto de medição.

4 MEDIÇÃO

Os serviços de demolição e remoção de bueiros efetivamente executados satisfatoriamente serão medidos pelos seguintes itens.

a) Escavação do desmonte de aterro, necessária à demolição e remoção de bueiros, inclusive para a implantação de um novo bueiro quando previsto, será medida pelo volume em metros cúbicos, conforme o processo de escavação, se manual ou mecânico, não havendo classificação dos materiais escavados;

b) Demolição (manual) de alvenaria de pedras argamassadas, concreto simples, concreto ciclópico, com fragmentação das peças e remoção lateral, será medida pelo volume em metros cúbicos da peça a ser demolida;

c) Demolição (mecânica) de concreto armado com martelete pneumático, em bueiros celulares, será medida pelo volume em metros cúbicos da peça a ser demolida;

d) Retirada de tubos de concreto armado ou de tubos metálicos corrugados para aproveitamento em nova obra será medida pela extensão em metros lineares, de conformidade com o diâmetro interno característico do tubo;

e) A simples remoção manual de bueiros, sem aproveitamento, dos tipos tubulares ou capeados, será medida pelo comprimento total do corpo + bocas, em metros lineares, estando incluído também o berço de alvenaria de pedras argamassadas;

f) A carga e a descarga de tubos de concreto, feitas por caminhão equipado com guindaste, serão medidas pelo peso em toneladas, resultante do produto do volumem periférico do tubo pela densidade considerada igual a 1 ton/m³;

g) O transporte de tubos e materiais será medido pelo peso em toneladas transportadas conforme previsto no projeto, de acordo com as fórmulas, de distâncias de transportes locais;

h) O reaterro do desmonte será medido pelo volume de material, compactado mecanicamente, com controle, em metros cúbicos, descontado o volume do bueiro novo se houver.

5 PAGAMENTO

A demolição e remoção de bueiros existentes será paga para as quantidades medidas conforme o item 4, pelos preços unitários contratuais, estando incluídas todas as etapas de execução, bem como mão de obra, encargos sociais, equipamentos, ferramentas, materiais, cargas, descargas, transportes, limpeza, remoções, acabamentos, eventuais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Limpeza e desobstrução de bueiros é o serviço de obras de arte correntes que se executa quando há materiais depositados no corpo do bueiro e, também, nas áreas de captação e deságue, obstruindo parcialmente ou totalmente o escoamento das águas.

A limpeza e a desobstrução consistem na remoção desses materiais, deixando o bueiro e o talvegue em perfeitas condições de escoamento.

2 EXECUÇÃO

A limpeza do bueiro diz respeito ao assoreamento de materiais no corpo da obra. A desobstrução é referente ao acúmulo de materiais nas áreas de montante (captação) e de jusante (deságue).

A execução da limpeza e desobstrução consiste nas seguintes etapas:

1ª) Inspeção do bueiro, identificando os locais e as extensões a serem tratados e se há necessidade de levantamentos preliminares para efeito de medição dos volumes de materiais a ser removidos.

2ª) Execução da limpeza e desobstrução do bueiro, compreendendo a remoção de solos, entulhos, vegetação, blocos de rocha, de maneira a deixar o corpo da obra e as áreas de captação e deságue totalmente desimpedidos para o escoamento das águas.

Serão utilizados processos manuais para a limpeza do corpo do bueiro e processos manuais ou mecânicos para a desobstrução das áreas de captação e deságue.

3ª) os materiais serão transportados por carrinhos de mão ou outros equipamentos, para serem depositados próximos ao talvegue, mas de forma a não os deixar voltar a obstruir o talvegue e o bueiro.

O lado de jusante é o mais apropriado para o depósito de materiais retirados.

3 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O controle do serviço se fará por apreciação visual da limpeza do bueiro e desobstrução do talvegue à montante e à jusante e, também, pela observação do local onde foram depositados os materiais, avaliando a possibilidade ou não dos entulhos causarem novas obstruções.

Os serviços serão aceitos quando sua execução for considerada satisfatória pela fiscalização.

4 MEDIÇÃO

A medição dos serviços de limpeza e desobstrução de bueiros será feita pelo volume em metros cúbicos de materiais retirados.

O transporte dos materiais não será objeto de medição.

5 PAGAMENTO

O serviço será pago pelo preço contratual para as quantidades medidas conforme estabelecido no item 4, estando incluído todas as etapas de execução, bem como mão de obra, encargos sociais, equipamentos, ferramentas, materiais, escavações, transportes, limpeza, acabamentos e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Esta especificação de restauração de obras de arte correntes trata de forma abrangente dos serviços empregados usualmente na restauração de corpos e bocas de bueiros tubulares de concreto, bueiros capeados e bueiros celulares de concreto armado que tiveram partes de sua estrutura danificadas.

Os danos mais ocorrentes nos bueiros das rodovias estaduais do Ceará são: ferragens exposta e oxidada em lajes de bueiros capeados, pisos danificados em corpo e bocas de bueiros, elevações de paredes e alas trincadas/quebradas, tubos trincados, bocas de jusante com erosão precisando de recravas (muros de contenção do solo erodido) e necessidade de redutores de velocidade das águas em bueiros de meia encosta.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender as especificações em vigor na SOP-CE para restauração de obras de arte correntes, a saber:

a) Cimento – DNER-EM 36/95 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland e alto forno;

b) Agregado miúdo – DNER-EM 38/97 – Agregado miúdo para concreto de cimento;

c) Agregado graúdo – DNER-EM 37/97 – Agregado graúdo para concreto de cimento;

d) Água – DNER-EM 34/97 – Água para concreto;

e) Concreto e argamassa – SOP-ES-OAE 02/19 – Concretos e argamassas;

f) Formas (guias) – SOP-ES-OAE 05/19 – Formas e cimbres;

g) Alvenaria de pedra argamassada – SOP-ES-OAE 08/19 – Alvenaria de pedra argamassada;

h) Aço – SOP-ES-OAE 03/19 – Armaduras para concreto armado.

O concreto deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência à compressão (fck), aos 28 dias, indicada no projeto de restauração do bueiro.

O preparo do concreto obedecerá a norma ABNT-NBR 12.655/1992 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

A pedra de alvenaria a ser empregada na restauração de bueiros (berços, elevações, alas, pisos e recravas) deverá ser resistente e durável, oriunda de rocha granítica, gnáissica ou outra rocha sã estável.

A argamassa de cimento e areia deverá ser preparada preferencialmente em betoneira, no traço indicado pelo projeto.

3 EXECUÇÃO

A restauração de obras de arte correntes danificadas normalmente obedece a sequência executiva a seguir.

1°) Preparação preliminar das peças a serem restauradas envolvendo a limpeza, remoção de fragmentos instáveis, preparo da superfície através de apicoamentos, jateamentos de ar comprimido, lixamento da ferragem, limpeza com escova de aço, etc.

2°) Após a limpeza de ferragem oxidada, aplicar a pintura de proteção com inibidor migratório de corrosão.

Nota: Na ocorrência de ferragem exposta, esta especificação admite o seu aproveitamento quando, após a limpeza com lixamento, restar um diâmetro maior ou igual a 2/3 do diâmetro original.

3°) Quando o projeto indicar reforço da armação de ferro, de laje ou viga, faz-se furos no concreto para o chumbamento da ferragem de reforço.

4°) Instalação de formas, quando indicadas no projeto.

5°) Concretagem de peças de concreto armado por processos de adensamento por vibração ou concretagem por jateamento com máquinas de concreto projetado.

6°) Execução de reparos em pisos e elevações de pedras argamassadas.

7°) Execução de recravas de jusante, de concreto simples, concreto ciclópico ou de pedras argamassadas para arrimar boca de bueiro desestabilizada por erosões.

8°) Retirada de tubos danificados de concreto armado e assentamento de novos tubos, rejuntando-os. Este serviço é precedido de escavação na plataforma estradal para acessar o corpo do bueiro e, após a substituição dos tubos, posterior recomposição do aterro e do pavimento da rodovia.

9°) Ao final dos serviços, retirada das formas, acabamentos e limpeza da obra.

4 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

4.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico de peças reexecutadas é feito pela medição direta a trena das suas dimensões.

O acabamento da restauração das peças é controlado por inspeção visual.

4.2 Controle tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado será realizado pelo rompimento de corpos de prova a compressão simples, conforme a norma ABNT-NBR 5739/2007 (Concretos – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos).

O controle será por cada bueiro restaurado, devendo a resistência do concreto aos 28 dias ser igual ou superior a resistência mínima exigida pelo projeto.

4.3 Aceitação

O serviço será aceito quando forem atendidas as seguintes condições:

a) As dimensões das peças restauradas e o acabamento forem julgados satisfatórios.
b) A resistência à compressão simples do concreto utilizado seja superior a especificada no projeto.

Os serviços que não atenderem aos controles geométrico, de acabamento e tecnológico não serão aceitos, devendo ser demolidos e refeitos.

5 MEDIÇÃO

Os prováveis serviços de restauração de obras de arte correntes aqui enumerados são medidos pela Tabela da SEINFRA, conforme a seguir:

a) Apicoamento em concreto – preparo da superfície (composição C 0094): medido pela área apicoada, em m²;
b) Limpeza com escova de aço (composição C 3095): medida pela área limpa, em m²;
c) Jateamento de ar comprimido para limpeza de superfícies (composição C 1523): medida pela área jateada, em m²;
d) Jateamento de areia a seco (composição C 1524): medido pela área, em m²;
e) Pintura de proteção com inibidor migratório de corrosão, em 3 demãos (composição C 2980): medido pela área, em m²;
f) Armadura de aço CA-50/CA-60 (composição C 4151): medida pelo peso, em kg;
g) Forma de tábuas de 1” de 3ª para fundações, utilização 5 vezes (composição C 1400): medida pela área de formas, em m²;
h) Concreto adensado por vibração (várias composições): medidos pelo volume, em m³:
i) Concreto projetado – medido na máquina 35 MPa (composição C 3156): medido pelo volume saído da máquina jateadora, em m³;
j) Alvenaria de pedra argamassada, traço 1:4, sem transportes (composição C 0057): medida pelo volume executado, em m³;
l) Argamassa de cimento e areia, sem peneiramento, traço 1:3 (composição C 0170): medida pelo volume aplicado, em m³;
m) Demolição de alvenaria de pedra com remoção lateral (composição C 2992): medido pelo volume da peça demolida, em m³;
n) Escavação mecânica de solo de 1ª categoria com profundidade até 2,00m (composição C 2789): medida pelo volume escavado, em m³;
o) Escavação manual de solo de 1ª categoria com profundidade até 1,50m (composição C 2789): medida pelo volume escavado, em m³;

p) Retirada de tubo de concreto com vários diâmetros (várias composições): medida pela extensão, em m;

q) Aquisição, assentamento e rejuntamento de tubo de concreto armado (várias composições): medido pela extensão de tubos assentados, em m;

r) Pintura com nata de cimento, em duas demãos, para rejuvenescimento aparente de bocas de bueiro (composição C 3098): medida pela área pintada, em m²;

s) Transportes de materiais, medidos em toneladas pelas fórmulas de transportes locais, nas distâncias previstas no projeto.

6 PAGAMENTO

A restauração de obras de arte correntes será paga pelos preços contratuais aplicados a cada quantidade de serviço efetivamente executada e medida conforme o item 5, estando incluídos todas as etapas de execução, mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, materiais, transportes, acabamentos, limpeza e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

A demolição aqui referida abrange dispositivos de concreto simples e de concreto armado.

Esta especificação trata dos procedimentos executivos aplicados à demolição dos dispositivos e também da destinação que deve ser dada aos fragmentos resultantes da demolição.

2 EXECUÇÃO

A execução dos serviços de demolição de dispositivos de concreto envolverá as seguintes etapas:

1ª) Identificação precisa do dispositivo ou da fração de dispositivo a ser demolida;

2ª) Demolição dos dispositivos de concreto mediante emprego de ferramentas manuais (marretas, punções, talhadeiras, pás, picaretas, alavancas, etc), ou mecânicas (martelete pneumático), conforme a previsão do projeto. Os fragmentos resultantes devem ser reduzidos a ponto de tornar possível o seu carregamento, pelo emprego de pás ou outros processos manuais;

3ª) Transporte do material demolido, por intermédio de carrinhos de mão, e disposição em local fora do corpo estradal, de forma a não interferir no processo de escoamento das águas superficiais e se possível não causar aspecto visual desagradável aos usuários da rodovia;

4ª) O material fragmentado será então carregado em caminhões e transportado para os bota-foras previamente indicados pelo projeto, dando-se preferência pelo depósito de resíduos sólidos municipal mais próximo;

5ª) Limpeza da superfície resultante da remoção, pelo emprego de vassouras manuais ou mecânicas.

Nota: Na demolição de dispositivos de concreto deverão ser tomados os cuidados necessários à manutenção da integridade de estruturas anexas;

3 CONTROLE E CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO

O controle do serviço de demolição de dispositivos de concreto se fará por inspeção visual da demolição efetuada, fragmentação das partes e deposição dos resíduos no local indicado pelo projeto, sem causar dano ambiental.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Deverão ser observadas as seguintes recomendações visando a proteção do meio ambiente:

a) Quando o dispositivo a ser demolido for de drenagem da rodovia, deve-se tomar as providências necessárias para se evitar represamentos indesejáveis de água.
b) Os trabalhadores envolvidos diretamente na demolição de concreto e na fragmentação das peças deverão estar protegidos com os equipamentos de proteção individuais (EPI).
c) Os materiais deverão ser depositados de forma a não prejudicar a drenagem, o tráfego de veículos e não haver seu carreamento para cursos d'água.
d) O destino final dos fragmentos da demolição deverá ser o depósito de resíduo sólido municipal mais próximo, visando a sua futura reciclagem.

5 MEDIÇÃO

O serviço de demolição de dispositivos de concreto será medido pelo volume em metros cúbicos da peça ou parte dela efetivamente demolida.

O transporte de caminhão dos resíduos resultantes da demolição até o seu destino final indicado no projeto será medido pelo peso em toneladas, da peça demolida, com base nas fórmulas de transporte local e distância em quilômetros.

6 PAGAMENTO

A demolição de dispositivos de concreto será paga pelos preços contratuais para as quantidades medidas conforme o item 5, e incluem todas as etapas de execução, bem como mão de obra, encargos, equipamentos, ferramentas, transportes e eventuais necessários à completa execução dos serviços.

1 DEFINIÇÃO

Bueiros tubulares corrugados de PEAD (polietileno de alta densidade) com parede estruturada são dispositivos utilizados para permitir a passagem de água de um lado para outro da rodovia, implantados em talvegues (bueiros de grota) ou como bueiros de greide.

2 MATERIAIS

Os tubos e as conexões possuem a superfície interna lisa e possuem a superfície externa não lisa, classificados como do tipo “B” pela norma ABNT-NBR 21.138/2016 (Sistemas de tubulações plásticas para drenagem e esgotos subterrâneos não pressurizados – Sistema de tubos com paredes estruturadas de policloreto de vinila não plastificado – PVC-U, polipropileno – PP e polietileno PE).

Os tubos de PEAD são classificados em relação a sua capacidade mecânica de resistir a deflexões, sem sofrer danos permanentes, como tubos flexíveis que sofrem deformações e dessa forma transferem os efeitos das cargas verticais para o solo de sua envoltória. Sendo assim passam a ter muita importância os tipos de solo e o grau de compactação do solo que envolve os tubos de PEAD.

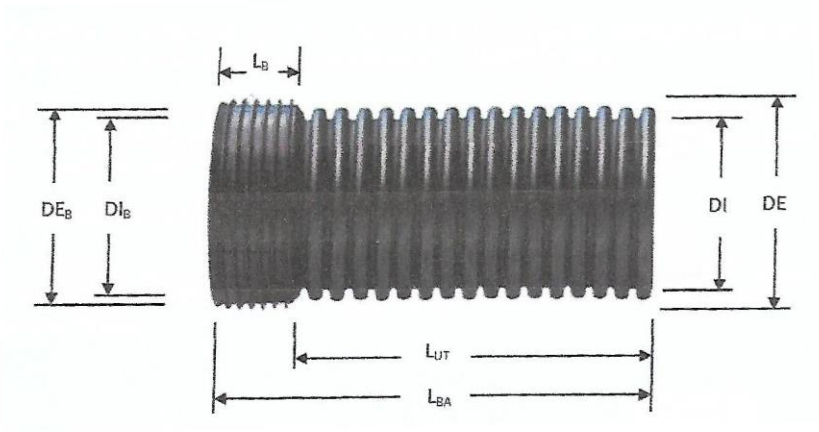
Esta especificação recomenda para a envoltória dos tubos PEAD os solos com diâmetro máximo inferior a 3/4" (Dmax $<$ 3/4"), índice de grupo zero (IG = 0), equivalente de areia inferior a 50% (EA $<$ 50%) compactados com a energia do proctor normal a um grau de compactação de 100% da densidade máxima, na umidade ótima.

A deflexão total dos tubos após a implantação depende de forma mais expressiva da qualidade de execução da obra e, de forma menos expressiva, da rigidez do tubo.

A tabela a seguir indica as características de tubos PEAD disponíveis no mercado para bueiros.

DIÂMETRO NORMAL (mm)	RIGIDEZ (KN/m²)	MEDIDAS DO TUBO		MEMDIDAS DA BOLSA			COMPRIMENTO	
		DE (mm)	DI (mm)	LB (mm)	DE_B (mm)	DI_B (mm)	TOTAL (m)	ÚTIL (m)
800	4	903	792	350	965	905	6,08	5,73
1.000	4	1.141	993	480	1.230	1.150	6,10	5,62
1.200	4	1.387	1.194	400	1.495	1.400	6,11	5,71

Figura 1 – Dimensões do Tubo PEAD



A norma NBR 21.138 citada no item 2, recomenda os seguintes limites de deflexão diametral:

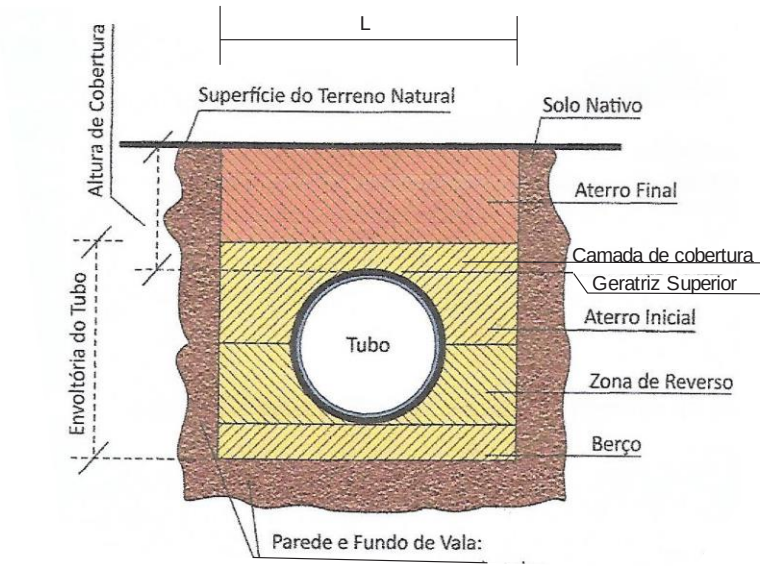
- deflexão média inicial máxima ---------- 8 %
- deflexão média de longo prazo máxima ---------- 10 %

3 EXECUÇÃO

3.1 Definições de elementos construtivos

A figura 2 a seguir ilustra os elementos construtivos de um bueiro tubular corrugado com parede estruturada.

Figura 2 – Elementos construtivos



- Largura mínima do solo da envoltória: L = DE_B + 2C, sendo C a largura necessária para a operação do equipamento compactador;
- Solo nativo: solo do aterro ou solo natural quando o bueiro for implantado numa vala;
- Aterro final: solo do aterro compactado com a energia do proctor normal ou outra energia indicada no projeto;
- Camada de cobertura: feita com material da envoltória – espessura mínima = 15cm;
- Altura de cobertura: mínimo 50cm;
- Envoltória: é o material selecionado compactado adjacente ao tubo que inclui a camada de cobertura, o aterro inicial, a zona de reverso e o berço todas compactadas com a energia do proctor normal;
- Aterro inicial e zona de reverso: são regiões da envoltória que exigem uma execução muita criteriosa para que o conjunto formado pelo tubo e material circundante apresente o desempenho desejado para resistir as cargas;

- Berço: para tubos flexíveis o berço não pode ser rígido. Ele é feito com o mesmo material selecionado da envoltória, com uma espessura mínima de 15cm.

3.2 Sequência executiva

As etapas construtivas são as seguintes:

a) Locação topográfica do bueiro, obedecendo a nota de serviço do projeto. Marcação das profundidades dos cortes e das alturas dos aterros para regularizar o terreno deixando-o nas cotas do fundo do berço. Os elementos de projeto (estaca do eixo, esconsidade, comprimento e cotas) poderão sofrer pequenos ajustamentos de campo. A declividade longitudinal do bueiro deverá ser contínua.

b) Após a regularização do terreno, execução do berço com o material selecionado da envoltória.

c) Assentamento dos tubos de PEAD e execução da zona de reverso e do aterro inicial utilizando o material selecionado da envoltória. Esforço extra será necessário para a colocação e compactação do reaterro na zona de reverso.

d) Execução da camada de cobertura, seguida da execução do aterro final.

O solo da envoltória do bueiro é colocado na umidade ótima de compactação numa praça de trabalho para em seguida ser levado ao local da envoltória pronto para ser compactado.

e) Execução das bocas de montante e de jusante. Caso a boca de montante seja uma caixa coletora de águas de sarjeta, deverão ser atendidos os procedimentos executivos e as especificações correspondentes a este dispositivo.

f) Terminada a execução do bueiro deverão ser verificadas as condições de captação de montante e de deságue de jusante para se executar as escavações e as obras complementares necessárias para não haver assoreamentos e erosões.

4 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Durante a construção das obras deverão ser evitadas as agressões ao meio ambiente. Todos os materiais excedentes de escavações ou bota-foras deverão ser removidos das proximidades da obra evitando o seu entupimento ou assoreamento, dos bueiros ou mesmo do talvegue de montante. Nos locais de deságue deverão ser executadas obras de proteção contra a erosão de jusante e voçoroca.

5 CONTROLES E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico e de acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência por métodos topográficos do alinhamento, esconsidade, declividade, comprimento e cotas. As condições de acabamento das bocas e do corpo do bueiro serão apreciadas em bases visuais.

5.2 Controle tecnológico

Cada lote de tubos flexíveis de PEAD que chegar à obra deverá ser acompanhado do certificado de fábrica contendo as características exigidas pela norma ABNT-NBR 21.138 citada no item 2.

O grau de compactação do solo da envoltória será verificado através de duas determinações de densidade in situ por bueiro, devendo ser atendido o grau

de 100% da densidade máxima obtida no ensaio de compactação do material, na energia do proctor normal. Caso haja suspeição da qualidade do material, da envoltória do bueiro serão realizados os ensaios de granulometria, LL, LP, índice de grupo e equivalente de areia com amostra do material coletado no local do bueiro.

5.3 Aceitação

O serviço será considerado aceito quando for apresentado o certificado de fábrica dos tubos flexíveis PEAD, as características geométricas tenham sido obedecidas, o solo da envoltória tenha sido aprovado tanto nas dimensões das camadas quanto nos resultados dos ensaios geotécnicos realizados.

Os serviços não aprovados serão refeitos com todos os ônus para o construtor.

6 MEDIÇÃO

O corpo do bueiro tubular corrugado de PEAD com parede estruturada será medido pelo comprimento em metros lineares executados de acordo com o projeto.

As bocas ou caixas coletoras das extremidades serão medidas por unidade executada conforme o projeto.

As escavações e reaterros que forem necessários a implantação do bueiro serão medias pelo volume em metros cúbicos efetivamente executados.

7 PAGAMENTO

O bueiro tubular corrugado de PEAD com parede estruturada será pago pelos preços contratuais dos quantitativos medidos conforme o item 6, estando

incluídas todas as etapas de execução, bem como mão de obra, encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento de todos os materiais, acessórios, transportes, escavações, reaterros, limpeza, acabamentos, lucro e eventuais necessários aos serviços.

SOP-CE | SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

Av. Alberto Craveiro, 2775 Térreo | Castelão | Fortaleza/CE
CEP: 60.861-211 | CNPJ: 33.866.288/0001-30
Horário de Atendimento: 08 às 17 Horas
Contato: (85) 3108.2800 / 2801
Disponível no site: www.sop.ce.gov.br

VOLUME 2

ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA SERVIÇOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

Pavimentação

SOP-CE | SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria das Cidades

EXPEDIENTE

Camilo Santana
Governador

Zezinho Albuquerque
Secretário das Cidades

Francisco Quintino Vieira Neto
Superintendente da SOP

Ilo Santiago
Superintendente Adjunto de Rodovias

Celso Lelis
Superintendente Adjunto de Edificações

Walter Batista
Assessor de Controle Interno e Ouvidoria

Mayana Freitas
Assessora Jurídica

Ana Flávia Gomes
Assessoria de Comunicação

Hermano Zenaide Filho
Diretor de Engenharia Rodoviária

Sérgio Azevedo
Diretor de Infraestrutura Rodoviária e Aeroportuária

Aline Cordeiro
Diretora de Projetos de Edificações

Cláudio Brito
Diretor de Engenharia de Edificações

Silvio Campos
Diretor de Articulação Técnica e Obras Especiais

Arnoudo Alves
Diretor de Planejamento e Gestão

3ª EDIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA SERVIÇOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

CRÉDITOS

Gerência
Geólogo Francisco Quirino Rodrigues Ponte
Coordenador do Programa BID

Comissão Fiscalizadora
Engenheiro Civil Galdino Lins Ribeiro
Geológo José Furtado Pinto
Engenheiro Civil Roberto Xavier de Lima
Engenheira Civil Larissa Augusto e Silva

Redação
Engenheiro Civil Hermano Zenaide Filho

Colaboração/Diagramação
Engenheiro Civil Daniel Zenaide
Publicitário Diego Castelo Branco

CAPÍTULOS

VOLUME 1
NOTAS INTRODUTÓRIAS
INSTRUÇÕES GERAIS DE OBRAS
T – TERRAPLENAGEM
D – DRENAGEM
OAC – OBRAS DE ARTE CORRENTES

VOLUME 2
P – PAVIMENTAÇÃO

VOLUME 3
OAE – OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
OC – OBRAS COMPLEMENTARES
S – SINALIZAÇÃO
PCE – PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL
MA – MEIO AMBIENTE
CE – CONTROLE ESTATÍSTICO DE OBRAS E SERVIÇOS

VOLUME 4
ANEXOS

ÍNDICE | VOLUME 2

1 – APRESENTAÇÃO.....4

2 – ESPECIFICAÇÕES DE PAVIMENTAÇÃO.....5
SOP-ES-P 01/19 – Regularização do Subleito.....6
SOP-ES-P 02/19 – Reforço Granular do Subleito.....19
SOP-ES-P 03/19 – Sub-Base Granular.....34
SOP-ES-P 04/19 – Base Granular.....54
SOP-ES-P 05/19 – Base Granular Melhorada com Cimento.....79
SOP-ES-P 06/19 – Acostamento Granular (Base).....101
SOP-ES-P 07/19 – Recomposição da Camada Granular.....117
SOP-ES-P 08/19 – Reciclagem de Base com Incorporação do Revestimento.....127
SOP-ES-P 09/19 – Imprimação.....145
SOP-ES-P 10/19 – Pintura de Ligação.....153
SOP-ES-P 11/19 – Tratamento Superficial Simples.....160
SOP-ES-P 12/19 – Tratamento Superficial Duplo.....184
SOP-ES-P 13/19 – Concreto Asfáltico.....210
SOP-ES-P 14/19 – Pré-Misturado a Quente.....240
SOP-ES-P 15/19 – Areia Asfalto Usinada a Quente.....269
SOP-ES-P 16/19 – Pré-Misturado a Frio.....293
SOP-ES-P 17/19 – Pré-Misturado Tipo Macadame (a Quente e a Frio).....321
SOP-ES-P 18/19 – Lama Asfáltica.....343
SOP-ES-P 19/19 – Micro Revestimento Asfáltico a Frio.....358
SOP-ES-P 20/19 – Reciclagem de Revestimento Asfáltico no Local.....372
SOP-ES-P 21/19 – Reciclagem de Revestimento Asfáltico em Usina Fixa.....379
SOP-ES-P 22/19 – Fresagem a Frio de Revestimento.....387
SOP-ES-P 23/19 – Calçamentos.....392
SOP-ES-P 24/19 – Base de Solo Cimento.....410
SOP-ES-P 25/19 – Revestimento de Blocos Intertravados.....427

APRESENTAÇÃO

Com o objetivo de atualizar e aprimorar a tecnologia rodoviária no Estado do Ceará, a Superintendência de Obras Públicas (SOP-CE) tem a satisfação de apresentar esta 3ª Edição das Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias, que foram revistas, atualizadas e complementadas a partir da 2ª edição publicada no ano de 2000.

O trabalho de revisão, atualização e complementação das especificações gerais teve início no antigo Departamento Estadual de Rodovias (DER-CE), como parte do Programa Viário de Integração e Logística – Ceará IV, implementado pelo Governo Estadual através do Empréstimo 3395/OC – BR, firmado com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) no ano de 2019, na gestão do Engenheiro José Sérgio Fontenele de Azevedo, e foi concluído e editado pela Superintendência de Obras Públicas, que incorporou e sucedeu ao DER-CE.

A revisão das especificações foi realizada por uma equipe de alto nível, composta por engenheiros servidores do Estado, de consultoras e de construtoras, através do contrato nº 060/2018, firmado entre SOP-CE/DER-CE e a Consultora de Engenharia HMD Ltda. Os trabalhos foram gerenciados pelo Geólogo Francisco Quirino Rodrigues Ponte, coordenador do Programa BID, tendo como comissão fiscalizadora os servidores públicos Engenheiro Civil Galdino Lins Ribeiro, o Geológo José Furtado Pinto e o Engenheiro Civil Roberto Xavier de Lima. A Engenheira Civil Larissa Augusto e Silva também prestou valorosa e determinante contribuição para a elaboração deste documento.

Apresentam-se neste Volume 2 as Especificações de Pavimentação.

Eng° Civil Francisco Quintino Vieira Neto
Superintendente da SOP/CE

2 – ESPECIFICAÇÕES DE PAVIMENTAÇÃO

1 DEFINIÇÃO

A regularização do subleito é o serviço executado na camada superior de terraplenagem destinado a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, de modo a torná-lo compatível com as exigências geométricas do projeto. Esse serviço consta essencialmente de cortes e/ou aterros até 0,20m, de escarificação e compactação de modo a garantir uma densificação adequada e homogênea nos 0,20m superiores do subleito.

2 MATERIAIS

Os materiais empregados na regularização do subleito serão, em princípio, os correspondentes aos da camada superior da terraplenagem. Quando for necessária a adição de materiais, estes materiais deverão vir de ocorrências previamente estudadas. Em qualquer caso, os materiais deverão obedecer aos seguintes limites:

- Diâmetro máximo de partícula igual ou inferior a 50,8mm (2”).
- CBR (índice de suporte Califórnia) para energia do proctor normal – DNIT 172/16-ME, (Solos – Determinação do ISC utilizando amostras não trabalhadas), ou a estabelecida em projeto, igual ou superior ao do material considerado no dimensionamento do pavimento (CBR de projeto), não podendo ser inferior a 5%.
- Expansão, medida no ensaio de índice de suporte Califórnia (CBR) para energia do proctor normal ou a estabelecida em projeto, inferior ou igual a 2,0%.

3 EQUIPAMENTOS

3.1 Descrição

a) Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

b) A motoniveladora para escarificar, destorroar, misturar e homogeneizar massas, cuja espessura após a compactação possa atingir pelo menos a 0,20m, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências dessa especificação.

c) A grade de discos, rebocada por trator de pneus, capaz de complementar os trabalhos de destorroamento, mistura e homogeneização do teor de água iniciados pela motoniveladora. Poderão ser usados dispositivos tipo pulvi-mixer.

d) Os caminhões distribuidores de água deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

e) Poderão ser de um modo geral, usados isoladamente ou em combinação os três seguintes tipos de rolos compactadores:

- Rolo pé de carneiro (pata curta) vibratório, autopropulsor ou rebocável por trator de pneus, com controle de frequência de vibração, mais indicado para solos coesivos.
- Rolo liso vibratório autopropulsor, ou rebocável por trator de pneus, com controle de frequência de vibração, mais indicados para solos com pequena coesão.
- Rolo pneumático autopropulsor, com pressão fixa ou variável (35 a 120 psi de 0,25 a 0,84 MPa), mais indicado para a operação de acabamento.
- Outros rolos especialmente aprovados pela fiscalização.

4 EXECUÇÃO

A execução de regularização do subleito envolve basicamente as seguintes operações:

- Escarificação e espalhamento dos materiais;
- Destorroamento e homogeneização dos materiais secos;
- Umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade;

- Compactação;
- Acabamento;
- Liberação ao tráfego.

4.1 Escarificação e espalhamento dos materiais

Após a marcação topográfica da regularização, proceder-se-á a escarificação, até 0,20m abaixo da cota de projeto, e o espalhamento do material escarificado até a cota estabelecida para o material solto, de modo que após a compactação e o acabamento atinja a cota de projeto.

Caso seja necessária a importação de materiais, eles serão lançados após a escarificação e espalhamento do material existente na pista, efetuando-se então uma nova operação de espalhamento. As raízes e materiais pétreos com Ø > 50,8mm porventura existentes serão removidos.

Caso seja necessário bota-fora, o mesmo poderá ser feito lançando-se o excesso nos taludes de aterros ou nos pontos de passagem, sem prejuízo à drenagem e às obras de arte.

A escarificação e o espalhamento serão feitos usando respectivamente o escarificador e a lâmina da motoniveladora.

4.2 Destorroamento e homogeneização dos materiais secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até visualmente não se distinguir heterogeneidades. Nessa fase será completada a remoção de raízes, materiais pétreos com Ø > 50,8mm e outros materiais estranhos.

4.3 Umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade

Para atingir-se a faixa de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques (para umedecimento), motoniveladora e grade de disco. A faixa de umidade de compactação (hc) terá como limites (hot - 1,5) % e (hot + 1,5) % onde a umidade ótima (h_{ot}) é a obtida numa curva de compactação com amostras não trabalhadas colhidas para cada segmento aparentemente uniforme de material já homogeneizado a seco, com extensão máxima de 200m, como indicado no item 6.2.1.

4.4 Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com o rolo pé-de-carneiro vibratório (com controle de frequência de vibração) de pata-curta. Eventualmente os lisos vibratórios e os pneumáticos autopropulsores para solos muito arenosos e para acabamento.

Algumas vezes, como no caso de solos homogêneos em extensões razoáveis, poderá ser vantajoso obter a relação entre o número necessário de coberturas (passadas num mesmo ponto) e o grau de compactação - GC de modo a se poder atingir o GC especificado.

A compactação da regularização do subleito é referida ao proctor normal DNIT-164/2013 ME (Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método A), ou a estabelecida em projeto.

4.5 Acabamento

A operação de acabamento envolve rolos compactadores e motoniveladoras que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da superfície. Só é permitida a conformação geométrica por corte.

As pequenas depressões e saliências, resultantes do acabamento com uso de rolos pé-de-carneiro (pata curta) vibratórios autopropulsores, ou rebocáveis, não são problemas à superfície acabada.

4.6 Liberação ao tráfego

Após a verificação e aceitação do segmento pelos controles tecnológico e geométrico o mesmo pode ser entregue ao tráfego ou imediatamente recoberto com a camada sobrejacente.

O intervalo de tempo em que a regularização do subleito pode ficar exposta ao tráfego antes do lançamento da camada sobrejacente é função de várias variáveis, tais como:

- Características físicas e suporte do material;
- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques;
- Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento pode danificar rapidamente a camada;
- Intensidade do tráfego.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

5.1 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar a destruição desnecessária da vegetação, assim como interferência na drenagem.

5.2 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas e tratadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou de combustível não sejam levados até cursos d’agua. Esta especificação é complementada pelo DER-ISA-07/99 – Orientações ambientais para operação de máquinas e equipamentos.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle dos materiais

A condição essencial é que os materiais empregados na camada de regularização do subleito tenham características geotécnicas satisfazendo a esta especificação e às especificações complementares e particulares do projeto.

A camada de regularização do subleito é feita com o material final do greide de terraplenagem que poderá ser o material do topo de um aterro ou do fundo de um corte ou mesmo um solo do terreno natural, no caso de um greide colado.

O controle de materiais pode ser necessário antes da execução da regularização do subleito para conferência das características geotécnicas do solo, fazendo-se a coleta das amostras na camada superior da terraplenagem.

6.1.1 Controle do índice de suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR)

A cada no máximo 300m de pista, se coleta amostra em quantidade suficiente para se fazer o ensaio de compactação (DNIT-164/13 – ME), energia do proctor normal ou outra indicada no projeto, para se estabelecer a umidade ótima e a densidade máxima, seguido do ensaio de CBR/expansão (DNER – ME – 049/94).

O material estará aprovado (AP) quando ocorrer as seguintes inequações:

- CBRmin $\geq$ CBR do projeto que serviu de base para o dimensionamento do pavimento, não podendo ser inferior a 5%.
- Expansão max. $\leq$ 2%

Caso essas condições não ocorram, o material da última camada de terraplenagem deverá ser substituído ou se fazer novo dimensionamento do pavimento.

6.2 Controle de execução

A condição essencial para garantir uma boa execução é que o material da regularização do subleito atenda as exigências do projeto e que o grau de compactação – GC atinja o mínimo especificado.

É através do controle de execução que se fará a aceitação ou rejeição da regularização do subleito, devendo os ensaios serem realizados com amostras coletadas na pista.

6.2.1 Controle do diâmetro máximo do solo

O controle da catação de partículas superiores a 50,8mm (2”) se fará visualmente ou com auxílio de peneira com malha de 2”, por ocasião do destorroamento, homogeneização dos materiais secos, umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade e sempre antes da compactação.

6.2.2 Determinação da umidade ótima de compactação – hot e da massa específica aparente seca máxima – Ds,max

Será feita através do ensaio de compactação (DNIT – 164/2013 – ME) com a energia do proctor normal ou a estabelecida no projeto, as umidades sendo determinadas com o speedy (DNER-ME 52/94) ou com o álcool (DNER-ME 88/94), com amostras coletadas na pista, logo após o destorroamento e homogeneização dos materiais, frequência em função da homogeneidade dos materiais, não devendo ultrapassar 300m de extensão de pista. Devido a urgência dos resultados, o ensaio de compactação pode ser executado no local do serviço, sendo necessário se dispor de uma “base” para a confecção do corpo de prova e de “proteção contra o vento” para a balança, além do speedy.

6.2.3 Controle do teor de umidade da compactação (hc)

De posse da umidade ótima do solo, no decorrer da operação da homogeneização da umidade de compactação, se faz o controle de umidade de

compactação, com o speedy, numa frequência mínima de 2 determinações de umidade para cada 100m de extensão trabalhada.

A umidade de compactação estará aprovada quando estiver no intervalo (hot – 1,5) % a (hot + 1,5) %.

6.2.4 Controle do índice suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR)

Após a homogeneização da umidade ótima será coletada amostra e levada em saco plástico para o laboratório onde serão moldados os corpos de prova para a realização do ensaio de CBR/expansão.

A energia de compactação é a do proctor normal ou a indicada no projeto.

A frequência da coleta das amostras e realização dos ensaios é de no máximo a cada 300m de pista.

A camada de regularização do subleito estará aprovada com relação ao CBR e expansão do material quando:

CBRmin $\geq$ CBR do projeto

Expansão max $\leq$ 2%

6.2.5 Controle do grau de compactação – GC

O grau de compactação é a relação percentual entre a massa específica aparente seca da camada (Ds) in situ e a massa específica aparente seca máxima (Ds,max).

$$GC = \frac{Ds}{Ds\,max} \times 100$$

Onde: Ds – é obtida “in situ” (DNER-ME 92/94), frasco de areia, speedy ou álcool;

Ds,max – é obtida conforme 6.2.2

A frequência do ensaio de densidade in situ é a cada 100m de pista, na seguinte ordem: bordo direito – eixo – bordo esquerdo – bordo direito, etc., com os ensaios sendo realizados a 0,40m do bordo da camada.

Uma extensão de regularização do subleito será considerada aprovada (AP) quando em todos os seus pontos ensaiados tenha-se:

$$GC \geq 100\%$$

Em caso contrário a extensão de regularização do subleito é considerada não aprovada (NAP), não sendo liberada a execução da camada sobrejacente.

Neste caso o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a desaprovação, deverá ocorrer a escarificação e repetição das etapas de construção, na extensão de influência dos ensaios não aprovados, para se proceder a novas determinações do grau de compactação.

A homogeneização do grau de compactação (GC) a cada conjunto de N $\geq$ 9 ensaios é definida pelo seu desvio padrão (s), sendo homogênea quando:

$$s = \sqrt{(Xi - \overline{X})^2 / n - 1} \leq 1,6$$

A ocorrência de desvio padrão do GC superior a 1,6 é um indicativo de má execução da compactação, devendo o engenheiro fiscal juntamente com a construtora proceder a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução utilizada, tomando as medidas cabíveis.

6.2.6 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores fora do intervalo $\bar{D} \pm Z.s$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso, sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas.

Estas causas poderão estar na camada de regularização do subleito, no corpo do aterro ou fundo de corte, tais como a existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou de baixa compacidade.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = Deflexão a 25cm do ponto de prova.

Do = Deflexão no ponto de prova

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e, também, o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

6.2.7 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados acompanhados das observações pertinentes ao desempenho dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

O registro tecnológico é muito importante para o gerenciamento do pavimento assim como para comparar os resultados obtidos no campo com os obtidos no projeto.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de cotas

Após a execução da regularização do subleito, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo e dos bordos da pista de rolamento e da plataforma (cinco pontos por estaca) para a determinação das cotas de execução que deverão ser comparadas com as cotas de projeto.

No caso de rodovia com mais de duas faixas de tráfego, o controle de cotas da regularização do subleito será feito nos bordos de cada faixa de tráfego.

Não será tolerado nenhum valor individual de cota fora do intervalo (C - 3,5) cm e (C + 2,0) cm, sendo C a cota do projeto para o ponto considerado. O serviço "não aprovado" (NAP) será refeito.

7.2 Controle da largura e da flecha de abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

a) A largura da plataforma, com trena;
b) A flecha de abaulamento, utilizando-se para tal o nivelamento feito para o controle de cotas.

O "serviço será aceito" – (AP), quanto à largura e à flecha de abaulamento do projeto, se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias não forem ultrapassados.

- ± 0,10m quanto à largura
- Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

O serviço "não aprovado" (NAP) será refeito.

8 MEDIÇÃO

Será feita pela a área em metros quadrados de plataforma concluída, obedecendo à seção transversal de projeto.

Este serviço não será medido em obras de implantação e/ou melhoramentos com terraplenagem de espessura superior a 0,20 m, pois já está incluso no respectivo serviço de terraplenagem.

Havendo necessidade de adição de material ou corte, esses serviços deverão integrar o projeto de terraplenagem.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais, em conformidade com a medição referida no item anterior.

Estão incluídos no preço unitário todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais bem como a indenização de materiais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Reforço granular do subleito (RGS) – É a camada do pavimento situada imediatamente abaixo da camada de sub-base, usualmente constituída de um único tipo de solo, que obtêm a necessária estabilidade para cumprir sua função apenas devido a uma conveniente compactação, sem necessidade de nenhum aditivo para lhe conferir coesão. Se houver mistura com outro solo (areia é um solo) o RGS passa a seguir a especificação para sub-base granular (SOP-ES-P 03/19), exceto quanto às exigências para os materiais.

2 MATERIAIS

Os solos empregados em RGS devem apresentar as seguintes características:

- Diâmetro máximo de 50,8mm.
- CBR DNIT 172/2016-ME (Solos – Determinação do índice suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas), com a energia do proctor intermediário (ou outra especificada no projeto). superior ao CBR do subleito, conforme estabelecido no projeto.
- Expansão medida no ensaio CBR não deve ser superior a 1,0%.

3 EQUIPAMENTOS

3.1 Descrição

a) Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

b) A motoniveladora deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cujas espessuras após a compactação possam atingir pelo menos 0,22m, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências das especificações.

c) grade de discos, rebocada por trator de pneus deve ser capaz de complementar os trabalhos de destorroamento, eventual mistura e homogeneização do teor de água iniciados pela motoniveladora. Poderão também ser usados dispositivos tipo pulvi-mixer.

d) Os caminhões distribuidores d'água deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

e) Poderão ser usados isoladamente ou em combinação os seguintes tipos de rolos compactadores:

- Rolo liso vibratório autopropulsor, com controle de frequência de vibração compatível com os tipos de materiais a compactar, geralmente os menos argilosos;
- Rolo pé-de-carneiro vibratório autopropulsor ou rebocável, com controle de frequência de vibração compatível com os tipos de materiais a compactar, geralmente os mais argilosos.

O Rolo pneumático autopropulsor com pressão fixa ou variável (35 a 120 psi ou 0,25 a 0,84 MPa) é usual para acabamento. Outros tipos podem ser usados quando aceitos pela fiscalização.

4 EXECUÇÃO

A execução de reforço granular do subleito envolve basicamente as seguintes operações.

- Espalhamento;
- Homogeneização dos materiais secos;
- Umedecimento (ou aeração);
- Compactação;
- Acabamento;
- Liberação ao tráfego

Nota: no caso de mistura de dois ou mais componentes seguir-se-á o que preconiza a SOP-ES-P 03/19 (sub-base granular) na parte de execução.

4.1 Espalhamento dos materiais

O espalhamento dos materiais depositados na plataforma se fará com motoniveladora. O material será espalhado de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderão ser confeccionadas camadas com espessuras compactadas superiores a 0,22m nem inferiores a 0,10m. Quando houver necessidade de executar camada de reforço com espessura final superior a 0,22m, estas serão subdivididas em camadas parciais.

4.2 Homogeneização dos materiais secos

Os materiais espalhados serão homogeneizados com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que visualmente não se distinga heterogeneidades. Nessa fase serão retirados os materiais estranhos (blocos de pedra, raízes, etc.). A pulverização do material é fundamental.

4.3 Umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade

Para atingir-se a faixa do teor de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques para umedecimento, motoniveladora e grade de discos para homogeneização da umidade e uma possível aeração. A faixa de umidade para compactação terá como limites (hot – 1,5) % e (hot + 1,5) % onde hot - umidade ótima é aquela indicada no projeto. Caso se tenha dúvidas sobre a hot de projeto a hot será obtida, juntamente com a Ds,máx - massa específica aparente seca máxima como indicado no item 6.2.3 adiante.

É muito importante uma perfeita homogeneização da umidade para uma boa compactação.

4.4 Compactação

A compactação deve ser executada com rolo pé-de-carneiro vibratório isoladamente e/ou combinado com rolo liso vibratório, podendo-se usar no acabamento rolo pneumático. A energia de compactação é a do proctor intermediário – 26 golpes (DNIT 164/2013-ME - Método B) ou outra indicada no projeto.

Poderá ser vantajoso obter-se uma relação na pista entre o número de coberturas do rolo versus o grau de compactação para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto), para atingir o grau de compactação especificado.

4.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com motoniveladora e rolos compactadores usuais, principalmente o rolo pneumático, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma de acordo com o projeto.

Só é permitida a conformação geométrica por corte.

4.6 Liberação ao tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo trabalhado, de acordo com os controles tecnológico e geométrico, o mesmo poderá ser entregue ao tráfego usuário.

O intervalo de tempo que um reforço granular do subleito pode ficar exposto ao tráfego usuário é função de várias variáveis, tais como:

- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques.
- Coesão do material.

– Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento podem danificar rapidamente a camada.

– Intensidade do tráfego.

Em princípio, é vantajoso expor o reforço granular do subleito ao tráfego usuário durante o maior tempo possível, quando se tem a oportunidade de aumentar seu “grau de compactação” e de se observar seus defeitos.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando a proteção do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas a execução da camada de reforço do subleito são:

5.1 Na exploração de jazidas:

5.1.1 O desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;

5.1.2 Não é permitida a queima da vegetação removida;

5.1.3 Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola, bem como é proibido em reservas florestais, ecológicas ou de preservação cultural, ou mesmo nas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;

5.1.4 As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser recuperadas com suavização de taludes, reconformação ou regularização da área de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser executada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito. Deverão seguir as recomendações prescritas na SOP-ES-T 05/19 (Empréstimos) e DER-ISA-

05/96 – Orientações ambientais para instalação e operação de jazidas e caixas de empréstimos.

5.1.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da SOP-ES-T 02/19 (Caminhos de serviço).

5.2 Na execução:

5.2.1 Os cuidados para proteção ambiental se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

5.2.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação.

5.2.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou de combustíveis, não sejam levados até os cursos d'agua.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

A condição essencial é que os materiais empregados no reforço granular do subleito tenham características satisfazendo a esta especificação e às especificações complementares e particulares adotadas no projeto.

O controle de materiais pode ser necessário antes da execução do reforço granular do subleito, fazendo-se a conferência das características geotécnicas dos materiais coletados nas jazidas indicadas no projeto.

6.1.1 Controle do índice de suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR).

Em cada jazida de solo e na profundidade indicada no projeto, são coletadas amostras de solos em quantidade suficiente para se fazer o ensaio

de compactação (DNIT-164/13 – ME), energia do proctor intermediário ou a indicada no projeto, para se estabelecer a umidade ótima e a densidade máxima, seguido do ensaio de CBR/expansão (DNIT 172/2016-ME).

O material da jazida estará aprovado (AP) quando forem satisfeitas as seguintes inequações:

CBRmin ≥ CBR do subleito, conforme estabelecido no projeto;

Expansão max. ≤ 1%.

Caso essas condições não ocorram, a jazida deverá ser substituída no todo ou em parte, caso haja áreas aproveitáveis.

6.2 Controle de execução

A condição essencial para garantir uma boa execução é que os materiais do reforço do subleito atendam as exigências do projeto e que o grau de compactação (GC) atinja o mínimo especificado.

É através do controle de execução que se fará a aceitação ou rejeição da camada de reforço do subleito, devendo os ensaios serem realizados com amostras coletadas na pista.

6.2.1 Exploração de jazidas de solos

As jazidas de solos serão exploradas observando-se a orientação do projeto. Como o estudo de jazidas traz consigo uma imprecisão inerente quanto aos limites do veio de materiais de boa qualidade, cabe ao construtor os cuidados na exploração para não ultrapassar esses limites.

Nesta fase de execução a qualidade dos materiais de jazidas de solos será controlada e conferida por coletas feitas na pista.

.

6.2.2 Controle do diâmetro máximo do solo

O controle de partículas superiores a 50,8mm (2”) se fará visualmente ou com auxílio de peneira com malha de 2”, durante o destorroamento, homogeneização dos materiais secos, umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade e sempre antes da compactação.

6.2.3 Determinação da umidade ótima de compactação – hot e da massa específica aparente seca máxima – Ds, max.

Será feita através do ensaio de compactação (DNIT – 164/2013 – ME) com a energia do proctor intermediário ou a estabelecida no projeto, as umidades sendo determinadas com o speedy (DNER-ME 52/94) ou com o álcool (DNER-ME 88/94), com amostras coletadas na pista, logo após o destorroamento e homogeneização dos materiais. A frequência será definida em função da homogeneidade dos materiais, não devendo ultrapassar 300m de extensão de pista.

Devido a urgência dos resultados, o ensaio de compactação pode ser executado no local do serviço, sendo necessário se dispor de uma “base” para a confecção dos corpos de prova e de “proteção contra o vento” para a balança, além do speedy.

6.2.4 Controle do teor de umidade da compactação (hc).

De posse da umidade ótima do solo, no decorrer da operação da homogeneização se faz o controle de umidade de compactação com o speedy. A frequência mínima é de 2 determinações de umidade para cada 100m de extensão trabalhada.

A umidade de compactação estará aprovada quando estiver no intervalo (hot – 1,5) % a (hot + 1,5) %.

6.2.5 Controle do índice suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR)

Após a homogeneização da umidade ótima será coletada amostra e levada em saco plástico para o laboratório onde serão moldados os CP para a realização do ensaio de CBR/expansão.

A energia de compactação é a do proctor intermediário ou a indicada no projeto.

A frequência da coleta das amostras e realização dos ensaios é de no máximo a cada 300m de pista.

A camada de reforço do subleito estará aprovada com relação ao CBR e expansão do material quando:

CBRmin. $\geq$ CBR do subleito, conforme o projeto.

Expansão máx. $\leq$ 1%.

6.2.6 Controle do grau de compactação – GC

O grau de compactação é a relação percentual entre a massa específica aparente seca da camada (Ds) in situ e a massa específica aparente seca máxima (Ds,max).

$$GC = \frac{Ds}{Ds\,max} \times 100$$

Onde: Ds – é obtida “in situ” (DNER-ME 92/94), frasco de areia, speedy ou álcool;

Ds,max – é obtida conforme 6.2.3

A frequência do ensaio de densidade In Situ é a cada 100m de pista, na seguinte ordem: bordo direito – eixo – bordo esquerdo – bordo direito, etc, com os ensaios sendo realizados a 0,40m do bordo da camada.

Uma extensão de reforço do subleito será considerada aprovada (AP) quando em todos os seus pontos ensaiados tenha-se:

$$GC \geq 100\%$$

Em caso contrário a extensão de reforço do subleito é considerada não aprovada (NAP), não sendo liberada a execução da camada sobrejacente.

Neste caso o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a desaprovação, deverá ocorrer a escarificação e repetição das etapas de construção, na extensão de influência dos ensaios não aprovados, para se proceder a novas determinações do grau de compactação.

A homogeneização do grau de compactação (GC) a cada conjunto de N $\geq$ 9 ensaios é definida pelo seu desvio padrão (s), sendo homogênea quando:

$$s = \sqrt{(Xi - \overline{X})^2 / n-1} \leq 1{,}6$$

A ocorrência de desvio padrão do GC superior a 1,6 é um indicativo de má execução da compactação, devendo o engenheiro fiscal juntamente com a construtora proceder a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução utilizada, tomando as medidas cabíveis.

6.2.7 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da Viga Benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão Média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio Padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na própria camada de reforço ou nas camadas inferiores de regularização do subleito ou no corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a

existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou de baixa compacidade.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e, também, o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

6.2.8 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes ao desempenho dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficas de acordo com modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

O registro do controle tecnológico é muito importante para o gerenciamento do pavimento, e para comparar os dados de campo com os de projeto.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de cotas

Após a execução da camada de reforço, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo, dos bordos da pista de rolamento e dos bordos da plataforma

(cinco pontos por estacas) para a determinação das cotas de execução que deverão ser comparadas com as cotas de projeto.

No caso de rodovia com mais de duas faixas de tráfego, o controle de cotas do reforço granular para subleito será feito nos bordos de cada faixa de tráfego.

Não será tolerado nenhum valor individual de cota fora do intervalo (C – 3,0) cm e (C + 2,0) cm, sendo C a cota do projeto para o ponto considerado. O serviço "não aprovado" (NAP) será refeito.

7.2 Controle de espessura

A espessura da camada de reforço será controlada no eixo e nos bordos da pista de rolamento, por comparação entre as cotas dos pontos correspondentes nivelados na regularização do subleito e no reforço recém executado.

Serão admitidas as seguintes tolerâncias:

a) Para o valor individual de espessura: o intervalo (h + 3) cm a (h - 5) cm, sendo h = espessura do projeto.

b) Para a espessura mínima estatística do segmento a ser controlado: hmin ≥ (h – 2,0) cm, calculando-se hmin pela seguinte fórmula:

$$h_{min} = \overline{X} - KS$$

Onde $\overline{X} = \frac{\Sigma Xi}{n}$; $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$

Xi = valor individual da espessura; n = número de valores

K dado em função do número de amostras pela tabela 2 SOP-ES-CE 01/19, a seguir:

Tabela 2

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

Não será tolerado nenhum valor individual de espessura fora do intervalo especificado e de espessura mínima estatística inferior à espessura do projeto em mais de dois centímetros. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

7.3 Controle da largura e da flecha de abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

a) A largura da plataforma, com trena;

b) A flecha de abaulamento, utilizando-se para tal o nivelamento feito para o controle de cotas.

O “serviço será aprovado” – (AP), quanto à largura e à flecha de abaulamento do projeto, se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias “não forem ultrapassados”:

- ± 0,10m quanto a largura
- Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

8 MEDIÇÃO

O reforço granular do subleito será medido pelo volume (V) da camada concluída, em metros cúbicos, calculado pela seção de projeto:

V = Área da seção de projeto x extensão executada

A recuperação de jazida será medida pela área recuperada, em metros quadrados.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de reforço granular do subleito executado, medido conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de

equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização de materiais e lucro.

O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

1 DEFINIÇÃO

Sub-base granular (SBG) – É a camada do pavimento asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de base, constituída de: solos, produtos de britagem ou mistura de ambos – que obtém a necessária estabilidade para cumprir sua função apenas devida a uma conveniente compactação, sem necessidade de nenhum aditivo para lhe conferir coesão.

Se a camada for constituída por um único tipo de solo tem-se a chamada sub-base sem mistura; se houver mais de um tipo tem-se a sub-base com mistura e se um dos componentes for produto de britagem tem-se a sub-base de solo-brita. O caso mais comum é o primeiro, seguido da mistura de um solo com areia (que é um tipo de solo) e o mais raro é o último para casos muito especiais.

2 MATERIAIS

Os solos quanto ao seu comportamento em pavimentação podem ser classificados em:

- Solos de comportamento laterítico
- Solos de comportamento não laterítico

A classificação acima deve ser feita por um engenheiro experiente tendo em vista que um solo laterítico apresenta geralmente: cores predominantemente vermelha, amarela ou marrom escura – tendência ao concrecionamento – grãos graúdos ferruginosos – CBRs relativamente altos com baixa expansão e altos LLs e IPs – granulometria com certa descontinuidade. Em caso de dúvida, fica confirmado o comportamento laterítico se a expansão medida no CBR com a energia do proctor modificado (55 golpes) for menor ou igual a 0,2%.

2.1 Solos de comportamento laterítico

Os solos de comportamento laterítico para emprego em SBG devem apresentar:

- Diâmetro máximo de 50,8mm (2”);
- CBR (DNIT 172/16-ME com a energia do DNIT 164/2013 ME – Método B → 26 golpes – proctor intermediário, ou outra indicada no projeto) ≥ 20% e;
- Expansão no CBR ≤ 0,2%.

Nota: O índice de grupo (IG) pode ser qualquer.

2.2 Solos de comportamento não laterítico

Os solos de comportamento não laterítico para emprego em SBG devem apresentar:

- Diâmetro máximo de 50,8 mm (2”);
- CBR (DNIT 172/16-ME com a energia do DNIT 164/2013 ME – método B → 26 golpes – proctor intermediário, ou outro indicado no projeto) ≥ 20 %;
- Expansão no CBR ≤ 1,0% e
- Índice de grupo (IG) = zero.

3 EQUIPAMENTOS

3.1 Descrição

a) Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no Contrato.

b) A usina de solos (ou “central de mistura”) para solo-brita e para mistura com mais de 2 solos deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

Silos – para os diversos componentes, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivo que permita graduar o escoamento;

Transportadores de esteiras – que transportam os componentes da mistura, já nas devidas proporções, até a unidade misturadora;

Unidade misturadora – tipo “pug-mill”, constituído usualmente de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de uma chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, e que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo em que a fazem avançar até a saída da unidade;

Reservatório de água e canalização – que permitam armazenar e espargir a água sobre o solo durante o processo de mistura;

Unidade de carregamento – constituída de um silo abastecido por “transportadores de correia” ou “elevadores de canecas”, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade;

Em suma, a usina de solos deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solos e britas, no teor de umidade requerido, e de depositá-la sem segregação no caminhão transportador. Deve-se exigir uma capacidade de produção horária entre 150 e 500t.

c) O distribuidor de solos deve ser capaz de receber a mistura dos caminhões basculantes e espalhá-la na pista, sem segregação, numa espessura constante tal, que após a compactação, se situe entre 0,10 e 0,22m.

d) A motoniveladora para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cujas espessuras após a compactação possam atingir até 0,22m, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências da especificação.

e) A grade de discos, rebocada por trator de pneus deve ser capaz de complementar os trabalhos de “destorroamento”, “mistura” e “homogeneização do teor de água” iniciados pela motoniveladora. Poderão ser usados dispositivos tipo “pulvi-mixer”.

f) Os caminhões distribuidores d’água deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

g) Poderão ser usados isoladamente ou em combinação os dois seguintes tipos de rolos compactadores:

- Rolo pé-de-carneiro vibratório (pata curta) autopropulsor, com controle de frequência de vibração compatível com os tipos de materiais a compactar;
- Rolo liso vibratório autopropulsor, com controle de frequência de vibração compatível com os tipos de materiais a compactar e outros tipos aprovados pela fiscalização podem ser usados.

O rolo pneumático é geralmente usado na operação de acabamento.

4 EXECUÇÃO

Quando houver mistura de mais de dois componentes, essa mistura terá de ser necessariamente feita em usina de solos.

4.1 Execução sem mistura ou com mistura na pista

A execução de SBG sem mistura ou com mistura na pista envolve basicamente as seguintes operações:

- Espalhamento;
- Homogeneização dos materiais secos;
- Umedecimento ou aeração e homogeneização de umidade;
- Compactação;
- Acabamento;
- Liberação ao tráfego.

4.1.1 Espalhamento

O espalhamento dos materiais depositados na plataforma se fará com motoniveladora. O material será espalhado de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderão ser confeccionadas camadas com espessuras

compactadas superiores a 0,22m nem inferiores a 0,10m. No caso de dois materiais será feito primeiramente o espalhamento do material de maior quantidade e sobre essa camada espalhar-se-á o outro material. Idem para três componentes.

4.1.2 Homogeneização dos materiais secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que visualmente não se distinga um material do outro. A pulverização dos materiais é fundamental.

4.1.3 Umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade

Para atingir-se a faixa do teor de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques para umedecimento, motoniveladora e grade de discos para homogeneização da umidade e uma possível aeração. A faixa de umidade para compactação terá como limites (hot – x) % e (hot + y) % onde hot, x e y são aquelas indicadas pelo projeto com a “curva CBR x h”. Isso não ocorrendo, a hot será obtida, juntamente com a Ds,máx – massa específica aparente seca máxima como indicado no item 6.2.2, sendo a faixa: (hot – 2,5) % e (hot + 0,5). %. É muito importante uma perfeita homogeneização da umidade para uma boa compactação.

4.1.4 Compactação

A compactação deve ser executada com rolo pé-de-carneiro vibratório (pata curta) autopropulsor e/ou rolo liso vibratório autopropulsor podendo-se usar no acabamento rolo pneumático.

Deverá ser elaborada para um mesmo tipo de material uma relação na pista entre o “número de coberturas do rolo versus grau de compactação” para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto) para atingir o GC especificado.

Cuidados especiais devem-se ter com alguns tipos de misturas de solo-brita quanto a energia de compactação. Esses materiais podem geralmente ser compactados com uma energia de compactação superior à do proctor intermediário (PI – 26 golpes) com grande vantagem, pois se consegue um CBR bem mais elevado com um pequeno acréscimo de En no campo. É usual o emprego de En = 1,5(PI) = 1,5 x 26 = 39 golpes, podendo-se mesmo atingir a En do proctor modificado (PM – 55 golpes) – (ver item 6.2.2).

4.1.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com motoniveladora, conjuntamente com rolos compactadores usuais, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o projeto. Só será permitida a conformação geométrica por corte.

4.1.6 Liberação ao tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo trabalhado, o mesmo poderá ser entregue ao tráfego usuário.

O intervalo de tempo que uma sub-base granular pode ficar exposta ao tráfego usuário é função de algumas variáveis, tais como:

- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques;
- Coesão do material;
- Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento podem danificar rapidamente a camada;
- A intensidade do tráfego.

Em princípio, é vantajoso expor a sub-base granular ao tráfego usuário durante o maior tempo possível, quando se tem a oportunidade de aumentar seu “grau de compactação” e de se observar seus defeitos.

4.2 Execução com mistura em usina

A mistura deve sair da usina de solos perfeitamente homogeneizada, num teor de umidade tal que, após o espalhamento na pista, esteja dentro da faixa de “teor de umidade de compactação”.

O transporte da mistura da usina para a pista deve ser feito em caminhões basculantes, ou outros veículos apropriados, tomando-se precauções para que não perca ou adquira umidade (água de chuva).

A mistura em usina deve preferencialmente ser espalhada com um distribuidor de solos. No caso de espalhamento com motoniveladora pode se tornar difícil o enquadramento na faixa de “teor de umidade para compactação”. Deve-se, então, dispor de carro tanque distribuidor de água, grade de discos, e motoniveladora para, caso seja necessário, umedecimento (ou aeração) e homogeneização.

O espalhamento deve ser feito de modo a conduzir a uma camada de espessura constante, com espessura compactada no máximo de 0,22m e no mínimo de 0,10m.

A compactação, o acabamento e a liberação ao tráfego serão realizados como na execução da pista.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando a proteção do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas a execução da camada de sub-base estabilizada granulometricamente são:

5.1 Na exploração de jazidas:

5.1.1 - O desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o expurgo retirado, rico em matéria orgânica, deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, este solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;

5.1.2 Não é permitida a queima da vegetação removida;

5.1.3 Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de mananciais, de aptidão agrícola, bem como é proibido em reservas florestais, ecológicas ou de preservação cultural, ou mesmo nas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;

5.1.4 As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser recuperadas com suavização dos taludes, regularização da área favorecendo a drenagem, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser executada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito. Deverão seguir as recomendações preconizadas na DER-ISA-05/96 – Orientações ambientais para instalação e operação de jazidas e caixas de empréstimos;

5.1.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da SOP-ES-T 02/19 (Caminhos de serviço).

5.2 Na exploração de pedreiras:

5.2.1 O produto de britagem somente será aceito após a contratada apresentar a licença ambiental de operação da pedreira à supervisão ambiental, que arquivará cópia da licença junto ao livro de ocorrências da obra;

5.2.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de equipamentos de britagem em área de preservação ambiental;

5.2.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e instalações de equipamentos;

5.2.4 Não provocar queimadas como forma de desmatamento;

5.2.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações do SOP-ES-T 02/19 – Caminhos de serviço e DER-ISA- 02/96 – Orientações ambientais para abertura de trilhos, caminhos de serviço e estradas de acesso;

5.2.6 Deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para os cursos d'agua;

5.2.7 Caso a brita seja adquirida de terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como, sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

5.3 Na execução

5.3.1 Os cuidados para proteção ambiental se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;

5.3.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação.

5.3.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou de combustíveis, não sejam levados até os cursos d'água.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

A condição essencial é que os materiais empregados na sub-base granular tenham características satisfazendo a esta especificação e às especificações complementares e particulares adotadas no projeto.

O controle de materiais pode ser necessário antes da execução da camada de sub-base granular, para identificação e conferência das características geotécnicas dos materiais e depois, na execução da camada na pista, o controle de materiais será feito de forma obrigatória para efeito de aceitação ou rejeição do serviço.

A prévia conferência dos parâmetros geotécnicos será feita com amostras de materiais coletadas nas jazidas.

6.1.1 Controle prévio do comportamento laterítico do solo

Esse controle poderá ser feito por jazida de solo no início de sua exploração através de inspeção visual. Em caso de dúvida sobre a natureza do comportamento do solo serão colhidas n = 5 amostras em pontos estratégicos e, com cada uma delas, moldado um corpo de prova CBR (PM – 55 golpes) para a determinação da expansão. Sendo Xi o resultado de uma amostra, $\bar{X}$ a média aritmética e s o desvio padrão, quando se verificar que:

$$X_{max} = \overline{X} + 1{,}55 \,.\, s \leq 0{,}2\%$$

fica confirmado o comportamento laterítico.

Em caso contrário, os ensaios deverão ser repetidos ou ampliados e, persistindo a desobediência à inequação acima, o solo da jazida será considerado de comportamento não laterítico.

6.1.2 Controle prévio do índice de grupo (IG), granulometria (GR), limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP = LL – LP)

O IG de um solo é calculado em função da sua granulometria, LL e IP, só sendo especificado para solos de comportamento não laterítico. O IG é calculado pela seguinte fórmula:

IG = 0,2a + 0, 05a.c + 0,01 b.d

sendo: a = % passando na pen. 200 – 35 (limites: 0 a 40);

b = % passando na pen. 200 – 15 (limites: 0 a 40);

c = LL – 40 (limites: 0 a 20);

d = IP - 10 (limites: 0 a 20).

No entanto, para o registro tecnológico do gerenciamento do pavimento, devem ser feitas as determinações desses parâmetros geotécnicos também para solo laterítico.

Para solos de comportamento não laterítico a exigência para sub-base granular é que, em qualquer amostra individual, tenhamos:

IG = 0 (zero)

O controle prévio do IG será também por jazida, com 5 amostras representativas, devendo todas as amostras apresentarem IG = 0.

6.1.3 Controle prévio do índice de suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR)

Com amostras coletadas na jazida, aproximadamente nos mesmos locais de controle do IG, faz-se o ensaio de compactação (DNIT-164/2013 – ME) para definição da umidade ótima e densidade máxima, seguido dos ensaios de CBR e expansão (DNIT 172/16-ME). A energia de compactação é a do proctor intermediário ou a indicada no projeto.

As umidades serão determinadas com o speedy (DNER-ME 52/94) ou álcool (DNER-ME 88/94).

Sendo $\overline{X}$ a média aritmética dos resultados e s o desvio padrão ($n \geq 9$ ensaios) os materiais estarão aprovados (AP) quando:

$$CBRmin = \overline{X} - \frac{1,29s}{n} \geq 20\%$$

$$\text{Expansão max} = \overline{X} + \frac{1,29s}{n} + 0,68s \leq 1,0\% \text{ (Não laterítico)}$$

$$\leq 0,2\% \text{ (Laterítico)}$$

Caso contrário, deverão ser isoladas as áreas da jazida que não atendem as especificações, podendo ser tentado a mistura com outro solo, caso os materiais já estejam na pista.

No caso de mistura em usina, a prévia conferência dos materiais será feita com amostras coletadas na correia transportadora, entre o último silo e o misturador.

6.2 Controle de execução

A condição essencial para garantir uma boa execução é que os materiais atendam às exigências do projeto e que o grau de compactação – GC atinja o mínimo especificado.

É através do controle de execução que se fará a aceitação ou rejeição da camada de sub-base granular, devendo os ensaios serem realizados com amostras coletadas na pista.

6.2.1 Exploração de jazidas de solos

As jazidas de solos serão exploradas observando-se a orientação do projeto. Como o estudo de jazidas traz consigo uma imprecisão inerente quanto aos limites do veio de materiais de boa qualidade, cabe ao construtor os cuidados na exploração para não ultrapassar esses limites.

A qualidade dos materiais de jazidas de solos será controlada e conferida por coletas feitas na pista, conforme indicado no controle tecnológico e critérios de aceitação desta especificação.

6.2.2 Determinação no campo da faixa de umidade de compactação e da Ds,máx consideradas padrão.

Para a sub-base granular o projeto deve definir, entre outras, as seguintes características:

a) A energia de compactação (número de golpes) – En;

b) A faixa de umidade de compactação (hot – x) % a (hot + y) %;

c) A massa específica aparente seca máxima (Ds,máx).

No controle tecnológico da execução mantem-se a energia de compactação do projeto mas, para maior precisão, através de ensaios de compactação (DNIT 164/2013 – ME), determinam-se novas faixas de umidade de compactação e novas densidades máximas padrão, com amostras de materiais da sub-base coletadas na pista, espaçamento em função da homogeneidade granulométrica dos materiais, não devendo a determinação da umidade e densidade de referência ser espaçadas em mais de 900 metros de pista.

A energia de compactação (número de golpes/camada) só poderá ser modificada com a aquiescência do projetista. A energia de compactação da sub-base granular, capaz de vencer o atrito interno do material e de se obter a máxima densidade, é fundamental para garantia da resistência do pavimento à deformação permanente, ao cisalhamento e evitar deflexões elevadas na fase de consolidação do pavimento pelo próprio tráfego.

Para sub-base de solo, as mais usadas são a energia do proctor intermediário (26 golpes/camada) e a energia de 1,5 x proctor intermediário (39 golpes/camada). Para solo-brita a mais recomendada é a energia do proctor modificado (55 golpes/camada).

A faixa de umidade para compactação, quando não definida pelo projeto deverá ser de (hot – 2,0) % a (hot + 0,5) %.

6.2.3 Controle do teor de umidade de compactação (hc)

Serão feitas n determinações aleatórias de hc imediatamente antes da compactação de um segmento uniforme a compactar ao qual corresponde uma faixa de umidade de compactação (hot – x)% a (hot +y)% definida no projeto ou como no item 6.2.2. A frequência mínima da determinação da umidade de compactação é de 1 ensaio a cada 50m de extensão trabalhada.

Determina-se hc com o mesmo método usado em 6.2.2 (speedy ou álcool) e se hot for definido no projeto (em estufa) deve-se fazer a correlação com o speedy ou com o álcool.

Só será permitida a compactação do segmento se todos os hc estiverem no intervalo definido no projeto ou no item 6.2.2.

6.2.4 Controle do grau de compactação – GC

GC é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (Ds), geralmente chamada de “densidade aparente seca”, e a massa específica aparente seca máxima (Ds,máx) ou “densidade aparente seca máxima”.

$$GC = \frac{\mathrm{Ds}}{\mathrm{Ds,máx}} \text{ x } 100$$, onde:

Ds – obtida “in situ” (DNER-ME 92/94, frasco de areia – speedy ou álcool, o adotado em 6.2.2), e

Ds.máx – obtida como em 6.2.2 (para o segmento uniforme a compactar).

A frequência para a verificação do grau de compactação é a cada no máximo 100m de pista, na ordem bordo direito – eixo – bordo esquerdo – bordo direito, a 0,40m do bordo da plataforma de sub-base, determina-se a Ds "in situ" e considerando-se a Ds. máx. correspondente (a pertencente ao segmento uniforme do material), determina-se o GC.

No caso de mistura na pista o ensaio de Ds. "in situ" deve ser realizado exatamente no local de onde se retirou a amostra para Ds. máx.

Para que certa extensão de sub-base granular seja considerada provada" (AP) é necessário que em todos os seus n pontos ensaiados tenha-se GC $\geq$ 100%. Em caso contrário a extensão de sub-base granular é considerada "não aprovada" (NAP), não sendo liberada a execução da camada sobrejacente. Neste caso o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a evaporação, dever-se-á escarificar, refazer a camada e recompactar a extensão de influência de cada ponto considerado deficiente, todos os ônus por conta da construtora.

Após a obtenção de cada n = 9 resultados, calcular-se-á o desvio padrão $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$, considerando-se a compactação homogênea se s $\leq$ 1,6.

Se após quatro conjuntos de n = 9 resultados, consecutivos ou acumulados, a inequação acima não for satisfeita, o engenheiro fiscal paralisará o serviço de compactação e procederá a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução empregada, tomando então as medidas julgadas cabíveis.

6.2.5 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/Permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas,

que poderão estar na própria sub-base ou nas camadas inferiores de reforço do subleito (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

6.2.6 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes ao desempenho dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

Para cada jazida ou tipo de material deverão ser calculados estatisticamente todas as características obtidas nos ensaios, de modo se poder compará-las com as do projeto.

O registro do controle tecnológico é muito importante para o gerenciamento do pavimento.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de cotas

Após a execução da camada de sub-base, proceder-se à relocação e o nivelamento do eixo, dos bordos da pista de rolamento e dos bordos da plataforma (cinco pontos por estaca) para a determinação das cotas de execução que deverão ser comparadas com as cotas de projeto.

No caso de rodovia com mais de duas faixas de tráfego, o controle de cotas da sub-base granular será feito nos bordos de cada faixa de tráfego.

Não será tolerado nenhum valor individual de cota fora do intervalo (C – 2,0) cm e (C + 2,0) cm, sendo C a cota do projeto para o ponto considerado. O serviço "não aprovado" (NAP) será refeito.

7.2 Controle de Espessura

A espessura da camada de sub-base será controlada no eixo e nos bordos da pista de rolamento, por comparação entre as cotas dos pontos correspondentes nivelados na regularização do subleito e na sub-base recém executada.

Serão admitidas as seguintes tolerâncias:

a) Para o valor individual de espessura: o intervalo (h + 2) cm a (h - 5) cm, sendo h = espessura do projeto.
b) Para a espessura mínima estatística do segmento a ser controlado: hmin. ≥ (h – 1,0) cm, calculando-se hmin. pela seguinte fórmula:

$$hmin. = \overline{X} - KS \text{ onde:}$$

onde $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{n}$; $s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / n - 1}$

Xi = valor individual da espessura e n = número de valores

K dado em função do número de amostras pela tabela 2 SOP-ES-CE 01/19, a seguir:

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

Não será tolerado nenhum valor individual de espessura fora do intervalo especificado e de espessura mínima estatística inferior a espessura do projeto em mais de um centímetro. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

7.3 Controle da largura e da flecha de abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20 m) será determinada:

a) A largura da plataforma, com trena;

b) A flecha de abaulamento, utilizando-se para tal o nivelamento feito para o controle de cotas.

O “serviço será “aprovado” – (AP), quanto à largura e à flecha de abaulamento do projeto, se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias “não forem ultrapassados”:

- ± 10cm quanto a largura
- Até 20%, em excessos, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

8 MEDIÇÃO

A sub-base granular será medida pelo volume (V) da camada concluída, em metros cúbicos, calculado pela seção do projeto.

V = área da seção do projeto x extensão executada

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de sub-base granular executado, medido conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização de materiais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Base granular (BG) – É a camada do pavimento asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de revestimento, constituída por um dos tipos abaixo:

a) Um único tipo de solo – é a base sem mistura;
b) Dois ou mais tipos de solos – é a base com mistura;
c) Um dos componentes da mistura é um produto de britagem – é a base de solo-brita;
d) Um produto de britagem – é a base de brita graduada;
e) A base granular poderá ser um dos tipos anteriores com a incorporação do revestimento asfáltico existente – é a base granular reciclada com incorporação do revestimento asfáltico.

A base granular obtém a necessária estabilidade para cumprir suas funções apenas devido a uma conveniente compactação, sem necessidade de nenhum aditivo para lhe conferir coesão.

2 MATERIAIS

Os solos quanto ao seu comportamento em pavimentação podem ser classificados em:

- Solos de comportamento laterítico;
- Solos de comportamento não laterítico.

A classificação acima deve ser feita por um engenheiro experiente tendo em vista que um solo laterítico apresenta geralmente: cores predominantemente vermelha, amarela ou marrom escura – tendência ao concrecionamento – grãos graúdos ferruginosos – CBRs relativamente altos com baixa expansão e altos LLs e IPs – granulometria com certa descontinuidade. Em caso de dúvida, fica confirmado o comportamento laterítico se a expansão medida no CBR com a energia do proctor modificado (55 golpes) for menor ou igual a 0,2%.

2.1 Solos de comportamento laterítico

Os solos de comportamento laterítico para base granular devem apresentar as seguintes condições:

- Granulometria enquadrada numa das seguintes faixas granulométricas (DNER-ME 80/94) – (% passando em peso).

ASTM ABNT	mm	A	B	C*
2”	50,8	100	-	-
1”	25,4	75 - 100	100	-
3/8”	9,52	40 – 85	60 – 95	100
Nº 10	2,00	15 - 60	15 – 60	35 – 90
Nº 40	0,42	10 – 45	10 – 45	20 – 80
Nº 200**	0,074	5 – 30	5 – 30	8 - 40

* Excepcionalmente para N ≤ 10^5 (número de repetições do eixo simples padrão), sem predominância de veículos comerciais.

** % pass. Pen. Nº 200 ≤ 2/3 (% pass. Nº 40)

- Abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98) do material retido na peneira nº 4) ≤ 55%, devendo também o material graúdo não ter partículas moles nem impurezas nocivas e o material miúdo (passando na pen. Nº 4) não conter matéria orgânica ou outras impurezas nocivas.
- LL ≤ 40% (DNER-ME 122/94)
- IP = LL – LP (DNER-ME 82/94) ≤ 15%
- CBR (DNIT 172/16-ME) na energia de compactação do DNIT-164/2013-ME – método B – 26 golpes – PI ou método C – 55 golpes – PM, ou outra energia especificada no projeto)

≥ 80% (para N ≥ 5 x 10^6)

≥ 60% (para N < 5 x 10^6)

≥ Nos acessos com N ≤ 5 x 10^5 admite-se CBR ≥ 40

- Expansão no CBR ≤ 0,5% (para quaisquer energia e número N)

2.2 Solos de comportamento não laterítico

Os solos de comportamento não laterítico para base granular devem apresentar as seguintes condições:

- Granulometria enquadrada numa das seguintes faixas granulométricas (DNER-ME 80/94) – (% passando em peso)

ASTM ABNT	mm	A	B	C	D	E*	F*
2”	50,8	100	100	-	-	-	-
1”	25,4	-	75 – 90	100	100	100	100
3/8”	9,52	30 – 60	40 – 75	50 – 85	60 – 100	-	-
Nº 4	4,76	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100
Nº 10	2,00	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100
Nº 40	0,42	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 – 70
Nº 200**	0,074	2 – 8	5 – 15	5 – 15	5 – 20	6 – 20	8 – 25

* Excepcionalmente para N < 5 X 10^5 (número de repetições do eixo simples padrão), sem predominância de veículos comerciais.

** % pass. Pen. Nº 200 ≤ 2/3 (% pass. Nº 40).

- Abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98) do material retido na peneira nº 4 ≤ 65%, devendo também o material graúdo não ter partículas moles nem impurezas nocivas e o material miúdo (passando na peneira nº 4) não conter matéria orgânica ou outras impurezas.
- LL ≤ 25% (DNER-ME 122/94)
- IP = LL – LP (DNER-ME 82/94) ≤ 6%
- CBR (DNIT 172/16-ME) na energia de compactação referente a 26, 39 ou 55 golpes conforme indicado no item 6.2.2 desta especificação, ou outra especificada no projeto.

≥ 80% (para N ≥ 5 x 10^6)

≥ 60% (para N < 5 x 10^6)

≥ Nos acessos com N ≤ 5 x 10^5 admite-se CBR ≥ 40%

- Expansão no CBR ≤ 0,5% (para quaisquer energia e número N)

Para as britas graduadas

- Utilizar as faixas A; B; C ou D
- Valor superior a 0,5 para o índice de forma do agregado (método DNER-ME 86/94)
- A fração granulométrica que passa na peneira n° 4 deve apresentar equivalente de areia (DNER-ME 54/97), superior a 50%.
- Para britas originárias de diabásio, ou basalto, ou outra pedra de natureza mineralógica sujeita a alterações deve-se submetê-las ao ensaio de durabilidade, (DNER-ME 89/94), devendo apresentar perdas inferiores, em cinco ciclos, com solução de sultafo de sódio, a 20%, e com sultado de magnésio inferior a 30%.

3 EQUIPAMENTOS

3.1 Descrição

a) Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

Mistura prévia – Deve ser executada preferencialmente em centrais de mistura próprias para este fim. Caso as quantidades a serem executadas não justifiquem a instalação de central de mistura, a mesma pode ser feita com pá-carregadeira.

b) Mistura na pista - A mistura na pista pode ser procedida com dois solos ou quando na mesma for utilizado material da pista existente, ou ainda no caso de solo brita quando as quantidades a serem executadas não justificarem a instalação de central de mistura.

c) A usina de solos (ou “central de mistura”) deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

Silos – para os diversos componentes, providos de bocas de descarga equipadas com dispositivos que permitam graduar o escoamento;

Transportadores de esteiras – que transportem os componentes da mistura, já nas devidas proporções, até a unidade misturadora;

Unidade misturadora – tipo “pug-mill”, constituído usualmente de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de uma chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, e que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo em que a fazem avançar até a saída da unidade;

Reservatório de água e canalização – que permitam armazenar e espargir a água sobre o solo durante o processo da mistura;

Unidade de carregamento – constituída de um silo abastecido por “transportadores de correia” ou “elevadores de canecas”, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

Não é permitida a mistura prévia dos materiais no abastecimento dos silos.

Em suma, a usina de solos deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solos e britas, no teor de umidade requerido, e de depositá-la sem segregação no caminhão transportador. Deve-se exigir uma capacidade de produção horária entre 150 e 500 ton.

d) A distribuição da brita graduada deve ser feita, preferencialmente, com vibro-acabadora, capaz de distribuir a brita graduada em espessura uniforme, sem produzir segregação, e de forma a evitar conformação adicional da camada por outro equipamento. Caso, no entanto, isto seja necessário, admite-se conformação

pela atuação da motoniveladora, exclusivamente por ação de corte, previamente ao início da compactação.

e) O distribuidor de solos deve ser capaz de receber a mistura dos caminhões basculantes e espalhá-la na pista, sem segregação e numa espessura constante tal, que após a compactação, se situe entre 0,10 e 0,22m.

f) A motoniveladora para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cujas espessuras após compactação possam atingir pelo menos 0,22m, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências da especificação.

g) A grade de discos, rebocada por trator de pneus deve ser capaz de complementar os trabalhos de “destorroamento”, “mistura” e “homogeneização do teor de água” iniciados pela motoniveladora. Poderão ser usados dispositivos tipo “pulvi-mixer”.

h) Os caminhões distribuidores d’água deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

i) Deverão ser usados, isoladamente ou em conjunto, os seguintes tipos de rolos compactadores:

- Rolo liso vibratório – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, recomendado para misturas de IP ≤ 3% e para brita graduada;
- Rolo pé-de-carneiro vibratório (pata curta) - autopropulsor, com controle de frequência de vibração, recomendado para misturas com IP > 3%; e outros tipos aprovados pela fiscalização. O rolo pneumático é muito usado no “acabamento”.

4 EXECUÇÃO

Quando houver mistura de mais de dois componentes, essa mistura terá de ser necessariamente feita em usina de solos.

A mistura de dois componentes pode ser opcionalmente feita na pista, exceto, se um deles for brita, quando a usinagem é obrigatória (solo-brita).

4.1 Execução sem mistura ou com mistura na pista

A execução de BG sem mistura ou com mistura na pista envolve basicamente as seguintes operações:

- Espalhamento;
- Homogeneização dos materiais secos;
- Umedecimento (ou aeração) e homogeneização de umidade;
- Compactação;
- Acabamento;
- Liberação ao tráfego.

4.1.1 Espalhamento

Exceto para britas graduadas, o espalhamento dos materiais depositados na plataforma se fará com motoniveladora. O espalhamento será feito de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderão ser confeccionadas camadas com espessuras compactadas superiores a 0,22m nem inferiores a 0,10m. No caso de dois materiais será feito primeiramente o espalhamento do material de maior quantidade e sobre essa camada espalhar-se-á o outro material.

4.1.2 Homogeneização dos materiais secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que visualmente não se distinga um material do outro. A pulverização dos materiais é fundamental. Nessa fase serão retirados blocos de pedra, raízes e outros materiais inadequados.

4.1.3 Umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade

Para atingir-se a faixa do teor de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques para umedecimento, motoniveladora e grade de discos para homogeneização da umidade e uma possível aeração. A faixa de umidade para compactação terá como limites (hot – x) % e (hot + y) % onde hot, x e y são aquelas indicadas no projeto com curva CBR x h. Isso não ocorrendo, a hot será obtida, juntamente com a Ds.máx. - massa específica aparente seca máxima, como indicado no item 6.2.2., sendo a faixas (hot – 2,0) % e (hot + 0,5) %, ou com x e y encontrados.

É muito importante uma perfeita homogeneização da umidade para uma boa compactação.

4.1.4 Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com rolo liso vibratório autopropulsor isoladamente ou, quando possível, em combinação com rolo vibratório pé-de-carneiro autopropulsor (pata curta). No acabamento deve ser também utilizado o rolo pneumático.

Deverá ser elaborada para um mesmo tipo de material uma relação na pista entre o “número de coberturas do rolo versus grau de compactação” para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto) para atingir o GC especificado.

Cuidado especial se deve ter com a base de brita graduada, pois esse material aceita uma energia acima do PM (55 golpes) sem normalmente se degradar. A curva Ds,máx x energia de compactação é inicialmente crescente tornando-se assintótica para uma energia acima de 55 golpes. É importante traçar-se essa curva no campo para se determinar a Ds.máx que deverá corresponder ao início da assíntota

4.1.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com motoniveladora e rolos compactadores usuais, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o projeto.

Só será permitida a conformação geométrica por corte.

4.1.6 Liberação ao tráfego

No caso da base, por ser a camada que vai receber o revestimento, a exposição ao tráfego deve ser a mínima possível para se evitar desgastes na superfície que venham a prejudicar a uniformidade de espessura do revestimento ou o desempeno da superfície de rolamento.

Quando for inevitável a atuação demorada do tráfego, deve-se imprimar a base com asfalto diluído, numa taxa de exsudação insipiente, espalhando-se areia ou pó de pedra sobre a área imprimada.

4.2 Execução em usina

A mistura deve sair da usina de solos perfeitamente homogeneizada, num teor de umidade tal que, após o espalhamento na pista, esteja dentro da faixa de “teor de umidade para compactação”.

O transporte da mistura da usina para a pista deve ser feito em caminhões basculantes, ou outros veículos apropriados, tomando-se precaução para que não perca ou adquira umidade (água de chuva). No espalhamento com motoniveladora h_{usina} (%) ≈ (hot + 1,0) %.

A mistura em usina deve preferencialmente ser espalhada com um distribuidor de solos. No caso de espalhamento com motoniveladora pode se tornar difícil o enquadramento na faixa de “teor de umidade para compactação”. Deve-se,

então, dispor de carro tanque distribuidor de água, grade discos e motoniveladora para umedecimento (ou aeração) e homogeneização.

O espalhamento deve ser feito de modo a conduzir a uma camada de espessura constante, com espessura compactada no máximo de 0,22m e no mínimo de 0,10m. A compactação, o acabamento e a liberação ao tráfego serão realizados como na execução na pista.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando a proteção do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas a execução da camada de base granular são:

5.1 Na exploração de jazidas:

5.1.1 O desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;

5.2 Na exploração de pedreiras:

5.2.1 O produto de britagem somente será aceito após a contratada apresentar a licença ambiental de operação da pedreira à supervisão ambiental, que arquivará cópia da licença junto ao livro de ocorrências da obra;

5.2.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;

5.2.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e instalações de equipamentos;

5.2.4 Não provocar queimadas como forma de desmatamento;

5.2.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da SOP-ES-T 02/19 – Caminhos de serviço e DER-ISA- 02/99 – Orientações ambientais para abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso;

5.2.6 Deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para os cursos d'água;

5.2.7 Caso a brita seja adquirida de terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como, sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

5.3 Na execução

5.3.1 Os cuidados para proteção ambiental se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;

5.3.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação.

5.3.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou de combustíveis, não sejam levados até os cursos d'água.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

A condição essencial é que os materiais da base granular tenham características geotécnicas satisfazendo a esta especificação e às especificações complementares e particulares estabelecidas pelo projeto.

O controle de materiais pode ser necessário antes da execução da camada de base granular, para identificação e conferência das características

geotécnicas dos materiais e, de forma obrigatória, será feito durante a execução da camada na pista, para efeito de aceitação ou rejeição do serviço.

6.1.1 Controle do comportamento laterítico do solo

Esse controle será feito por jazida de solo no início de sua exploração através de inspeção visual. Em caso de dúvida sobre a natureza do comportamento do solo serão colhidas n = 5 amostras em pontos estratégicos e, com cada uma delas, moldado um CP CBR (PM – 55 golpes) para a determinação da expansão. Sendo Xi o resultado de uma amostra, $\bar{X}$ a média aritmética e s o desvio padrão, se:

$$X_{máx} = \bar{X} + 1{,}55s \leq 0{,}2\%$$

fica confirmado o comportamento laterítico. Em caso contrário, os ensaios deverão ser repetidos ou ampliados e persistindo a desobediência à inequação acima, o solo da jazida será considerado de comportamento não laterítico.

6.1.2 Controle da abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98)

Esse controle será feito por jazida de solo e por pedreira no início da respectiva exploração, ou no depósito de brita no caso de brita adquirida de fornecedor. Serão colhidas três amostras aleatórias e submetidas ao ensaio de abrasão Los Angeles. Se pelo menos duas amostras satisfizerem a inequação LA ≤ 65% o material está aprovado. Em caso contrário ampliam-se os ensaios com n > 5 amostras devendo a média aritmética $\bar{X}$ ≤ 65% e persistindo a desobediência à inequação, a jazida, a pedreira e o depósito não poderão ser utilizados.

6.1.3 Controle da granulometria (GR), do limite de liquidez (LL) e do índice de plasticidade (IP = LL – LP).

A prévia conferência desses parâmetros geotécnicos será feita com materiais coletados nas jazidas, ou misturas de materiais nas proporções indicadas no projeto ou, no caso de brita graduada, apenas a granulometria de amostra de brita produzida em usinagem preliminar.

O controle para efeito de aceitação ou rejeição da camada será feito com materiais coletados na pista.

Nos dois casos os materiais serão aprovados e aceitos quando atenderem as Faixas Granulométricas especificadas no projeto e as seguintes inequações:

- Para solo laterítico: LLmax $\leq$ 40%

  IPmax $\leq$ 15%
- Para solo não laterítico: LLmax $\leq$ 25%

  IPmax $\leq$ 6%
- EAmin $\geq$ 30% (não laterítico, caso o LL ou IP ultrapassagem os limites máximos).

Os parâmetros de plasticidade serão calculados estatisticamente pelas seguintes fórmulas (n = 5):

$$X_{máx} = \overline{X} + 1{,}55s$$

$$X_{min} = \overline{X} - 1{,}55s$$

Sendo:

$$\overline{X} = \frac{\Sigma\, Xi}{n}$$

$$s = \sqrt{\Sigma\,(Xi - \overline{X})^2 \;/\; n - 1}$$

Os materiais da base granular que não atenderem as exigências especificadas para a plasticidade serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo ser substituídos se já estiverem na pista.

6.1.4 Controle do índice suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR)

A prévia conferência do CBR e da expansão será feita preferencialmente com materiais das mesmas amostras de conferência da granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade.

Para a conferência do CBR e da expansão (DNIT 172/2016-ME) é necessário a realização do ensaio de compactação (DNIT-164/2013 – ME) com a energia do método B (26 golpes/camada), método C (55 golpes/camada) ou outra energia indicada no projeto.

A - Para a base granular de brita graduada a determinação da energia de compactação para se obter a máxima densificação será obrigatoriamente feita da seguinte forma, quando já houver um estoque representativo de brita e já ter sido testado o funcionamento da usina misturadora:

- Coleta-se amostra na correia transportadora, entre o último silo e o misturador, confere-se a granulometria, e executa-se o ensaio de compactação com cinco energias distintas, com os seguintes números de golpes por camada: 26, 55, 70, 85 e 100, de modo a se obter cinco curvas de compactação.
- As umidades podem ser determinadas pelo speedy (DNER-ME 52/94) ou com o álcool (DNER-ME 88/94);
- Traça-se então a curva Ds máx x energia (número de golpes) e determina-se o número de golpes ideal como sendo o correspondente ao ponto imediatamente anterior ao início da assintotização da curva.
- Faz-se um ensaio de compactação/CBR (com 5 pontos umidade com speedy ou alcool), com o número de golpes Ideal por camada, determinando-se Dmax e Hot e adota-se o Dmax como padrão de compactação e para os limites do controle de umidade adota-se hot – 2,0% a Hot + 1,0%. O corpo de prova para o CBR/expansão será moldado na umidade ótima com número de golpes ideal.

Este procedimento poderá ser dispensado se o projeto já estabelecer o número de golpes da base granular de brita graduada e, logicamente, a sua faixa granulométrica a ser obedecida rigorosamente.

Os parâmetros de suporte CBR/expansão serão calculados estatisticamente pelas seguintes fórmulas (n = 5):

- Para CBR: $X_{min} = \overline{X} - 1{,}55s$

- Para expansão: Xmax = $\overline{X} + 1{,}55s$

Sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{n}$

$$S = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / n - 1}$$

Os materiais serão aceitos quando obedecerem às seguintes inequações:

- Xmin (CBR) $\geq$ 40% (em acessos com N $\leq$ 5 x 10^5);
  $\geq$ 60% (em rodovias com N $<$ 5 x 10^6);
  $\geq$ 80% (em rodovias com N $\geq$ 5 x 10^6);
- Xmax (expansão) $\leq$ 0,2% (laterítico)
  $\leq$ 0,5% (não laterítico)

Os materiais de base granular que não atenderem as exigências especificadas para o CBR e expansão serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo ser substituídos se já estiverem na pista.

6.2 Controle de execução

A condição essencial para garantir uma boa execução é que os materiais atendam às exigências do projeto e que o grau de compactação – GC atinja o mínimo especificado.

É através do controle de execução que se fará a aceitação ou rejeição da camada de base granular, devendo os ensaios serem realizados com amostras coletadas na pista.

6.2.1 Controle da exploração de jazidas de solos

As jazidas de solos, inclusive areais, serão exploradas observando-se a orientação do Projeto. Como o estudo geotécnico de jazidas traz consigo uma imprecisão inerente quanto aos limites do veio de materiais de boa qualidade, cabe ao construtor os cuidados na exploração para não ultrapassar esses limites.

A fiscalização deverá fazer inspeções nas ocorrências de materiais, durante a sua exploração, verificando o desmatamento, a remoção da camada superficial de material orgânico, os limites da área estudada, a profundidade de escavação do material de boa qualidade, etc.

6.2.2 Determinação da faixa de umidade de compactação e da densidade máxima considerada padrão

O projeto da base granular deve definir as seguintes características:

a) A energia de compactação (número de golpes) – En;
b) A faixa de umidade de compactação (hot – x) % a (hot + y) %
c) A massa específica aparente seca máxima (Ds,máx).

No controle tecnológico da execução mantem-se a energia de compactação do projeto mas, para maior precisão, através de ensaios de compactação (DNIT 164/2013 – ME), determinam-se novas faixas de umidade de compactação e novas densidades máximas padrão, com amostras de materiais da base coletadas na pista, espaçamento em função da homogeneidade granulométrica dos materiais, não devendo a determinação da umidade e densidade de referência ser espaçada em mais de 600 metros de pista.

A energia de compactação (número de golpes/camada) só poderá ser modificada com a aquiescência do projetista. A energia de compactação da base granular, capaz de vencer o atrito interno do material e de se obter a máxima densificação, é fundamental para a garantia da resistência à deformação, ao cisalhamento e à ocorrência de deflexões elásticas elevadas na fase de consolidação do pavimento pelo próprio tráfego.

Para a brita graduada a densidade máxima padrão e a umidade ótima serão determinadas com a energia de compactação conforme definida em 6.1.4, letra A, repetindo-se o procedimento toda vez que houver mudança na granulometria da brita.

Para base de solo-brita, utilizar a energia do proctor modificado (55 golpes/camada) ou outra estabelecida no projeto.

Para base de solos, o mais usual são as energias do proctor intermediário (26 golpes/camada) e a energia de 1,5 x proctor intermediário (39 golpes/camada).

A faixa de umidade para compactação, quando não definida pelo projeto, deverá ser de (hot – 2,0) % a (hot + 0,5) % para base de solo e base de solo-brita. para base de brita graduada a faixa de umidade deverá ser de (hot – 2,0) % a (hot + 1,0) %.

6.2.3 Controle do teor de umidade de compactação (hc)

Serão feitas n determinações aleatórias de hc imediatamente antes da compactação de um segmento uniforme a compactar ao qual corresponde uma faixa de umidade de compactação (hot – x)% a (hot +y)% definida no projeto ou como no item 6.2.2. A frequência mínima da determinação da umidade de compactação é de 1 ensaio a cada 50m de extensão trabalhada.

Determina-se hc com o mesmo método usado em 6.2.2 (speedy ou álcool) e se hot for definido no projeto (em estufa) deve-se fazer a correlação com o speedy ou com o álcool.

Só será permitida a compactação do segmento se todos os hc estiverem no intervalo definido no projeto ou no ítem 6.2.2.

6.2.4 Controle do grau de compactação – GC

GC é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (Ds), geralmente chamada de "densidade aparente seca", e a massa específica aparente seca máxima Ds,máx (ou "densidade aparente seca máxima").

$$GC = \frac{\text{Ds}}{\text{Ds, máx}} \text{ x } 100 \text{, onde:}$$

Ds – obtida "in situ" (DNER-ME 92/94, frasco de areia – speedy ou álcool, o adotado em 6.2.2), e

Ds,máx – obtida como em 6.2.2 (para o segmento uniforme a compactar).

A frequência para a verificação do grau de compactação é a cada no máximo 100m de pista, na ordem: bordo direito – eixo – bordo esquerdo – bordo direito, etc., a 0,40m do bordo da plataforma de base, determina-se a Ds "in situ" e considerando-se a Ds,máx correspondente (a pertencente ao segmento uniforme a executar ao qual se faz a determinação de Ds "in situ") determina-se o GC. No caso de mistura na pista o ensaio de Ds "in situ" deve ser realizado exatamente no local de onde se retirou a amostra para Ds, máx.

Para que certa extensão de base granular seja considerada "aprovada" (AP) é necessário que em todos os seus n pontos ensaiados tenha-se GC ≥ 100%. Em caso contrário a extensão de base granular é considerada não aprovada (NAP), não sendo liberada a execução da camada sobrejacente. Nesse caso, o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a desaprovação dever-se-á escarificar e recompactar a extensão de influência de cada ponto considerado deficiente, todos os ônus por conta da construtora.

Após a obtenção de cada n = 9 resultados, calcular-se-á o desvio padrão $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$, considerando-se a compactação homogênea se s ≤ 1,6.

Se após quatro conjuntos de n = 9 resultados, consecutivos ou acumulados, a inequação acima não for satisfeita, o engenheiro fiscal paralisará o serviço de compactação e procederá a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução empregada, tomando então as medidas julgadas cabíveis.

6.2.5 Controle da granulometria (GR), do limite de liquidez (LL) e do índice de plasticidade (IP = LL – LP) dos materiais na pista para aprovação da execução da camada.

A cada 300m de pista serão coletadas amostras de materiais, antes da compactação e após a homogeneização, para os ensaios de granulometria e plasticidade de solos.

A condição para aprovação da camada de base granular é que a granulometria se enquadre na faixa especificada no projeto e atenda as seguintes inequações de plasticidade:

- LLmax $\leq$ 40% (laterítico);
- IPmax $\leq$ 15% (laterítico);
- LLmax $\leq$ 25% (não laterítico);
- IPmax $\leq$ 6% (não laterítico);
- EAmin $\geq$ 30% (não laterítico, caso o LL e ou o IP ultrapassem os limites máximos).

O controle estatístico para intervalos homogêneos de materiais será feito pelas seguintes fórmulas:

$$X_{max} = \overline{X} + Ks$$

$$X_{min} = \overline{X} - Ks$$

sendo: $\overline{X} = \dfrac{\Sigma X_i}{n}$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 / n-1}$

K – Dado pela tabela 2 da SOP-ES-CE 01/19 em função do número de amostras.

Os materiais da base granular que não atenderem as exigências especificadas serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo serem substituídos.

Para base granular de brita graduada exige-se apenas o controle da granulometria.

6.2.6 Controle do índice suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR) dos materiais na pista para aprovação da execução da camada.

Aproximadamente nos mesmos pontos (a cada 300m) onde foram coletadas as amostras para o controle da GR, LL e IP serão coletadas amostras na pista (inclusive de mistura em usina), imediatamente antes da compactação e após a verificação e aprovação da umidade de compactação, acondicionadas em sacos plásticos para manter o teor de umidade, e levadas para a confecção do corpo de prova e realização dos ensaios de CBR e expansão, na energia especificada pelo projeto, ou conforme o item 6.2.2.

A condição para aprovação da camada de base granular é que sejam atendidas as seguintes inequações.

CBRmin $\geq$ 40% (p/Acessos com N $\leq$ 5 x 10^5)

$\geq$ 60% (p/ N $<$ 5 x 10^6)

$\geq$ 80% (p/ N $\geq$ 5 x 10^6)

Expansão max $\leq$ 0,2 % (Laterítico)

$\leq$ 0,5 % (Não laterítico)

Os materiais de base granular que não atenderem as exigências especificadas serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo serem substituídos.

6.2.7 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sencível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão Característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

6.2.8 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes ao desempenho dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

Para cada jazida ou tipo de material deverão ser calculados estatisticamente todas as características obtidas nos ensaios, de modo a se poder compará-las com as do projeto.

O registro do controle tecnológico é muito importante para o gerenciamento do pavimento.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de cotas

Após a execução da camada de base granular, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo, dos bordos da pista de rolamento e dos bordos da plataforma (cinco pontos por estaca) para a determinação das cotas de execução que deverão ser comparadas com as cotas do projeto.

No caso de rodovia com mais de duas faixas de tráfego, o controle de cotas da base granular será feito nos bordos de cada faixa de tráfego.

Não será tolerado nenhum valor individual de cota fora do intervalo (C – 2,0) cm e (C + 2,0) cm, sendo C a cota do projeto para o ponto considerado. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

No caso do revestimento ser um tratamento superficial, exige-se uma base mais bem “acabada” geometricamente, passando a tolerância de cotas por ponto individual para (C – 1,5) cm e (C + 1,5) cm.

Se a base granular não atender quanto ao controle de cotas, ela deverá ser refeita.

7.2 Controle de espessura

A espessura da camada de base será controlada no eixo e nos bordos da pista de rolamento, por comparação entre as cotas dos pontos correspondentes, nivelados na camada subjacente e as da base recém executada. Serão admitidas as seguintes tolerâncias:

a) Para o valor individual de espessura: o intervalo (h – 2) cm a (h + 4) cm, sendo h = espessura do projeto.

b) Para a espessura mínima estatística do segmento a ser controlado: hmin ≥ (h – 1,0) cm, calculando-se hmin pela seguinte fórmula:

$$hmin = \overline{X} - Ks$$

onde:

$$\overline{X} = \frac{\Sigma Xi}{n} \quad e \quad s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$$

Xi = valor individual da espessura e n = número de valores.

K dado em função do número de amostras pela tabela 2 SOP-ES-CE 01/19, a seguir:

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

Não será tolerado nenhum valor individual de espessura fora do intervalo especificado e de espessura mínima estatística inferior a espessura do projeto em mais de um centímetro. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

7.3 Controle da largura e da flecha de abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

a) A largura da plataforma, com trena,
b) A flecha de abaulamento, utilizando-se para tal o nivelamento feito para o controle de cotas.

O “serviço será aprovado” - (AP), quanto à largura e à flecha de abaulamento do projeto, se para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias “não forem ultrapassados”:

- ± 10 cm quanto à largura
- Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

8 MEDIÇÃO

A base granular será medida pelo volume (V) da camada concluída, em metros cúbicos, calculado pela seção do projeto.

V = área da seção do projeto x extensão executada

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de base granular executado, medido conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização de materiais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Base granular melhorada com cimento (BGMC) – É a camada do pavimento asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de revestimento, constituída de uma mistura íntima de solos, cimento e água que mantendo seu caráter eminentemente granular a despeito do cimento, adquire a necessária estabilidade para cumprir suas funções apenas devido a uma conveniente compactação. A ação do cimento objetivando apenas a diminuição de LL e IP e o aumento de CBR.

2 MATERIAIS

2.1 Cimento Portland

Poderão ser usados o cimento Portland comum ou o cimento Portland de alto forno que deverão obedecer respectivamente às exigências da NBR 16.697 (Cimento Portland – Requisitos) no que concerne a: recepção, embalagem e armazenamento.

2.2 Água

Deverá ser isenta de teores nocivos de: sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias nocivas.

2.3 Solo

O solo, ou mistura de solos, para emprego em BGMC não devem ser de comportamento laterítico, conforme está definido em SOP-ES-P 03/19 ou 04/19, e devem apresentar:

- Granulometria enquadrada numa das seguintes faixas granulométricas (DNER-ME 80/94) – (% passando em peso)

ASTM	mm	A	B	C	D	E*	F*
2”	50,8	100	100	-	-	-	-
1”	25,4	-	75 – 90	100	100	100	100
3/8”	9,52	30 – 60	40 – 75	50 – 85	60 – 100	-	-
Nº 4	4,76	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100
Nº 10	2,00	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100
Nº 40	0,42	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 – 70
Nº 200**	0,074	2 – 8	5 – 15	5 – 15	5 – 20	6 – 20	8 – 25

* Excepcionalmente para N < 5 X 10^5 (número de repetições do eixo simples padrão), sem predominância de veículos comerciais.

** % pass. Pen. nº 200 ≤ 2/3 (% pass. Nº 40).

Admite-se para a granulometria do solo sem o cimento as seguintes tolerâncias sobre os limites das faixas: na peneira n° 10 o alargamento da faixa em 3 pontos percentuais para mais e para menos; nas peneiras n° 40 e n° 200, o alargamento de 2 pontos percentuais para o máximo passando.

- Abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98) do material retido na peneira nº 10 ≤ 55%, admitindo-se valores maiores, no caso de, em utilização anterior, terem apresentado desempenho satisfatório, devendo também o material graúdo não ter partículas moles nem impurezas nocivas e o material miúdo (passando na peneira nº 10) não conter matéria orgânica ou outras impurezas.
- LL ≤ 40% (DNER-ME 122/94)
- IP = LL – LP (DNER-ME 82/94) ≤ 18%

2.4 Mistura com o cimento

A mistura com o cimento deve satisfazer as seguintes condições, quando ensaiada após um período de “cura” em estado solto de pelo menos 72 horas (permitindo a “troca de cátions” e a “floculação” sem “aglomeração”).

- Granulometria (DNER-ME 80/94) também se enquadrando numa das faixas do item 2.3, com as mesmas restrições.
- LL ≤ 25% (DNER-ME 122/94)
- IP = LL – LP (DNER-ME 82/94) ≤ 6%
- CBR (DNIT 172/2016-ME) na energia de compactação referente a 26, 39 ou 55 golpes conforme indicado no projeto.

  ≥ 80 % (para $N \geq 5 \times 10^6$)

  ≥ 60 % (para $N < 5 \times 10^6$)

  ≥ 40% (em acessos com $N < 5 \times 10^5$)
- Expansão no CBR ≤ 0,5 % (para quaisquer energia e número N).

3 EQUIPAMENTOS

a) Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

b) A usina de solos (ou “central de mistura”) deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

- Silos para os diversos componentes, inclusive o cimento, providos de bocas de descarga equipadas com dispositivo que permita graduar o escoamento;
- Transportadores de esteiras – que transportem os componentes da mistura, já nas devidas proporções, até a unidade misturadora;

- Unidade misturadora – tipo “pug-mill”, constituído usualmente de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de uma chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, e que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo em que os fazem avançar até a saída da unidade;

Reservatório de água e canalização – que permitam armazenar e espargir a água sobre o solo durante o processo de mistura;

- Unidade de carregamento – constituída de um silo abastecido por “transportadores de correia” ou “elevadores de canecas”, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

Em suma, a usina de solos deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solos e cimento, no teor de umidade requerido, e de depositá-la sem segregação no caminhão transportador. Deve-se exigir uma capacidade de produção horária entre 150 e 500 toneladas.

c) O distribuidor de solos deve ser capaz de receber a mistura dos caminhões basculantes e espalhá-la na pista, sem segregação e numa espessura constante tal que, após a compactação, se situe entre 0,10 e 0,22m.

d) A motoniveladora deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cuja espessura após a compactação possa atingir pelo menos 0,22m, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências da especificação.

e) A grade de discos, rebocada por um conveniente trator de pneus deve ser capaz de complementar os trabalhos de “destorroamento”, “mistura” e “homogeneização do teor de água” iniciados pela motoniveladora. Poderão ser usados dispositivos tipo “pulvimixer”.

f) Os caminhões distribuidores d'água deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

g) Deverão ser usados os seguintes tipos de rolos compactadores:

- Rolo liso vibratório – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, recomendado para misturas de IP ≤ 3% e para brita graduada;
- Rolo pé-de-carneiro vibratório (pata curta) – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, recomendado para misturas com IP > 3%;

E outros tipos aprovados pela fiscalização. O rolo pneumático é muito usado no "acabamento".

4 EXECUÇÃO

A porcentagem do cimento em relação ao peso seco do solo é o indicado em projeto, não devendo ser inferior a 2% (problemas de homogeneização) e nem superior a 5% (evitar a "aglomeração").

Só será permitida a mistura em usina de solos (ou central de misturas) dotada de silo especial para a dosagem do cimento (silo dosador).

A execução de uma BGMC envolve basicamente as seguintes operações:

- Mistura em usina de solos
- Transporte da mistura da usina para ser enleirada na pista ou em uma praça para isso preparada (o mais possível próximo à usina), a fim de uma "cura solta" de cerca de três dias.
- Espalhamento e homogeneização de umidade
- Compactação
- Acabamento

- Liberação ao tráfego

Considera-se aqui dois modos de execução: o primeiro com uma usinagem e segundo com duas usinagens, sendo o primeiro o caso normal e o segundo o caso especial quando, por qualquer motivo, se deseja uma execução muito aprimorada (por exemplo, para $N \geq 10^7$).

4.1 Execução com uma usinagem

4.1.1 Mistura em usina de solos

É conveniente que o teor de umidade h esteja de 2 a 4 pontos percentuais acima do limite superior da faixa de hc para fazer face ao período de “cura solta”, faixa que deve ser definida no projeto ou como no item 6.2.2 (faixa de hc: hot – x a hot + y).

A mistura deve sair da usina com altos níveis de pulverização e de homogeneidade.

4.1.2 Transporte e “cura solta”

A mistura é transportada, em adequados caminhões basculantes, da usina para ser enleirada na pista onde deve curar por cerca de três dias. Deve-se evitar durante a cura o espalhamento na pista, pois o tráfego de veículos (principalmente do equipamento pesado de construção) pode provocar um indesejável efeito de aglomeração. Se o enleiramento na pista for condenado pela segurança, a mistura deve ser enleirada numa praça para isso especialmente preparada.

4.1.3 Espalhamento e homogeneização da umidade

A mistura em usina quando enleirada na pista, ou transportada da praça para a pista, deve preferencialmente ser espalhada com distribuidor de solos.

No caso de espalhamento com motoniveladora na faixa de “teor de umidade para compactação”. Deve-se então, dispor de carro tanque distribuidor de água, grade de discos e motoniveladora, para, caso seja necessário, proceder ao umedecimento (ou aeração) e homogeneização.

O espalhamento deve ser feito de modo a conduzir a uma camada de espessura constante, com espessura compactada no máximo de 0,22m e no mínimo de 0,10m.

4.1.4 Compactação

A compactação deve ser executada com rolo liso vibratório autopropulsor isoladamente ou em combinação com rolo vibratório pé-de-carneiro autopropulsor (pata curta). No acabamento deve também ser utilizado o rolo pneumático.

Deverá ser elaborada para a mistura uma relação na pista entre o número de coberturas do rolo versus grau de compactação – GC para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto) para atingir o GC especificado.

4.1.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com motoniveladora e rolos compactadores, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o projeto. Só será permitida a conformação geométrica por corte.

4.1.6 Liberação ao tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo trabalhado, o mesmo poderá ser entregue ao tráfego usuário.

O intervalo de tempo que uma base granular melhorada com cimento pode ficar exposta ao tráfego usuário é função de várias variáveis, tais como:

- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques;
- Coesão do material;
- Intensidade do tráfego.

É vantajoso a BGMC ficar o maior tempo possível exposta ao tráfego usuário pois aumenta o seu GC e dá oportunidade ao aparecimento e correções de defeitos.

4.2 Execução com duas usinagens

4.2.1 Mistura em usina de solos, transportes e “cura solta”

A primeira usinagem é feita exatamente como em 4.1.1, porém, com o teor de umidade h apenas com um ponto percentual acima do limite superior da faixa de hc. A mistura é então transportada em adequados caminhões basculantes, para uma praça especialmente preparada e situada o mais próximo possível da usina, onde deve ser enleirada para uma cura solta de três dias. Após os três dias transporta-se a mistura para a usina para se proceder a segunda usinagem, quando deve obter uma umidade homogênea h no limite superior da faixa de umidade especificada no projeto ou como em 6.2.2.

Transporta-se, então, a mistura da usina para a pista, tendo-se o cuidado de protegê-la contra sensíveis mudanças de umidade.

4.2.2 Espalhamento

A mistura transportada para a pista é descarregada no distribuidor de solos (aqui obrigatório) e espalhado de modo a conduzir a uma camada de

espessura constante, com espessura compactada no máximo de 0,22m e no mínimo de 0,10m.

4.2.3 Compactação, acabamento e liberação ao tráfego

Exatamente como em: 4.1.4, 4.1.5 e 4.1.6.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando a proteção do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas a execução da camada de base granular melhorada com cimento são:

5.1 Na exploração de jazidas:

5.1.1 O desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;

5.1.2 Não é permitida a queima da vegetação removida;

5.1.3 Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola, bem como é proibido em reservas florestais, ecológicas ou de preservação cultural, ou mesmo nas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;

5.1.4 As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser recuperadas com abrandamento de taludes, regularização da área favorecendo a drenagem, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser executada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito. Deverão seguir as recomendações preconizadas na SOP-ES-T-05/19 - Empréstimos e DER-ISA-05/96

– Orientações ambientais para instalação e operação de jazidas e caixas de empréstimos.

5.1.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da SOP-ES-T 02/19 (Caminhos de serviço).

5.2 Na execução

5.2.1 Os cuidados para proteção ambiental se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;

5.2.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação.

5.2.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou de combustíveis, sejam levados até os cursos d'água.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

A condição essencial é que os materiais empregados na base granularem melhorada com cimento tenham características satisfazendo a esta especificação e às especificações complementares e particulares adotadas pelo projeto.

O controle de materiais pode ser necessário antes da execução da camada de base granular melhorada com cimento para recebimento do cimento e para a identificação e conferência das características geotécnicas dos materiais naturais, da mistura do solo com o cimento e, para esta última, de forma obrigatória,

será feito durante a execução da camada na pista para efeito de aceitação ou rejeição do serviço.

6.1.1 Controle do cimento Portland

O cimento Portland pode ser adquirido em sacos ou a granel. no primeiro caso o fiscal de usina fará um exame visual em todos os sacos que chegarem ao canteiro da obra, armazenando-os em lugar abrigado, sobre um piso de madeira, em pilhas de no máximo 10 sacos. No caso a granel o cimento será transportado em caminhões especiais dotados de equipamento para carga e descarga, sendo armazenado junto à usina em silos especiais que possam alimentar o silo dosador da usina através de tubulação hermética.

Em qualquer dos casos, havendo suspeição sobre a qualidade do cimento, serão colhidas amostras para ensaios de cimento em laboratórios especializados. Os resultados das observações do fiscal de usina e dos ensaios de laboratório serão comparados com a NBR 16.697/18 (Cimento Portland – Requisitos).

6.1.2 Controle da água

O controle da água será visual; somente em casos muito especiais o fiscal de usina solicitará exames de laboratório.

6.1.3 Controle da abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98)

Esse controle será feito por jazida de solo no início da respectiva exploração. Serão colhidas três amostras aleatórias e submetidas ao ensaio de abrasão Los Angeles. se pelo menos duas das amostras satisfizerem a inequação LA ≤ 65% o material está aprovado. Em caso contrário, ampliam-se os ensaios para n >

5 amostras devendo a média aritmética $\bar{X}$ ≤ 65% e persistindo a desobediência a inequação acima, a jazida não poderá ser utilizada.

6.1.4 Controle da granulometria (GR), do limite de liquidez (LL) e do índice de plasticidade do solo ou mistura de solos sem cimento e com cimento e controle do CBR e da expansão do solo ou mistura de solos com cimento.

A confirmação dos parâmetros geotécnicos do projeto é feita com amostras de solos ou mistura de solos, com e sem cimento, coletadas na esteira da usina misturadora, já calibrada para as proporções do projeto.

Para as amostras sem cimento a condição de aprovação é o atendimento aos seguintes parâmetros geotécnicos:

- LL ≤ 40%
- IP ≤ 18%
- GR enquadrada nas faixas especificadas, admitindo-se para o solo sem cimento o alargamento das faixas estabelecido no item 2.3.

Caso o solo ou mistura de solos sem cimento não atenda os parâmetros geotécnicos especificados, a construtora interromperá a exploração da(s) jazida(s) e o funcionamento da usina de solos e fará um estudo minucioso da(s) jazida(s) devendo, se for o caso, isolar áreas inservíveis da(s) jazida(s) ou reduzir a profundidade de escavação.

O estudo envolverá também as proporções de mistura de solos, se houver. O resultado final do estudo poderá indicar nova forma de exploração da(s) jazida(s) ou a sua substituição por outra.

Para as amostras com cimento a condição de aprovação é o atendimento aos seguintes parâmetros geotécnicos:

- LL ≤ 25%;

- IP $\leq$ 6%;
- EAmin $\geq$ 30% (caso o LL e/ou o IP ultrapassar os limites máximos);
- GR enquadrada nas faixas especificadas, sem tolerâncias;
- CBR na energia de projeto, com os seguintes valores mínimos:

  CBRmin $\geq$ 40%, para acessos com N $\leq$ 5 x 10^5;

  CBRmin $\geq$ 60%, para N $<$ 5 x 10^6;

  CBRmin $\geq$ 80%, para N $\geq$ 5 x 10^6;
- Expansão máx. $\leq$ 0,5%, para qualquer energia de compactação.

Os materiais de base granular melhorada com cimento que não atenderem as exigências especificadas para LL, IP (ou EA), GR, CBR e expansão serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, mesmo se já estiverem estocados no pátio da usina.

6.2 Controle de execução

A condição essencial para garantir uma boa execução é que os materiais atendam às exigências do projeto e que o grau de compactação – GC atinja o mínimo especificado.

É através do controle de execução que se fará a aceitação ou rejeição da camada de base granular melhorada com cimento, devendo os ensaios serem realizados com amostras coletadas na pista.

6.2.1 Exploração de jazidas de solos

As jazidas de solos, inclusive areais, serão exploradas observando-se a orientação do projeto. Como o estudo geotécnico de jazidas traz consigo uma imprecisão inerente quanto aos limites do veio de materiais de boa qualidade, cabe ao construtor os cuidados na exploração para não ultrapassar esses limites.

A fiscalização deverá fazer inspeções nas ocorrências de materiais, durante a sua exploração, verificando o desmatamento, a remoção da camada superficial de material orgânico, os limites da área estudada, a profundidade de escavação do material de boa qualidade, etc.

6.2.2 Determinação da faixa de umidade de compactação e da densidade máxima considerada padrão

O projeto da base granular melhorada com cimento deve definir as seguintes características:

d) A energia de compactação (número de golpes) – En;
e) A faixa de umidade de compactação (hot – x) % a (hot + y) %;
f) A massa específica aparente seca máxima (Ds,máx).

No controle tecnológico da execução mantem-se a energia de compactação do projeto mas, para maior precisão, através de ensaios de compactação (DNIT 164/2013 – ME), determinam-se novas faixas de umidade de compactação e novas densidades máximas padrão, com amostras de materiais da base melhorada com cimento coletadas na pista, não devendo a determinação da umidade ótima e densidade de referência ser espaçada em mais de 600 metros de pista.

A energia de compactação (número de golpes/camada) só poderá ser modificada com a aquiescência do projetista. A energia de compactação da base granular, capaz de vencer o atrito interno do material e de se obter a máxima densificação, é fundamental para a garantia da resistência à deformação, ao cisalhamento e à ocorrência de deflexões elásticas elevadas na fase de consolidação do pavimento pelo próprio tráfego.

A faixa de umidade para compactação, quando não definida em projeto, deverá ser de (hot – 2%) a (hot + 0,5%).

6.2.3 Controle na pista da umidade de compactação (hc)

Serão feitas n determinações aleatórias de hc imediatamente antes da compactação de um intervalo em execução, ao qual corresponde uma faixa de umidade de compactação (hot - x) % a (hot + y) % definida no projeto ou no item 6.2.2 anterior.

As determinações de hc na pista são feitas com speedy ou álcool. Caso a determinação do projeto para a umidade de compactação tiver sido feita em estufa, deve-se fazer a correlação com a umidade determinada com o speedy ou com álcool.

Só será permitida a compactação do segmento se todos os hc estiverem no intervalo especificado.

6.2.4 Controle do grau de compactação – GC

GC é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (Ds), geralmente chamada de densidade aparente seca, e a massa específica aparente seca máxima Ds,máx (ou densidade aparente seca máxima).

$$GC = \frac{\mathrm{Ds}}{\mathrm{Ds,máx}} \text{ x } 100 \text{, onde:}$$

Ds – obtida “in situ” (DNER-ME 92/94, frasco de areia – speedy ou álcool, o adotado em 6.2.2) e,

Ds,máx – obtida como em 6.2.2 (para o segmento uniforme a compactar).

A frequência para verificação do grau de compactação é a cada no máximo 100m de pista, na ordem: bordo direito – eixo – bordo esquerdo – bordo direito, etc., a 0,40m do bordo da plataforma de base determina-se a Ds “in situ” e considerando-se a Ds,máx correspondente (a pertencente ao segmento uniforme a executar ao qual se faz a determinação de Ds “in situ”) determina-se o GC.

Para que certa extensão de base granular melhorada com cimento seja considerada “aprovada” (ap) é necessário que em todos os seus n pontos ensaiados tenha-se GC ≥ 100%. Em caso contrário a extensão de base BGMC é considerada não aprovada (NAP), não sendo liberada a execução da camada sobrejacente. Nesse caso, o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a desaprovação dever-se-á escarificar e recompactar a extensão de influência de cada ponto considerado deficiente, todos os ônus por conta da construtora.

Após a obtenção de cada N = 9 resultados, calcular-se-á o desvio padrão $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$, considerando-se a compactação homogênea se s ≤ 1,6. Se após quatro conjuntos de n = 9 resultados, consecutivos ou acumulados, a inequação acima não for satisfeita, o engenheiro fiscal paralisará o serviço de compactação e procederá a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução empregadas, tomando então as medidas julgadas cabíveis.

6.2.5 Controle da granulometria (GR), do limite de liquidez (LL) e do índice de plasticidade (IP = LL – LP) dos materiais na pista, para aprovação da execução da camada de BGMC.

A cada 300m de pista serão coletadas amostras de materiais, antes da compactação, para os ensaios de granulometria e plasticidade da base.

A condição para aprovação da camada de BGMC é que a granulometria se enquadre na faixa especificada no projeto e atenda as seguintes inequações de plasticidade:

- LLmax ≤ 25%
- IPmax ≤ 6%
- EAmin ≥ 30% (caso o LL e ou IP ultrapassem os limites máximos)

O controle estatístico para intervalos homogêneos de materiais será feito pelas seguintes fórmulas:

$$X_{max} = \overline{X} + Ks$$

$$X_{min} = \overline{X} - Ks$$

sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{n}$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 / n - 1}$

K – dado pela tabela 2 da SOP-ES-CE 01/19 em função do número de amostras.

Os materiais da base granular melhorada com cimento que não atenderem as exigências especificadas serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo serem substituídos.

6.2.6 Controle do índice suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR) dos materiais na pista para aprovação da camada

Aproximadamente nos mesmos pontos (a cada 300m) onde foram coletadas as amostras para o controle da GR, LL e IP serão coletadas amostras na pista, imediatamente antes da compactação já com a umidade de compactação homogeneizada, acondicionando-se as amostras m sacos plásticos para manter o teor de umidade e levadas para a moldagem do corpo de prova e realização dos ensaios de CBR e expansão, na energia especificada pelo projeto.

A condição para aprovação da camada de BGMC é que sejam atendidas as seguintes inequações:

CBRmin $\geq$ 40%, (p/ Acessos com N $\leq$ 5 x 10^5);

$\geq$ 60%, (para N $<$ 5 x 10^6);

$\geq$ 80%, (para N $\geq$ 5 x 10^6);

Expansão máx. $\leq$ 0,5%, (para qualquer N)

Os materiais de base granular melhorada com cimento que não atenderem as exigências especificadas serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo serem substituídos.

6.2.7 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo Método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/Permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sencível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando R x Do $>$ 5500m x 10^{-2}mm.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de cotas

Após a execução da camada de base granular melhorada com cimento, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo, dos bordos da pista de rolamento e dos bordos da plataforma (cinco pontos por estaca) para a determinação das cotas de execução que deverão ser comparadas com as cotas do projeto.

No caso de rodovia com mais de duas faixas de tráfego, o controle de cotas da base granular melhorada com cimento será feito nos bordos de cada faixa de tráfego.

Não será tolerado nenhum valor individual de cota fora do intervalo (C – 2,0) cm e (C + 2,0) cm, sendo C a cota do projeto para o ponto considerado. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

No caso do revestimento ser um tratamento superficial, exige-se uma base mais bem “acabada” geometricamente, passando a tolerância de cotas por ponto individual para (C – 1,5) cm e (C + 1,5) cm.

Se a base granular melhorada com cimento não atender ao controle de cotas, ela deverá ser refeita.

7.2 Controle de espessura

A espessura da camada de base granular melhorada com cimento será controlada no eixo e nos bordos da pista de rolamento, por comparação entre as cotas dos pontos correspondentes, nivelados na camada subjacente e as da base recém executada.

Serão admitidas as seguintes tolerâncias:

a) Para o valor individual de espessura: o intervalo (h – 2) cm a (h + 4) cm, sendo h = espessura do projeto.

b) Para a espessura mínima estatística do segmento a ser controlado: hmin ≥ (h – 1,0) cm, calculando-se hmin pela seguinte fórmula:

$$hmin = \overline{X} - Ks:$$

sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma Xi}{n}$ e $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$

Xi = valor individual da espessura e n = número de valores (n ≥ 5).

K – dado pela tabela 2 da SOP-ES-CE 01/19, em função do número de amostras, a seguir.

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

Não será tolerado nenhum valor individual de espessura fora do intervalo especificado e de espessura mínima estatística inferior à espessura do projeto em mais de um centímetro. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

7.3 Controle da largura e da flecha de abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

c) A largura da plataforma, com trena,

d) A flecha de abaulamento, utilizando-se para tal o nivelamento feito para o controle de cotas.

O “serviço será aprovado” - (AP), quanto à largura e à flecha de abaulamento do projeto, se para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias “não forem ultrapassados”:

- ± 10cm quanto a largura

- Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

8 MEDIÇÃO

A base granular melhorada com cimento será medida pelo volume (V) da camada concluída, em metros cúbicos, calculado pela seção do projeto.

V = Área da seção do projeto x extensão executada

Deverá ser especificado explicitamente no projeto se a execução será efetivada com uma ou duas usinagens.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço contratual para o volume de base granular melhorada com cimento executado, medido conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, praça de estocagem de material, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização de materiais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Acostamento granular (base) (AG) – É a camada granular adjacente à base de um pavimento que tem as seguintes finalidades principais:

- propiciar com segurança um local de parada dos veículos, sem interromper o fluxo da via;
- permitir o retorno à pista de rolamento de um veículo em início de desgoverno do seu trajeto.
- confinar o pavimento da pista de rolamento, proporcionando-lhe maior vida de serviço.

Esta especificação se destina à construção de acostamentos em rodovias onde os mesmos ainda não existem ou têm largura inferior a 1,00m, ou ainda em pavimentação de rodovia onde, por motivo de economia, se deseje construir a base dos acostamentos a um custo inferior ao da base da pista de rolamento, neste caso em construção simultânea.

Para permitir a construção mecanizada a largura mínima da base do acostamento, medida entre o bordo da pista e o bordo externo da base, é de 2,40m, incluído 0,50m para a drenagem.

2 MATERIAIS

Deve-se evitar materiais dos acostamentos mais impermeáveis que os materiais da base da pista de rolamento.

Os materiais dos acostamentos devem satisfazer as seguintes condições:

- % passando na peneira N° 200 (DNER-ME 80/94):
  ≤ 25% (não laterítico);
  ≤ 40% (laterítico).
- Limite de liquidez (LL):
  ≤ 25% (não laterítico);

≤ 40% (laterítico).

- Índice de plasticidade (IP = LL – LP):

  ≤ 6% (não laterítico);

  ≤ 15% (laterítico).

- CBR (com energia de 26 ou 39 ou 55 golpes, a indicada no projeto):

  ≥ 40% (não laterítico e laterítico).

- Expansão (no CBR):

  ≤ 0,5% (não laterítico);

  ≤ 0,2% (laterítico).

3 EQUIPAMENTO

Igual ao da especificação SOP-ES-P 03/19 (sub-base granular).

4 EXECUÇÃO

Igual à da especificação SOP-ES-P 03/19 (sub-base granular), com as seguintes observações:

A – Em construção simultânea com a base da pista:

- a execução da base do acostamento deve preceder a da base da pista, deixando-se no bordo interno um pequeno excesso na largura para depois da compactação cortá-lo em face vertical;
- na construção simultânea o espaço disponível permite a mistura na pista de dois materiais para a base dos acostamentos.

B – Em rodovia já existente a construção dos acostamentos com mistura de dois solos só é possível com a utilização de usina de solos. O alargamento de aterros para execução de acostamentos deverá obedecer a SOP-ES-T 06/19.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando à proteção do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas a execução da camada acostamento granular são:

5.1 Na exploração de jazidas:

5.1.1 O desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;

5.1.2 Não é permitida a queima da vegetação removida;

5.1.3 Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola, bem como é proibido em reservas florestais, ecológicas ou de preservação cultural, ou mesmo nas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;

5.1.4 As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser recuperadas com suavização dos taludes, após a escavação, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser executada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito. Deverão ser seguidas as recomendações preconizadas na DER-ISA-05/96 (Orientações ambientais para instalação e operação de jazidas e caixas de empréstimos).

5.1.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da SOP-ES-T-02/19

.

5.2 - Na exploração de pedreiras:

5.2.1 O produto de britagem somente será aceito após a contratada apresentar a licença ambiental de operação da pedreira à supervisão ambiental, que arquivará cópia da licença junto ao livro de ocorrências da obra;

5.2.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;

5.2.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e instalações de equipamentos;

5.2.4 Não provocar queimadas como forma de desmatamento;

5.2.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações do SOP-ES-T 02/19 (Caminhos de serviço) e DERT-ISA- 02/96 (Orientações ambientais para abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso);

5.2.6 Deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para os cursos d’água;

5.2.7 Caso a brita seja adquirida de terceiros, exigir documentação atestando o seu licenciamento ambiental das instalações, assim como da sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

5.3 Na execução

5.3.1 Os cuidados para proteção ambiental se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;

5.3.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação.

5.3.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou de combustíveis, não sejam levados até os cursos d'água.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

A condição essencial é que os materiais do acostamento granular (base) tenham características geotécnicas satisfazendo a esta especificação e às especificações complementares e particulares estabelecidas pelo projeto.

O Controle de materiais pode ser necessário antes da execução da camada de acostamento granular, para identificação e conferência das características geotécnicas dos materiais e, de forma obrigatória, será feito durante a execução da camada na pista, para efeito de aceitação ou rejeição do serviço.

6.1.1 Controle do comportamento laterítico do solo

Esse controle será feito por jazida de solo no início de sua exploração através de inspeção visual. Em caso de dúvida sobre a natureza do comportamento do solo serão colhidas n = 5 amostras em pontos estratégicos e, com cada uma delas, moldado um cp CBR (PM – 55 golpes) para a determinação da expansão. Sendo Xi o resultado de uma amostra, $\bar{X}$ a média aritmética e s o desvio padrão, se:

$$X_{máx} = \bar{X} + 1{,}55s \leq 0{,}2\%$$

Fica confirmado o comportamento laterítico. Em caso contrário, os ensaios deverão ser repetidos ou ampliados e persistindo a desobediência à inequação acima, o solo da jazida será considerado de comportamento não laterítico.

6.1.2 Controle da granulometria (GR), do limite de liquidez (LL) e do índice de plasticidade (IP = LL – LP).

A prévia conferência desses parâmetros geotécnicos será feita com materiais coletados nas jazidas, ou misturas de materiais nas proporções indicadas no projeto.

Os materiais serão aprovados quanto a granulometria e plasticidade quando atenderem:

- % passando na peneira N° 200:
  ≤ 25% (não laterítico);
  ≤ 40% (laterítico).
- LL:
  ≤ 25% (não laterítico);
  ≤ 40% (laterítico).
- IP:
  ≤ 6% (não laterítico);
  ≤ 15% (laterítico).

Os parâmetros de plasticidade serão calculados estatisticamente pelas seguintes fórmulas (n ≥ 5):

$$X_{max} = \overline{X} + Ks$$

$$X_{min} = \overline{X} - Ks$$

Sendo $\overline{X} = \dfrac{\Sigma Xi}{n}$ e $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 \ / \ n - 1}$

Os materiais do acostamento granular que não atenderem as exigências especificadas para a plasticidade serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo ser substituídos se já estiverem na pista.

6.1.3 Controle do índice suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR)

A prévia conferência do CBR e da expansão será feita preferencialmente com materiais das mesmas amostras de conferência da granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade.

Para a conferência do CBR e da expansão (Ensaio DNIT 172/2016-ME) é necessário a realização do ensaio de compactação (DNIT-164/2013 – ME) com a energia do método B (26 golpes/camada), 1,5 x método B (39 golpes/camada), método C (55 golpes/camada) ou outra energia indicada no projeto.

Os parâmetros de suporte CBR/expansão serão calculados estatisticamente pelas seguintes fórmulas.

- Para CBR: $X_{max} = \overline{X} + Ks$

$$X_{min} = \overline{X} - Ks$$

Sendo: $\overline{X} = \dfrac{\Sigma X_i}{n}$

$$S = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / n - 1}$$

Os materiais serão aceitos quando obedecerem às seguintes inequações:

- Xmin (CBR) $\geq$ 40% (para qualquer energia).
- Xmax (expansão) $\leq$ 0,2% (laterítico)
  $\leq$ 0,5% (não laterítico)

Os materiais de acostamento granular (base) que não atenderem as exigências especificadas para o CBR e expansão serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo ser substituídos se já estiverem na pista.

6.2 Controle de execução

A condição essencial para garantir uma boa execução é que os materiais atendam às exigências do projeto e que o grau de compactação – GC atinja o mínimo especificado.

É através do controle de execução que se fará a aceitação ou rejeição da camada de acostamento granular, devendo os ensaios serem realizados com amostras coletadas na pista.

6.2.1 Controle da exploração de jazidas de solos

As jazidas de solos, inclusive areais, serão exploradas observando-se a orientação do projeto. Como o estudo geotécnico de jazidas traz consigo uma imprecisão inerente quanto aos limites do veio de materiais de boa qualidade, cabe ao construtor os cuidados na exploração para não ultrapassar esses limites.

A fiscalização deverá fazer inspeções nas ocorrências de materiais, durante a sua exploração, verificando o desmatamento, a remoção da camada superficial de material orgânico, os limites da área estudada, a profundidade de escavação do material de boa qualidade, etc.

6.2.2 Determinação da faixa de umidade de compactação e da densidade máxima considerada padrão

O projeto da base granular deve definir as seguintes características:

g) A energia de compactação (número de golpes) – En;
h) A faixa de umidade de compactação (hot – x) % a (hot + y) %
i) A massa específica aparente seca máxima (Ds,máx).

No controle tecnológico da execução mantem-se a energia de compactação do projeto, mas, para maior precisão, através de ensaios de compactação (DNIT 164/2013 – ME), determinam-se novas faixas de umidade de

compactação e novas densidades máximas padrão, com amostras de materiais da base coletadas na pista, espaçamento em função da homogeneidade granulométrica dos materiais, não devendo a determinação da umidade e densidade de referência ser espaçada em mais de 900 metros de pista.

A energia de compactação (número de golpes/camada) só poderá ser modificada com a aquiescência do projetista. A energia de compactação da base granular, capaz de vencer o atrito interno do material e de se obter a máxima densificação, é fundamental para a garantia da resistência à deformação e ao cisalhamento.

Para acostamento granular (base) de solo-brita, utilizar a energia do proctor modificado (55 golpes/camada) ou outra estabelecida no projeto.

Para acostamento granular (base) de solos, o mais usual são as energias do proctor intermediário (26 golpes/camada) e a energia de 1,5 x proctor intermediário (39 golpes/camada).

A faixa de umidade para compactação, quando não definida pelo projeto, deverá ser de (hot – 2,0%) a (hot + 0,5%) para base de solo e base de solo-brita.

6.2.3 Controle do teor de umidade de compactação (hc)

Serão feitas n determinações aleatórias de hc imediatamente antes da compactação de um segmento uniforme a compactar ao qual corresponde uma faixa de umidade de compactação (hot – x)% a (hot +y)% definida no projeto ou como no item 6.2.2. A frequência mínima da determinação da umidade de compactação é de 1 ensaio a cada 50m de extensão trabalhada.

Determina-se hc com o mesmo método usado em 6.2.2 (speedy ou álcool) e se hot for definido no projeto (em estufa) deve-se fazer a correlação com o speedy ou com o álcool.

Só será permitida a compactação do segmento se todos os hc estiverem no intervalo definido no projeto ou no item 6.2.2.

6.2.4 Controle do grau de compactação – GC

GC é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (Ds), geralmente chamada de densidade aparente seca, e a massa específica aparente seca máxima Ds,máx (ou densidade aparente seca máxima).

$$GC = \frac{\mathrm{Ds}}{\mathrm{Ds,máx}} \text{ x } 100 \text{, onde:}$$

Ds – obtida “in situ” (DNER-ME 92/94, frasco de areia – speedy ou álcool, o adotado em 6.2.2), e

Ds,máx – obtida como em 6.2.2 (para o segmento uniforme a compactar).

A frequência para a verificação do grau de compactação é a cada no máximo 100m de acostamento, a 0,40m do bordo externo da plataforma de base, determina-se a Ds “in situ” e considerando-se a Ds,máx correspondente (a pertencente ao segmento uniforme a executar ao qual se faz a determinação de Ds “in situ”) determina-se o GC. No caso de mistura na pista o ensaio de Ds “in situ” deve ser realizado exatamente no local de onde se retirou a amostra para Ds,máx.

Para que certa extensão de acostamento granular seja considerada “aprovada” (ap) é necessário que em todos os seus n pontos ensaiados tenha-se GC ≥ 100%. Em caso contrário a extensão de acostamento granular é considerada não aprovada (NAP), não sendo liberada a execução da camada sobrejacente. Nesse caso, o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a

desaprovação dever-se-á escarificar e recompactar a extensão de influência de cada ponto considerado deficiente, todos os ônus por conta da construtora.

Após a obtenção de cada n = 9 resultados, calcular-se-á o desvio padrão $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$, considerando-se a compactação homogênea se s ≤ 1,6. Se após quatro conjuntos de n = 9 resultados, consecutivos ou acumulados, a inequação acima não for satisfeita, o engenheiro fiscal paralisará o serviço de compactação e procederá a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução empregadas, tomando então as medidas julgadas cabíveis.

6.2.5 Controles da granulometria (GR), do limite de liquidez (LL) e do índice de plasticidade (IP = LL – LP) dos materiais na pista para aprovação da execução da camada.

A cada 300m de pista serão coletadas amostras de materiais, antes da compactação e após a homogeneização, para os ensaios de granulometria e plasticidade de solos.

A condição para aprovação da camada de acostamento granular é que a granulometria se enquadre na faixa especificada no projeto e atenda as seguintes inequações de plasticidade:

- LLmax = ≤ 40% (laterítico);
- IPmax = ≤ 15% (laterítico);
- LLmax ≤ 25% (não laterítico);
- IPmax = ≤ 6% (não laterítico);
- EAmin ≥ 30% (não laterítico, caso o LL e ou o IP ultrapassem os limites máximos).

O controle estatístico para intervalos homogêneos de materiais será feito pelas seguintes fórmulas (n ≥ 9):

$$X_{max} = \overline{X} + Ks$$

$$X_{min} = \overline{X} - Ks$$

sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{n}$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 / n - 1}$

K – dado pela tabela 2 da SOP-ES-CE 01/19 em função do número de amostras

Os materiais do acostamento granular que não atenderem as exigências especificadas serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo serem substituídos.

6.2.6 Controle do índice suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR) dos materiais na pista para aprovação da execução da camada.

Aproximadamente nos mesmos pontos (a cada 300m) onde foram coletadas as amostras para o controle da GR, LL e IP serão coletadas amostras na pista (inclusive de mistura em usina), imediatamente antes da compactação e após a verificação e aprovação da umidade de compactação, acondicionadas em sacos plásticos para manter o teor de umidade, e levadas para a confecção do corpo de prova e realização dos ensaios de CBR e expansão, na energia especificada pelo projeto, ou conforme o item 6.2.2.

A condição para aprovação da camada de acostamento granular e que sejam atendidas as seguintes inequações:

CBRmin $\geq$ 40% (não laterítico e laterítico)

Expansão max $\leq$ 0,5% (não laterítico)

$\leq$ 0,2% (laterítico)

Os materiais do acostamento granular (Base) que não atenderem as exigências especificadas serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, devendo serem substituídos.

6.2.7 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes ao desempenho dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pelo SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

Para cada jazida ou tipo de material deverão ser calculados estatisticamente todas as características obtidas nos ensaios, de modo se poder compará-las com as do projeto.

O registro do controle tecnológico é muito importante para o gerenciamento do pavimento.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Há dois casos a se considerar:

1º Caso – Os acostamentos são executados simultaneamente com a base da pista.

Neste caso o controle geométrico do acostamento é feito juntamente com o da base da pista.

2º Caso – Os acostamentos são executados separadamente da base da pista.

Neste caso o controle geométrico da camada de acostamento será conforme descrito a seguir.

7.1 Controle de cotas

Após a execução dos acostamentos, proceder-se-á a relocação do eixo e marcar-se-á em cada estaca, à trena, os seguintes dois pontos por acostamento:

- Um correspondente ao bordo interno do acostamento (igualmente coincidente com o bordo do revestimento da pista de rolamento).
- Um correspondente ao bordo externo do acostamento.

Os dois pontos serão nivelados e suas cotas comparadas com as do projeto, não se tolerando cotas fora do intervalo (C ± 2) cm, sendo C a cota do projeto.

No caso do revestimento ser um tratamento superficial, exige-se um acostamento mais bem acabado geometricamente, passando a tolerância de cotas por ponto individual para (C – 1,5) cm e (C + 1,5) cm.

Se o acostamento granular não atender ao controle de cotas, ele deverá ser refeito.

7.2 Controle de espessura

A espessura da camada de cada acostamento será controlada no seu bordo interno, por comparação entre a cota do ponto correspondente, nivelado na camada subjacente, e a do acostamento recém executado.
Serão admitidas as seguintes tolerâncias:

c) Para o valor individual de espessura: o intervalo (h – 2) cm a (h + 4) cm, sendo h = espessura do projeto.

d) Para a espessura mínima estatística do segmento a ser controlado: hmin ≥ (h – 1,0) cm, calculando-se hmin pela seguinte fórmula:

$$Hmin = \overline{X} - Ks$$

Sendo:

$$\overline{X} = \frac{\Sigma Xi}{n} \qquad e \qquad s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$$

Xi = valor individual da espessura e n = número de valores (n ≥ 5).

K – dado pela tabela 2 da SOP-ES-P-CE 01/19, em função do número de amostras, a seguir:

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

. Não será tolerado nenhum valor individual de espessura fora do intervalo especificado e de espessura mínima estatística inferior à espessura do projeto em mais de um centímetro. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

7.3 Controle da largura e da flecha de abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

e) A largura de cada acostamento, com trena,

f) A flecha de abaulamento, utilizando-se para tal o nivelamento feito para o controle de cotas.

O “serviço será aprovado” - (AP), quanto à largura e à flecha de abaulamento do projeto, se para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias “não forem ultrapassados”:

- + 10cm quanto à largura, não se tolerando falta
- Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

8 MEDIÇÃO

O acostamento granular (base) será medido pelo volume (V) da camada concluída, em metros cúbicos, calculado pela seção de projeto.

V = área da seção do projeto x extensão executada

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de acostamento granular (base) executado, medido conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos, transporte, impostos, eventuais, bem como a indenização de materiais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Recomposição de camada granular é o serviço executado por ocasião da restauração de um pavimento asfáltico destinada a recuperá-la integralmente, tecnologicamente e geometricamente, sem ou com adição de materiais, de modo que a camada restaurada possa continuar a desempenhar a mesma função no pavimento ou função de exigências técnicas inferiores:

Assim, uma base pode ser:

a) recomposta como base (é o caso mais comum);

b) aproveitada como sub-base;

c) aproveitada como reforço do subleito.

Uma sub-base pode ser:

a) recomposta como sub-base;

b) aproveitada como reforço do subleito;

Um reforço do subleito pode ser recomposto como reforço

2 MATERIAIS

Os materiais que vão constituir as camadas granulares recompostas ou aproveitadas devem obedecer às especificações respectivas pertinentes, quais sejam:

- Base granular (SOP-ES-P 04/19);
- Base granular melhorada com cimento (SOP-ES-P 05/19);
- Sub-base granular (SOP-ES-P 03/19);
- Acostamento granular (Base) (SOP-ES-P 06/19)
- Reforço granular (SOP-ES-P 02/19).

3 EQUIPAMENTO

O equipamento é o da especificação da camada recomposta pertinente, como citado no Item 2, sendo fundamental a disponibilidade de um trator de esteiras com lâmina e escarificador (potência mínima de 100 HP) para a demolição do revestimento quando este for uma mistura asfáltica.

O projeto poderá adotar uma solução com fresagem prévia para o caso de revestimento de mistura asfáltica.

4 EXECUÇÃO

Quando o revestimento é de mistura asfáltica, a execução da recomposição de camada granular pressupõe a prévia demolição e remoção do revestimento ou a sua fresagem.

Quando o revestimento é um tratamento superficial não é necessária a demolição do revestimento porque a operação de escarificação da base demolirá e o incorporará ao material de base existente.

A execução da recomposição de camada granular envolve as seguintes operações:

- Demolição ou fresagem de revestimento de mistura asfáltica e remoção dos resíduos asfálticos para local indicado no projeto ou indicado pela fiscalização;
- Escarificação da base, ou do conjunto tratamento superficial + base, numa espessura mínima de 10cm que é a profundidade da Base mais sujeita a deterioração.

Nota: caso ocorram remendos com massa asfáltica prejudiciais à recomposição da camada granular, os remendos terão que ser removidos para locais indicados pelo projeto ou pela fiscalização.

Sequência de execução sem mistura ou com mistura de solo (areia é um solo) na pista:

- Enleiramento e espalhamento do solo a misturar;
- Destorroamento, pulverização e homogeneização de solo seco ou mistura de solos secos na pista;
- Umedecimento (ou aeração) e homogeneização da umidade na pista;
- Compactação;
- Acabamento;
- Liberação da camada recomposta ao tráfego;

Sequência de execução com mistura de brita (solo brita) ou mistura de cimento (solo melhorado) em usina:

- Escavação, carga e transporte do material escarificado na pista para uma área de estocagem próximo da usina misturadora;
- Mistura em usina de solos e umedecimento dos materiais estocados provenientes da pista com materiais adicionais de brita ou de cimento, conforme indicado no projeto;
- Transporte e espalhamento da mistura de materiais na pista;
- Compactação;
- Acabamento;
- Liberação da camada recomposta ao tráfego.

Em qualquer caso a liberação da camada recomposta ao tráfego terá seu tempo condicionado a umidade do material, que pode ser mantida com molhagens feitas com caminhões espargidores, a coesão do material e a intensidade do tráfego.

Caso extremo: ocorre quando se vai fazer a recomposição de camada granular em um segmento do pavimento que entrou em colapso total, como por exemplo, num intervalo em corte onde falhou a drenagem profunda e as camadas do pavimento se deterioraram. Neste caso deve-se recompor a drenagem profunda

seguida da remoção de todas as camadas do pavimento e da sua reconstrução, inclusive nova regularização do subleito, todas as camadas obedecendo as especificações pertinentes.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

A recomposição de camada granular envolve serviços na pista de rolamento, conciliando-se o tráfego de serviço com o tráfego usuário e, no caso de ser necessário mistura de materiais, acrescentam-se as operações de exploração de jazida de solo ou exploração de pedreira e mistura em usina. no caso de pavimento com revestimento de mistura betuminosa há também a necessidade de bota-fora de resíduos asfálticos ou a sua reciclagem.

5.1 Cuidados na operação sobre a pista

A operação de recomposição de camada granular sobre a pista de rolamento exige sinalização intensiva de obra, utilização de EPI pelos trabalhadores, devendo ser evitado tráfego desordenado dos equipamentos na pista para não conflitar com o tráfego usuário.

5.2 Tráfego de equipamentos fora do corpo estradal

O estacionamento dos equipamentos e as atividades de manutenção e abastecimento deverão ocorrer em áreas fora do corpo estradal, devendo-se ter o cuidado para que resíduos de lubrificantes ou combustíveis não contaminem os aquíferos.

Deverá ser evitado o tráfego de equipamentos ao lado do corpo estradal para não destruir a vegetação lindeira.

5.3 Exploração de jazidas

Quando a recomposição é feita com mistura de solos de jazidas (ou areais), deve-se ter os seguintes cuidados:

- desmatamento da área mínima necessária da jazida;
- estoque da camada orgânica superior para posterior espalhamento na área desmatada;
- suavização dos taludes e regularização da área favorecendo a drenagem natural, para novamente integrá-la à paisagem local;
- não é permitida a queima da vegetação removida;
- as jazidas não podem ser localizadas em áreas de boa aptidão agrícola, em reservas florestais, ecológicas e de preservação ambiental.

5.4 Depósito de materiais excedentes

Quando não há reciclagem dos resíduos asfálticos excedentes os mesmos deverão ser depositados em áreas de topo, sem riscos de contaminação do lençol freático.

Deverão ser obedecidas as seguintes instruções ambientais:

- DERT-ISA 06/96 (Orientações ambientais para áreas de bota-fora);
- DERT-ISA 07/96 (Orientações ambientais para operação de máquinas e equipamentos).

Também deverá ser atendida a especificação SOP-ES-T 09/19 (Depósito de materiais excedentes).

5.5 Exploração de pedreira

Quando a recomposição de camada granular exigir a mistura com agregados pétreos a exploração da pedreira deverá ser planejada adequadamente de modo a minimizar os danos ambientais inevitáveis e possibilitar a recuperação ou mitigação ambiental, após a retirada de todos os materiais, instalações e equipamentos.

5.6 Licenciamento ambiental

Os trabalhos de recomposição de camada granular só poderão ser iniciados após a concessão de todas as licenças previstas no ordenamento ambiental.

6CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle dos materiais

A condição essencial é que os materiais da recomposição de camada granular atendam as especificações pertinentes à camada recomposta e as especificações particulares e complementares do projeto.

As especificações pertinentes da camada recomposta poderão ser:

- Reforço granular do subleito (SOP-ES-P 02/19);
- Sub-base granular (SOP-ES-P 03/19);
- Base granular (SOP-ES-P 04/19);
- Base granular melhorada com cimento (SOP-ES-P 05/19);
- Acostamento granular (Base) (SOP-ES-P 06/19);
- Fresagem a frio de revestimento asfáltico (SOP-ES-P 22/19).

Os materiais da camada recomposta que não atenderem as especificações pertinentes serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados, mesmo se já estiverem na pista ou estocados no pátio da usina misturadora.

6.2 Controle de execução

A condição essencial para garantir uma boa execução é que os materiais atendam as exigências do projeto e que o grau de compactação – GC atinja o mínimo especificado.

É através do controle de execução que se fará a aceitação ou rejeição da camada recomposta, devendo os ensaios serem realizados com amostras coletadas na pista.

O controle de execução obedecerá a especificação pertinente da camada recomposta, podendo ser uma das especificações citadas no item 6.1.

A camada granular recomposta que não atender as especificações pertinentes serão consideradas não aprovadas (NAP), devendo ser substituída ou dada outra solução que a compatibilize com as especificações

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O controle de cotas, controle de espessura, controle da largura e da flecha de abaulamento da camada recomposta obedecerá às exigências da especificação pertinente, podendo ser:

- Reforço granular do subleito (SOP-ES-P 02/19);
- Sub-base granular (SOP-ES-P 03/19);
- Base granular (SOP-ES-P 04/19);
- Base granular melhorada com cimento (SOP-ES-P 05/19);
- Acostamento granular (Base) (SOP-ES-P 06/19);
- Fresagem a frio de revestimento asfáltico (SOP-ES-P 22/19).

Os serviços não aprovados serão refeitos.

8 MEDIÇÃO

Para a medição de recomposição de camada granular deve-se observar os seguintes casos:

8.1 Fresagem do revestimento asfáltico

Quando o revestimento é uma mistura asfáltica e o projeto indica a sua fresagem, é medido pelo volume fresado, em metros cúbicos, conforme seção e profundidade do projeto.

O transporte do material fresado é medido pela fórmula de transporte local, com base no peso do material e distância de transporte

8.2 Remoção mecanizada de revestimento asfáltico

Quando o revestimento é uma mistura asfáltica e o projeto indica a sua demolição, é medido pelo volume demolido, em metros cúbicos, conforme seção e espessura do projeto.

O transporte do material demolido é medido pela fórmula de transporte local, com base no peso do material e distância transportada.

Nota: quando o revestimento for um tratamento superficial, a sua demolição está incluída na medição da operação de escarificação para aproveitamento da base.

8.3 Reconformação de camada granular sem adicionamento de material

Neste caso a medição é feita pelos dois itens seguintes:

- Escarificação para aproveitamento da camada, medida pelo volume escarificado, em metros cúbicos, conforme seção e profundidade do projeto;
- Recomposição da camada estabilizada granulometricamente, medida pelo volume compactado da camada, em metros cúbicos, conforme seção e espessura do projeto.

8.4 Recomposição da camada granular com adicionamento de solo de jazida (ou areal)

Neste caso a medição é feita pelos dois itens anteriores, de 8.3 (escarificação e recomposição da camada) acrescidos dos dois itens seguintes:

- Escavação e carga de material adicional de jazida para recomposição de camada granular, medido pelo volume escavado na jazida, em metros cúbicos, com base no processo da média das áreas ou conforme previsto no projeto;
- Transporte do material adicional, medido pela fórmula de transporte local, com base no peso do material e distância transportada.

8.5 Recomposição de camada granular com adicionamento de brita

Neste caso a recomposição de camada granular equivale e é medida como uma base de solo brita, considerando-se como jazida de solo a própria camada na pista a ser aproveitada. Assim a medição é feita pelo volume projetado da camada de solo brita, na proporção percentual de brita indicada no projeto e pelos transportes de solo e de brita até a usina misturadora e depois o transporte da mistura até a pista que são medidos pelas fórmulas de transporte local, com base nos pesos dos materiais e distâncias transportadas.

8.6 Recomposição de camada granular com adicionamento de cimento

Neste caso a recomposição de camada granular equivale e é medida como uma base granular melhorada com cimento, considerando-se como jazida de solo a própria camada na pista a ser aproveitada. Assim a medição é feita pelo volume projetado da camada de solo melhorado com cimento, na proporção percentual de cimento indicada no projeto. O transporte de solo da pista até a usina misturadora e depois o transporte do solo melhorado com cimento até a pista ambos são medidos pelas fórmulas de transporte local, com base no peso dos materiais e distâncias transportadas. O transporte do cimento até a usina misturadora é medido

pela fórmula de transporte comercial, com base no peso do cimento e distância transportada.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais de cada item de medição, conforme discriminado no item 8 anterior, estando incluído nos preços todos os custos da execução, tais como equipamentos, veículos, ferramentas, usinagem, transportes, praça de estocagem para cura de materiais, mão de obra, encargos, impostos, eventuais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Reciclagem de camada granular de base com incorporação do revestimento existente é o serviço executado por ocasião da restauração de um pavimento asfáltico com o objetivo de recuperá-la integralmente, tecnologicamente e geotecnicamente, sem ou com adição de materiais, de maneira que a camada restaurada possa desempenhar a mesma função de base no pavimento ou função de exigências técnicas inferiores, tais como sub-base ou reforço do subleito

No projeto será indicada a profundidade ou espessura de corte (revestimento + base) e a necessidade ou não de adicionamento de materiais, quantificando a adição por percentual em peso ou por taxa de aplicação por metro quadrado.

Os materiais adicionais poderão ser: brita, solo, cal, cimento Portland, emulsão asfáltica, etc.

2 MATERIAIS

Os materiais que vão constituir a camada granular reciclada devem obedecer a sua especificação pertinente, podendo ser:

- Base granular (SOP-ES-P 04/19);
- Base granular melhorada com cimento (SOP-ES-P 05/19);
- Acostamento granular (base) (SOP-ES-P 06/19);
- Sub-base granular (SOP-ES-P 03/19);
- Reforço granular do subleito (SOP-ES-P 02/19).

O revestimento asfáltico a ser incorporado poderá ser um tratamento superficial ou uma mistura asfáltica.

Quando o revestimento for uma areia asfalto deve-se verificar se há perda de suporte CBR na mistura do revestimento com o material da base existente.

Se houver redução significativa do CBR deve-se optar por outra solução, fresagem da areia asfalto por exemplo.

Também a ocorrência de remendos profundos, com misturas asfálticas, pode influenciar na qualidade geotécnica da mistura do revestimento com o material da base existente. Esses tipos de remendos devem ser removidos antes da reciclagem, substituindo-se a mistura asfáltica do remendo por solo ou brita, o que for mais apropriado, para não haver falta.

3 EQUIPAMENTOS

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço.

São indicados os seguintes equipamentos para reciclagem:

a) Máquina recicladora, suficientemente potente para a operação de reciclagem, com as seguintes características:

- possuir dispositivo eletrônico de regulagem de profundidade ou espessura de reciclagem, de forma nivelada e uniforme;
- ser autopropelida e ter a capacidade de pulverizar, misturar, umedecer e espalhar na pista a quantidade de material suficiente para atender a espessura da camada projetada;

b) Caminhão tanque de 8.000 litros.

c) Rolo compactador de pneus de pressão variável.

d) Rolo compactador liso vibratório.

e) Motoniveladora, para acabamento da superfície.

f) Espalhador de agregado, quando houver adicionamento de brita.

4 EXECUÇÃO

4.1 Segmento teste

O projeto deve indicar a profundidade de reciclagem do revestimento + base, quando não tem adição de material, ou profundidade do revestimento + base + espessura projetada do material adicional, espalhado previamente e uniformemente sobre a plataforma estradal.

No entanto, no início dos serviços de reciclagem, é obrigatório a execução do segmento teste, na largura de uma faixa de tráfego ou metade da pista, para comprovar se a profundidade de reciclagem prevista resultará na espessura desejada para a base compactada e também para confirmar os resultados geotécnicos esperados, conforme foram previamente definidos nos ensaios laboratoriais.

Na execução do segmento teste deve-se também procurar estabelecer o número de coberturas dos rolos compactadores, no mesmo ponto, para se atingir o grau de compactação desejado.

Os serviços só poderão prosseguir após se obter resultados satisfatórios no segmento teste.

4.2 Sequência executiva

a) Espalhamento do material adicional (se for previsto), com espalhador de agregado ou motoniveladora, na espessura confirmada do segmento teste;

b) Reciclagem na profundidade confirmada do segmento teste, envolvendo: o corte do material, pulverização, umedecimento, homogeneização, espalhamento na quantidade de material tal que, após a compactação permita o acabamento por corte da motoniveladora e ainda se atingir a espessura final de projeto para a base reciclada.

A faixa da umidade de compactação é de -2% a + 1% em relação a umidade ótima (hot), devendo-se para mantê-la se utilizar caminhão tanque espargidor de água.

4.3 Liberação ao tráfego

A reciclagem é feita conciliando-se com o tráfego da rodovia, sem poder interrompê-lo. Quando a camada reciclada for funcionar como base o mais conveniente é se liberar a faixa da base recém reciclada só após a sua imprimação, aguardando-se um mínimo de 12 horas para a cura e penetração do ligante asfáltico e fazendo-se o “salgamento” da base Imprimada com areia ou pó de pedra. O tempo de atuação do tráfego deve ser observado visualmente para não permitir danos à base imprimada. A execução do novo revestimento deve ser programada em função do tempo de exposição da base imprimada ao tráfego.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

A restauração de pavimentos por reciclagem apresente uma vantagem ecológica porque aproveita os materiais da pista, reduzindo os danos ambientais causados pela exploração de ocorrências de materiais.

5.1 Cuidados na operação sobre a pista

A operação de reciclagem de base com incorporação do revestimento exige sinalização intensiva de obra, utilização de EPI pelos trabalhadores, devendo ser evitado tráfego desordenado dos equipamentos na pista para não conflitar com o tráfego usuário.

5.2 Tráfego de equipamentos fora do corpo estradal

O estacionamento dos equipamentos e as atividades de manutenção e abastecimento deverão ocorrer em áreas fora do corpo estradal, devendo-se ter o cuidado para que resíduos de lubrificantes ou combustíveis não contaminem os aquíferos.

Deverá ser evitado o tráfego de equipamentos ao lado do corpo estradal para não destruir a vegetação lindeira.

5.3 Exploração de jazidas

Quando houver adição de solo de jazida (ou areal) na operação de reciclagem, deve-se ter os seguintes cuidados:

- desmatamento da área mínima necessária da jazida;
- estoque da camada orgânica superior para posterior espalhamento na área desmatada;
- não é permitida a queima da vegetação removida;
- suavização dos taludes e regularização da área, favorecendo a drenagem natural, para novamente integrá-la à paisagem local;
- as jazidas não podem ser localizadas em áreas de boa aptidão agrícola, em reservas florestais, ecológicas e de preservação ambiental.

5.4 Exploração de pedreira

Quando houver adição de agregados pétreos na operação de reciclagem, deve-se ter os seguintes cuidados:

- planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos ambientais inevitáveis e possibilitar a recuperação ou mitigação ambiental, após a retirada de todos os materiais, instalações e equipamentos;
- construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzido em excesso, ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para os cursos d’água;
- caso a brita seja adquirida de terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente.

5.5 Licenciamento ambiental

Os trabalhos de reciclagem de base com incorporação do revestimento só poderão ser iniciados após a concessão de todas as licenças previstas no ordenamento ambiental.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O projeto define no trecho a restaurar cada intervalo e suas soluções próprias, estabelecendo para cada um deles a profundidade de reciclagem e os resultados geotécnicos do material reciclado, com ou sem adição de material importado.

Para cada intervalo, ou seja, para cada solução, deverá ser executado um segmento teste, com extensão de meia pista entre 200 e 300 metros, onde serão confirmados a espessura de reciclagem e os parâmetros geotécnicos exigidos para a base, ou camada de menores exigências técnicas.

Os ensaios geotécnicos e a frequência de execução para o controle tecnológico são os seguintes:

6.1 Controle do comportamento laterítico

Este controle é feito apenas no segmento teste quando houver dúvida sobre a natureza do comportamento do solo. Fica confirmado o comportamento laterítico quando a expansão determinada no corpo de prova CBR, moldado com a energia de 55 golpes/camada, em cinco ensaios, se verificar que a inequação a seguir seja satisfeita:

$$X_{max} = \overline{X} + 1{,}55s \leq 0{,}2\%$$

com: $\overline{X} = \dfrac{\Sigma X_i}{5}$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 / 4}$,

6.2 Controle de abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98)

Este controle é feito no segmento teste, com três amostras coletadas após a reciclagem da base, devendo o material retido na peneira N° 10 (2mm) apresentar desgaste por abrasão máximo de 65% (LA ≤ 65%).

Não sendo atendida essa exigência, deve-se repetir os ensaios e persistindo a desobediência, a solução do projeto deverá ser revista.

6.3 Controle da granulometria (GR), do limite de liquidez (LL) e do índice de plasticidade (IP = LL – LP)

As amostras serão coletadas na base reciclada, após a homogeneização e antes da compactação.

A frequência dos ensaios é a seguinte

- No segmento teste: 5 ensaios
- No intervalo restante da solução: a cada 300m de pista

Critérios de aceitação:

- Granulometria enquadrada numa das seguintes faixas granulométricas (DNER-ME 80/94):

Solos não lateríticos (% passando em peso):

ASTM ABNT	mm	A	B	C	D	E*	F*
2”	50,8	100	100	-	-	-	-
1”	25,4	-	75 – 90	100	100	100	100
3/8”	9,52	30 – 60	40 – 75	50 – 85	60 – 100	-	-
Nº 4	4,76	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100
Nº 10	2,00	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100
Nº 40	0,42	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 – 70
Nº 200**	0,074	2 – 8	5 – 15	5 – 15	5 – 20	6 – 20	8 – 25

* Excepcionalmente para N < 5 X 10^5 (número de repetições do eixo simples padrão), sem predominância de veículos comerciais.

** % pass. pen. Nº 200 ≤ 2/3 (% pass. Nº 40).

Solos lateríticos (% passando em peso):

ASTM ABNT	mm	A	B	C*
2”	50,8	100	-	-
1”	25,4	75 - 100	100	-
3/8”	9,52	40 – 85	60 – 95	100
Nº 10	2,00	15 - 60	15 – 60	35 – 90
Nº 40	0,42	10 – 45	10 – 45	20 – 80
Nº 200**	0,074	5 – 30	5 – 30	8 - 40

* Excepcionalmente para N ≤ 10^5 (número de repetições do eixo simples padrão), sem predominância de veículos comerciais.

** % pass. pen. Nº 200 ≤ 2/3 (% pass. Nº 40)

- Inequações de plasticidade:

  LL ≤ 25% (não laterítico)

  LL ≤ 40% (laterítico)

  IP ≤ 6% (não laterítico)

  IP ≤ 15% (laterítico)

  EA min ≥ 30% (não laterítico, caso o LL e o IP ultrapassem os limites máximos)

O controle estatístico sera feito pelas seguintes fórmulas:

No “segmento teste”: $X_{max} = \overline{X} + 1{,}55s$

$$X_{min} = \overline{X} - 1{,}55s$$

sendo: $\overline{X} = \dfrac{\Sigma X_i}{5}$

$$s = \sqrt{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 / 4}$$

No restante do Intervalo: $X_{max} = \overline{X} + Ks$

$$X_{min} = \overline{X} - Ks$$

sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{n}$

$s = \sqrt{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 / n - 1}$

n = número de ensaios

K – dado pela tabela 2 da SOP-ES-P 01/19 em função do número de amostras

Os materiais da base reciclada que não atenderem as exigências especificadas serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados devendo ser revista a solução.

6.4 Determinação da faixa de umidade de compactação e da densidade máxima considerada padrão

O projeto de reciclagem de base com incorporação do revestimento, com ou sem adição de material, deve definir as seguintes características:

a) A energia de compactação (número de golpes) – En;
b) A faixa de umidade de compactação (hot – x) % a (hot + y) %;
c) A massa específica aparente seca máxima (Ds,max).

No controle tecnológico da execução mantem-se a energia de compactação do projeto mas, para maior precisão, através de ensaios de compactação (DNIT 164/2013 – ME), determinam-se novas faixas de umidade de compactação e novas densidades máximas padrão, com amostras de materiais da base reciclada coletadas na pista, espaçamento em função da homogeneidade granulométrica dos materiais, não devendo a determinação da umidade e densidade de referência ser espaçada em mais de 900 metros de pista.

O “segmento teste” de 200 a 300m de meia pista é considerado homogêneo para efeito de determinação da Ds,max e da hot, fazendo-se uma única determinação com amostra representativa do material reciclado.

A energia de compactação (número de golpes/camada) só poderá ser modificada com a aquiescência do projetista. A energia de compactação da camada de base que seja capaz de vencer o atrito interno do material e de se obter a máxima densificação, é fundamental para a garantia da resistência à deformação, ao cisalhamento e à ocorrência de deflexões elásticas elevadas na fase de consolidação do pavimento pelo próprio tráfego.

- Caso da base de brita graduada

Quando a base a ser reciclada com incorporação do revestimento for de brita graduada, a energia de compactação (n° de golpes/camada) será definida com amostras coletadas na pista, após a reciclagem, executando-se o ensaio de compactação com cinco energias distintas, com os seguintes números de golpes por camada: 26, 55, 70, 85 e 100, de modo a se obter cinco curvas de compactação. As umidades podem ser determinadas pelo speedy (DNER-ME 52/94) ou com o álcool (DNER-ME 88/94). Traça-se a curva Ds.max x energia (n° de golpes) e determina-se o número de golpes ideal como sendo o correspondente ao ponto imediatamente anterior ao início da assintotização da curva.

De posse do número de golpes ideal, faz-se um ensaio de compactação, com 5 pontos (DNIT 164/2013-ME), com speedy ou álcool, determinando-se Ds.max e hot e adota-se Ds.max como padrão de compactação para os limites do controle de umidade adota-se hot – 2% a hot + 1,0%.

O CP para o ensaio de CBR/expansão será moldado na umidade ótima com o número de golpes ideal, conforme aqui determinado.

Este procedimento poderá ser dispensado se o projeto já estabelecer o número de golpes para a determinação da Ds.max e da faixa de umidade de compactação.

6.5 Controle do teor de umidade de compactação (hc)

A umidade de compactação é conseguida na própria máquina recicladora, podendo ser necessário ou não a complementação com o uso de caminhão tanque atuando na pista.

Antes da compactação de um segmento uniforme, inclusive do segmento teste serão determinadas aleatoriamente, a cada 50m de pista, a umidade do material da base reciclada, com speedy ou álcool, estando liberada a compactação quando hc estiver no intervalo hot – 2% a hot + 1,0%, ou na faixa de umidade definida em projeto.

6.6 Controle do índice de suporte Califórnia (CBR) e da expansão (no CBR)

Na pista, aproximadamente nos mesmos pontos (a cada 300m), onde foram coletadas as amostras para o controle de GR, LL e IP, serão coletadas amostras para o controle do CBR, antes da compactação, mas após a verificação e aprovação da umidade de compactação. As amostras serão acondicionadas em sacos plásticos, para manter o teor de umidade, e levadas para a confecção do corpo de prova e realização do ensaio CBR e expansão, na energia especificada pelo projeto ou conforme o item 6.4.

No segmento teste o controle do CBR e expansão será feito com a coleta de uma amostra representativa.

A condição para aprovação da camada de base reciclada com incorporação do revestimento é que sejam atendidas as seguintes inequações:

CBRmin $\geq$ 40% (p/acessos com N $\leq$ 5 x 10^5)

$\geq$ 60% (p/N $<$ 5 x 10^6)

$\geq$ 80% (p/N $\geq$ 5 x 10^6)

Expansão max $\leq$ 0,5% (não laterítico)

$\leq$ 0,2% (laterítico)

Os materiais da base reciclada que não atenderem as exigências especificadas serão considerados não aprovados (NAP) e rejeitados devendo-se pesquisar as causas e se necessário rever o projeto.

6.7 Controle do grau de compactação – GC

GC é definido como a relação percentual entre a massa especifica aparente seca (Ds), geralmente chamada de densidade aparente seca e a massa específica seca máxima ou densidade aparente seca máxima (Ds.max).

$$GC = \frac{Ds}{Ds.max} \times 100$$

Onde: Ds é obtida “in situ” (DNER-ME 92/94), frasco de areia – speedy ou álcool, o mesmo adotado em 6.4;

Ds.max é obtida em 6.4, para o segmento uniforme a compactar.

No segmento teste e na pista a frequência para a verificação do grau de compactação é a cada no máximo 100 metros de pista, na ordem bordo direito – eixo – bordo esquerdo – bordo direito, etc, a 0,40m do bordo da plataforma de base, determinando-se então a Ds “in situ” para comparar com a Ds.max do segmento uniforme pertinente, e se determinar o grau de compactação.

Para que certa extensão de base reciclada com incorporação do revestimento seja considerada aprovada (AP) é necessário que em todos os seus n pontos ensaiados tenha-se GC $\geq$ 100%.

Em caso contrário a extensão de base é considerada não aprovada (NAP), não sendo liberada a execução da camada sobrejacente.

Neste caso, o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a desaprovação dever-se-á escarificar (ou repetir a reciclagem) e recompactar a extensão de influência de cada ponto considerado deficiente, todos os ônus por conta da construtora.

Após a obtenção de cada n = 9 resultados, calcular-se-á o desvio padrão $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \overline{X})^2/n-1}$, considerando-se a compactação homogênea se $s \leq 1,6$.

Se após a obtenção de cada n = 9 resultados, consecutivos ou acumulados, a inequação de homogeneidade não for satisfeita, o engenheiro fiscal paralisará o serviço de compactação e procederá a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução empregada, tomando-se as medidas cabíveis.

6.8 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

A reciclagem da base com incorporação do revestimento é feita em um pavimento existente, que já possui um histórico de comportamento quanto as deflexões reversíveis.

As medidas das deflexões pós reciclagem se tornam mais necessárias nos seguintes casos:

- o pavimento existente já tem um histórico de deflexões elevadas;
- o revestimento do pavimento existente é de tratamento superficial e passará a ser de concreto asfáltico no novo pavimento uma vez que a deflexão admissível do concreto asfáltico é a metade da deflexão admissível pelo tratamento superficial;
- a base a ser reciclada é de brita graduada, porque há o risco de ocorrer deflexões elevadas na fase de consolidação da compactação pelo tráfego, caso o grande atrito interno da base tenha dificultado se alcançar a densificação máxima pela compactação.

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
≥ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas,

que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando R x Do $>$ 5500m x 10^{-2}mm.

6.9 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes ao desempenho dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

Para cada jazida ou tipo de material deverão ser calculados estatisticamente todas as características obtidas nos ensaios, de modo a se poder compará-las com as do projeto.

O registro do controle tecnológico é muito importante para o gerenciamento do pavimento.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de Cotas

Após a execução da camada de base reciclada com incorporação do revestimento, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo, dos bordos da pista de rolamento e dos bordos da plataforma (cinco pontos por estaca) para a determinação das cotas de execução que deverão ser comparadas com as cotas do projeto.

No caso de rodovia com mais de duas faixas de tráfego, o controle de cotas da base granular será feito nos bordos de cada faixa de tráfego.

Não será tolerado nenhum valor individual de cota fora do intervalo (C – 2,0) cm e (C + 2,0) cm, sendo C a cota do projeto para o ponto considerado. O serviço “não aprovado” (NAP) será refeito.

No caso do revestimento ser um tratamento superficial, exige-se uma base mais bem acabada geometricamente, passando a tolerância de cotas por ponto individual para (C – 1,5) cm e (C + 1,5) cm.

Se a base reciclada com incorporação do revestimento não atender quanto ao controle de cotas, ela deverá ser refeita.

7.2 Controle de Espessura

A espessura da camada de base reciclada com incorporação do revestimento será controlada no eixo e nos bordos da pista de rolamento, por ocasião da execução dos furos para os ensaios de densidade “in situ”.

Serão admitidas as seguintes tolerâncias:

e) Para o valor individual de espessura: o intervalo (h – 2) cm a (h + 4) cm, sendo h = espessura do projeto.

f) Para a espessura mínima estatística do segmento a ser controlado: hmin ≥ (h – 1,0) cm, calculando-se hmin pela seguinte fórmula:

$$hmin = \overline{X} - ks$$

$$\overline{X} = \frac{\Sigma Xi}{n} \quad e \quad s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$$

Sendo Xi = valor individual da espessura e n = número de valores (n ≥ 9).

K – dado pela tabela 2 da SOP-ES-P 01/19, em função do número de amostras, a seguir:

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

Não será tolerado nenhum valor individual de espessura fora do intervalo especificado e de espessura mínima estatística inferior à espessura do projeto em mais de um centímetro. O serviço não aprovado (NAP) será refeito.

7.3 Controle da largura e da flecha de abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

g) A largura da plataforma, com trena,

h) A flecha de abaulamento, utilizando-se para tal o nivelamento feito para o controle de cotas.

O serviço será aprovado - (AP), quanto à largura e à flecha de abaulamento do projeto, se para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias não forem ultrapassados:

- ± 10 cm quanto à largura

- Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

O serviço não aprovado (NAP) será refeito.

8 - MEDIÇÃO

A base reciclada com incorporação do revestimento será medida pelo volume (V) da camada concluída, em metros cúbicos, calculado pela seção do projeto.

V = área da seção do projeto x extensão executada

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de base reciclada com incorporação do revestimento executado, medido conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização de materiais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Imprimação é o serviço de aplicação de um banho de material asfáltico na superfície de uma camada granular compactada, geralmente uma base de um pavimento, objetivando:

a) aumentar a coesão na superfície da camada granular, pela penetração do ligante asfáltico;

b) impermeabilizar a camada granular;

c) promover aderência entre a camada granular de base com o revestimento asfáltico sobrejacente. A imprimação perde o poder de aderência quando o ligante asfáltico resseca pelo tempo de exposição ao vento e ao sol ou quando é lançado sobre ela areia, pó de pedra, poeira e também pela atuação do tráfego.

2 MATERIAIS ASFÁLTICOS

Para a imprimação são indicados:

- Asfalto diluído de cura média: CM-30 para solos impermeáveis e CM-70 para solos permeáveis;
- Emulsão asfáltica, tipo EA 1 (previsão da ISO 14.000 para a Petrobrás substituir os asfaltos diluídos)

A taxa de aplicação ideal é a que for absorvida pela camada granular em 24 horas, devendo ser estabelecida experimentalmente, sem deixar excesso ou escassez, e que proporcione uma penetração na camada granular de no mínimo 3mm.

A taxa de aplicação varia com o tipo de ligante asfáltico e com a permeabilidade do material da camada granular, variando geralmente entre 0,8 Kg/m² a 1,7 Kg/m².

3 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos para o serviço de imprimação devem ser cuidadosamente examinados pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

Os equipamentos da imprimação são os seguintes:

- Para varredura da superfície a imprimar: vassouras mecânicas rotativas ou jato de ar comprimido, podendo também ser por varredura manual;
- Caminhão distribuidor do ligante asfáltico, provido com bomba reguladora de pressão, sistema completo de aquecimento para propiciar a aplicação do ligante em quantidade uniforme e viscosidade adequada, barra distribuidora, do tipo de circulação plena, com dispositivo que permita ajustamentos verticais de altura e largura variável para o espalhamento do ligante, devem ainda dispor de tacômetro, calibradores, termômetros todos de fácil visualização e um espargidor manual para correções do banho ou imprimação de pequenas superfícies;
- Depósito para estoque de ligante asfáltico, com capacidade de armazenar o ligante de pelo menos um dia de trabalho, equipado com dispositivo que permita o aquecimento na temperatura adequada e de maneira uniforme para todo o conteúdo. Havendo necessidade de troca do tipo de ligante, o depósito terá que ser esvaziado totalmente e completamente limpo para receber o novo material.

4 EXECUÇÃO

Após a completa conclusão da camada granular a imprimar, faz-se a varredura da superfície, de modo a eliminar o pó e materiais soltos porventura existentes.

As faixas de viscosidade adequadas para a aplicação dos ligantes são as seguintes:

- Asfalto diluído (CM-30): de 30 a 60 segundos Saybolt-Furol;

- Emulsão asfáltica (EA-1): de 30 a 100 segundos Saybolt-Furol.

A curva viscosidade x temperatura de cada ligante indicará a temperatura ideal de sua aplicação.

A aplicação do ligante asfáltico não deve ocorrer quando a temperatura ambiente for inferior a 10°C e em dias de chuva ou de chuva iminente.

A taxa de aplicação do ligante é estabelecida experimentalmente em segmento teste, no início da execução, para cada tipo de material da base a imprimar.

A superfície da camada a imprimar deve estar levemente úmida.

A imprimação deve ser feita em toda largura da camada (pista sem tráfego) e deixá-la fechada ao trânsito de veículos.

Quando não for possível, há duas opções a saber:

- Imprimação em meia pista, interditando-a e deslocando todo o tráfego para outra meia pista, geralmente por um período de 5 dias, até que se possa inverter o tráfego e se imprimar a outra meia pista;
- Quando não se puder esperar os 5 dias, faz-se a imprimação em meia pista, interditando-a por um tempo menor, de no mínimo 12 horas, após o qual se joga uma camada de areia ou pó de pedra sobre a meia pista imprimada, liberando-a ao tráfego para permitir a interdição da outra meia pista e a execução de sua imprimação.

Para evitar excesso de ligante por superposição de banhos deve-se colocar faixas de papel impermeável, transversalmente à pista, no final da superfície imprimada anteriormente.

Havendo falhas na aplicação do material asfáltico, a mesma deverá ser corrigida imediatamente com o espargidor manual.

Quando o revestimento é uma mistura asfáltica é obrigatório uma pintura de ligação sobre a imprimação que tiver perdido o seu poder de aderência.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades da imprimação que podem causar danos ao meio ambiente são o armazenamento e o espalhamento do ligante asfáltico.

O depósito de material asfáltico deve ser instalado em local afastado de cursos d'água.

É vedado o refugo de materiais asfálticos na faixa de domínio da rodovia ou em qualquer outro local que possa causar danos ambientais.

A desmobilização desta atividade inclui a remoção do depósito de ligante, a limpeza de eventuais resíduos asfálticos no canteiro de obras e a recomposição de toda área afetada pela operação de imprimação.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Material asfáltico

A condição essencial é que o material asfáltico atenda esta especificação e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

A todo carregamento de material asfáltico que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios atendendo a norma DNER-EM 363/97 (Asfalto diluído tipo cura média), conforme a seguir:

- para asfalto diluído: viscosidade Saybolt-Furol (DNER-ME 004/94);
  ponto de fulgor (DNER-ME 148/94);

destilação (DNER-ME 012/94).

- para emulsão asfáltica: viscosidade Saybolt-Furol (DNER-ME 004/94);
  resíduo por evaporação (ABNT NBR 6568/84);
  peneiramento (DNER-ME 005/94);
  sedimentação (DNER-ME 006/00).

Quando a emulsão asfáltica EA 1 permanecer estocada por 5 (cinco) dias ou mais, é necessário a realização de um ensaio de sedimentação antes de voltar a utilizá-la.

No laboratório da obra será realizado o ensaio de viscosidade Saybolt Furol, com dois pontos, a 25°C e 50°C, para traçar o gráfico viscosidade x temperatura que definirá a faixa de temperatura de espalhamento do material asfáltico.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios da norma DNER-EM 363/97 para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

6.2 Controle de execução

A condição essencial é que a taxa de aplicação do ligante asfáltico seja a taxa ideal (T) estabelecida experimentalmente no início do serviço, com a tolerância de ± 12% (0,88 T a 1,12 T).

O controle da taxa de aplicação será feito através de uma bandeja, de área e peso conhecidos, que será colocada na faixa a ser imprimada por ocasião da passagem do caminhão espargidor. A taxa é calculada pela diferença de peso da bandeja, com ligante e sem ligante, dividida pela área da bandeja.

A frequência de determinação da taxa de aplicação é a cada 100 metros da faixa imprimada.

O controle estatístico da taxa de aplicação é feito conforme a seguir:

- Número de determinações = n ($n \geq 9$)
- Taxa média: $\overline{T} = \dfrac{\Sigma T_i}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma\ (T_i - \overline{T})^2 / n - 1}$
- Taxa máxima: Tmax = $\overline{T} + Ks$
- Taxa mínima: Tmin = $\overline{T} - Ks$

K – dado pela tabela 2 da SOP-ES-P 01/19, em função do número de amostras, a seguir:

Tabela 2

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

O serviço de imprimação será aprovado (AP) quando a taxa de aplicação se situar entre os limites especificados. Em caso contrário o serviço será não aprovado (NAP), devendo a fiscalização determinar as seguintes providências:

- Excesso de ligante: aguardar 12 horas (sem tráfego) e depois lançar uma camada de areia ou pó de pedra sobre a área com excesso de ligante, comprimindo a areia ou pó de pedra com rolo de pneus;
- Escassez de ligante: corrigir a taxa de ligante com nova imprimação ou com o uso do espargidor manual;
- Em caso extremo de má execução, deve-se raspar a camada de imprimação com motoniveladora, escarificar a base e reconstruí-la para depois fazer uma nova imprimação.

Todos os ônus da correção por conta do construtor.

6.3 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO

Após a execução da imprimação, proceder-se-á a relocação do eixo e marcar-se-á em cada estaca, a trena, os bordos da imprimação, obedecendo a largura indicada no projeto.

O serviço será aprovado quanto à largura do projeto, se, para cada valor individual, for atendida as seguintes tolerâncias:

+ 10cm quanto a largura, não se tolerando falta.

Quando ocorrer eventualmente imprimação com largura insuficiente, ela poderá ser complementada com auxílio de espargidores manuais.

Ocorrendo insuficiência frequentes de largura ou excesso além do tolerado, os serviços serão paralisados e só reiniciados quando corrigidas as falhas de execução, se necessário com a troca do equipamento espargidor ou do operador.

Quando a imprimação se destinar a um tratamento superficial duplo, o acabamento da superfície em áreas visualmente suspeitas, será verificado com auxílio de duas réguas, com comprimento de 3,00m e 0,90m, colocadas em ângulo reto, alternando cada uma em posição normal e paralela ao eixo da rodovia. A verificação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm em qualquer das duas posições do conjunto.

8 MEDIÇÃO

A execução da imprimação será medida através da área executada e aprovada, em metros quadrados.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, calculado com base nas taxas obtidas no controle de execução.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para a área de imprimação e peso do ligante asfáltico, medidos conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas de material betuminoso nos tanques de estocagem, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização da aquisição de material betuminoso, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante, e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Pintura de ligação é o serviço de aplicação de um banho de material asfáltico numa superfície que irá receber um revestimento asfáltico, para fins de aderência.

A pintura de ligação poderá ser aplicada:

a) na superfície de uma base granular cuja imprimação perdeu o poder de aderência;
b) na superfície de outros tipos de base, tais como calçamentos, peças intertravadas, placas de concreto, concreto rolado;
c) na superfície de uma camada asfáltica, recém executada ou antiga.

É de se notar que a imprimação deve penetrar na camada de base, impermeabilizá-la e promover aderência eventualmente, enquanto a pintura de ligação tem a única função de promover aderência.

2 MATERIAIS ASFÁLTICOS

O ligante asfáltico ideal para pintura de ligação é o que deixa uma película sobre a superfície da ordem de 0,3mm a 0,5mm de espessura do CAP (cimento asfáltico) residual. Uma espessura maior provoca escorregamento no revestimento asfáltico sobrejacente e uma espessura menor pode ocorrer desuniformidade no banho de ligante.

Os materiais asfálticos mais utilizados, na pintura de ligação são as emulsões catiônicas de ruptura rápida tipo RR-1C (62% de CAP residual) e RR-2C (67% de CAP residual).

Pode ser também usada a emulsão asfáltica modificada por polímero elastomérico catiônico tipo RR-1C-E, geralmente quando o revestimento sobrejacente contém polímero.

Para se conseguir um espalhamento do ligante mais uniforme aumenta-se a taxa de aplicação acrescentando-se água à emulsão asfáltica.

Para se conseguir a película mínima de CAP residual normalmente se adota as seguintes taxas de emulsão + água:

- RR-1C: 50% de emulsão + 50% de água ----------Taxa = 1,0Kg/m²
  (1,0Kg/m² x 50% x 62% ÷ 1000Kg/m³ = 3,1 x 10^{-4} m = 0,31mm)
- RR-2C: 46% de emulsão + 54% de água ----------Taxa = 1,0kg/m²
  (1,0Kg/m² x 46% x 67% ÷ 1000Kg/m³ = 3,1 x 10^{-4} m = 0,31mm)

As taxas de emulsão asfáltica aqui sugeridas devem ser ajustadas no campo porque igualmente a imprimação são taxas definidas experimentalmente, dependente muito da rugosidade e porosidade da superfície que receberá a pintura de ligação.

3 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos para o serviço de pintura de ligação devem ser cuidadosamente examinados pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

Os equipamentos da pintura de ligação são os seguintes:

- Para varredura da superfície a pintar: vassouras mecânicas rotativas ou jato de ar comprimido, podendo também ser por varredura manual;
- Caminhão distribuidor do ligante asfáltico, provido com bomba reguladora de pressão, barra de distribuidora do tipo de circulação plena, com dispositivo que permita ajustamentos verticais de altura e largura variável para o espalhamento do ligante, devem ainda dispor de tacômetro, calibradores,

termômetros, todos de fácil visualização e um espargidor manual para correções do banho ou pintura em pequenas superfícies;

- Depósito para estoque de ligante asfáltico, com capacidade de armazenamento para no mínimo um dia de trabalho, equipado com dispositivo que permita o aquecimento na temperatura adequada e de maneira uniforme para todo conteúdo.

4 EXECUÇÃO

Antecedendo a pintura de ligação faz-se a varredura da superfície, de modo a eliminar o pó e materiais soltos porventura existentes.

A faixa de viscosidade adequada para a aplicação da emulsão asfáltica é de 30 a 100 segundos Saybolt Furol. A temperatura de aplicação do ligante é definida pelo gráfico de temperatura x viscosidade. A aplicação do ligante não deve ser feita quando a temperatura ambiente for inferior a 10°C e em dias de chuva ou de chuva iminente.

A ruptura da emulsão depende do teor de CAP, do emulsificante e da temperatura de aplicação, mas geralmente não passa de 2 minutos. Há, no entanto, que se esperar a evaporação ou o escoamento da água.

A pista ou meia pista pintada tem de ser interditada ao tráfego, até que seja recoberta com o revestimento da mistura asfáltica.

O tempo de exposição ao sol e ao vento de uma pintura de ligação é o necessário para não haver a perda do poder de aderência, que pode ser observado visualmente (“pintura cega”).

As superfícies cimentadas (solo-cimento, placas de concreto, concreto rolado, etc) devem ser levemente umedecidas antes da pintura de ligação. Nas superfícies asfálticas a pintura de ligação é feita com as superfícies secas, sem umidade.

Para evitar excesso de ligante, por superposição de banhos, deve-se colocar faixas de papel impermeável, transversalmente à pista, no final da superfície pintada anteriormente.

Havendo falhas na aplicação do material asfáltico, a mesma deverá ser corrigida imediatamente com o espargidor manual.

A taxa de aplicação do ligante é estabelecida experimentalmente em segmento teste, no início da pintura de ligação para cada tipo de superfície a pintar.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades da pintura de ligação que podem causar danos ao meio ambiente são o armazenamento e o espalhamento do ligante asfáltico.

O depósito de material asfáltico deve ser instalado em local afastado de cursos d’água.

É vedado o refugo de materiais asfálticos na faixa de domínio da rodovia ou em qualquer outro local que possa causar danos ambientais.

A desmobilização desta atividade inclui a remoção do depósito de ligante, a limpeza de eventuais resíduos asfálticos no canteiro de obras e a recomposição de toda área afetada pela operação de pintura de ligação.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Material asfáltico

A condição essencial é que o material asfáltico atenda esta especificação e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

A todo carregamento de material asfáltico que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios atendendo a especificação do anexo VI, conforme a seguir:

- para emulsão asfáltica: viscosidade Saybolt-Furol (DNER-ME 004/94);
  resíduo por evaporação (ABNT NBR 6568/84);
  peneiramento (DNER-ME 005/94);
  sedimentação (DNER-ME 006/00).

No laboratório da obra, com amostra coletada no 1° carregamento, será realizado o ensaio de viscosidade Saybolt Furol, com dois pontos, a 25°C e 50°C, para traçar o gráfico viscosidade x temperatura que definirá a faixa de temperatura de espalhamento do material asfáltico.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios indicados para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

6.2 Controle de execução

A condição essencial é que a taxa de aplicação do ligante asfáltico diluído em água seja a taxa definida no segmento teste com a tolerância de ± 20% (0,8 T a 1,2 T).

O controle da taxa de aplicação será feito através de uma bandeja, de área e peso conhecidos, que será colocada na faixa a ser pintada por ocasião da passagem do caminhão espargidor. A taxa é calculada pela diferença de peso da bandeja, com ligante e sem ligante, dividida pela área da bandeja.

A frequência de determinação da taxa de aplicação é a cada 100 metros da faixa pintada.

O controle estatístico da taxa de aplicação é feito conforme a seguir:

- Número de determinações = n ($n \geq 9$)
- Taxa média: $\overline{T} = \frac{\Sigma T_i}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma\ (T_i - \overline{T})^2 / n - 1}$
- Taxa máxima: Tmax = $\overline{T} + Ks$
- Taxa mínima: Tmin = $\overline{T} - Ks$

K – dado pela tabela 2 da SOP-ES-P 01/19, em função do número de amostras, a seguir:

Tabela 2

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,3	0,25	0,19	0,15	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k copeficiente multiplicador; α = risco do executante														

O serviço de pintura de ligação será aprovado (AP) quando a taxa de aplicação se situar entre os limites especificados. Em caso contrário o serviço será não aprovado (NAP), devendo a fiscalização determinar as seguintes providências:

- Excesso de ligante: lançar uma camada de areia ou pó de pedra sobre a área com excesso de ligante, comprimindo a areia ou pó de pedra com rolo de pneus, depois varrer para tirar a areia ou pó de pedra não fixado e aplicar uma nova pintura de ligação;
- Escassez de ligante: corrigir a taxa de ligante com nova pintura de ligação ou com o uso do espargidor manual;

Todos os ônus da correção por conta do construtor.

6.3 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação, sejam preenchidos fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 MEDIÇÃO

A pintura de ligação será medida através da área executada e aprovada, em metros quadrados.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, calculado com base nas taxas obtidas no controle de execução.

8. PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para a área de pintura de ligação, e peso do ligante asfáltico medidos conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas de material betuminoso nos tanques de estocagem, diluição de emulsão em água, mão de obra, encargos, impostos, eventuais, bem como a indenização da aquisição de material betuminoso, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante, e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Tratamento superficial simples (TSS) é o revestimento asfáltico constituído de uma só camada de agregado, com a incorporação do ligante asfáltico feita por penetração invertida, podendo ou não ser complementada com um banho de penetração direta, submetido este revestimento à compressão.

O tratamento superficial simples (TSS) normalmente é executado sobre uma base imprimada, na pista e/ou nos acostamentos, obedecendo alinhamento, greide e seção transversal de projeto.

O TSS pode também ser utilizado como camada intermediária de diluição de tensões de tração na flexão em revestimentos de misturas asfálticas.

2 MATERIAIS

2.1 Materiais asfálticos

O ligante asfáltico por excelência a ser utilizado em um tratamento superficial simples (TSS) é uma emulsão asfáltica catiônica EA- RR-2C seguida da EA RR-1C (especificações no anexo VI) e eventualmente de um CAP 150/200 (portaria DNC/93 – tabela 2) ou de um CAP-7 (tabela 1). Podem ser usados também ligantes asfálticos modificados por polímeros, quando indicados no projeto.

2.2 Agregados

O agregado a ser usado em TSS pode ser: pedra britada, seixo rolado britado, cascalho britado, ou outro indicado no projeto.

O agregado deve, por inspeção visual, possuir partículas: limpas, duras, isenta de qualquer cobertura e de torrões de argila.

O agregado deve apresentar as seguintes características:

- isento de pó;
- ter resistência ao choque e à abrasão adequadas;
- ter forma e textura satisfatórias;
- granulometria adequada (tipo monogranular – Dmax e Dmin próximos);
- ter absorção compatível com o teor de ligante;
- boa adesividade com o ligante asfáltico;
- durabilidade.

2.2.1 Presença de pó

É um dos maiores inconvenientes que um agregado de um TSS pode apresentar. O pó pode ocorrer em qualquer tipo de rocha, sendo mais frequente nas britas de calcário e de arenito.

Havendo presença de pó o agregado deve ser obrigatoriamente lavado, não se aceitando a retirada do pó através de peneiramento, jatos de ar ou outros artifícios.

2.2.2 Resistência à abrasão

O desgaste por abrasão Los Angeles (DNER-ME 35) deverá ser: LA $\leq$ 40%.

2.2.3 Forma e textura satisfatórias

O índice de forma (DNER-ME 86) não pode ser inferior a 0,5.

Opcionalmente, poderá a forma ser avaliada pela percentagem de grãos defeituosos, calculada em uma amostra coletada aleatoriamente de pelo menos 10 grãos, pela seguinte fórmula:

$$L + 1{,}2g > 6e \text{ (grãos defeituosos)}$$

Sendo: L = maior dimensão do grão;

g = média das aberturas de duas peneiras de malha quadrada entre as quais o grão fica retido;

e = afastamento mínimo de dois planos paralelos entre os quais fica contido o grão.

Por esse método a porcentagem de grãos defeituosos da amostra não poderá ultrapassar 20% (25% para rochas basálticas e diabásicas).

A melhor textura é a rugosa pois favorece a adesividade com o ligante asfáltico, assim como uma pequena porosidade (relação entre o volume de vazios e o volume total).

2.2.4 Absorção

Quando o agregado apresenta uma absorção de água $>$ 1% (DNER-ME 81 – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo), deve-se corrigir a taxa de CAP considerando-se que a absorção do CAP é a metade da absorção da água.

2.2.5 Granulometria adequada

A granulometria do agregado de TSS deve obedecer a equação $d \geq 0{,}6$ D, onde D é a abertura da peneira de malha quadrada superior e d é a abertura da peneira de malha quadrada inferior, considerando-se as tolerâncias.

A tolerância granulométrica é de 5% retido na peneira D e de 12% passando na peneira d, exigindo-se ainda que se tenha no máximo 3% passando na peneira N° 10 (2mm) e 1% na peneira N° 200 (0,074mm), todos os ensaios pelo DNER-ME 83.

Esta especificação sugere as seguintes classes granulométricas (D – d):

CLASSE GRANULOMÉTRICA	D – d	NÚMERO N
I	19 mm – 16 mm (3/4” – 5/8”)	$2,5 \times 10^5 – 7,5 \times 10^5$
II	16 mm – 10 mm (5/8” – 3/8”)	$7,5 \times 10^4 – 2,5 \times 10^5$
III	10 mm – 6,3 mm (3/8” – 1/4”)	$\leq 7,5 \times 10^4$

Nota: a chamada “capa selante”, tendo por agregado o pó de pedra (D = peneira N° 4 = 4,8mm e d = N° 200 = 0,074mm) ou de preferência areia de rio (D = 4,8mm e d = 0,074mm) pode ser considerada uma extensão de TSS.

2.2.6 Adesividade satisfatória/melhoradores de adesividade (dope)

A adesividade é uma propriedade do par agregado/ligante e deve ser determinada com o ligante que se vai realmente usar. Os agregados eletronegativos têm geralmente adesividade não satisfatória com o CAP 150/200 ou CAP-7, como é o caso do granito, gnaisse, quartzito, arenito, etc. Neste caso deve-se acrescentar ao ligante um melhorador de adesividade, também chamado dope, da ordem de 0,4% a 0,6% do peso do CAP, conforme fixado em projeto.

O dope deve necessariamente ser adquirido separadamente e incorporado ao CAP no canteiro de obra, na porcentagem indicado pelo ensaio de adesividade (DNER-ME 78). A adesividade deve ser sempre satisfatória com o dope.

As emulsões catiônicas apresentam sempre boa adesividade com os agregados, tanto os eletronegativos como os eletropositivos (basaldo, diabásio, calcário, etc).

Para o caso de emulsão asfáltica catiônica, pode-se verificar a adesividade com agregado graúdo através do ensaio determinação expedita da resistência à água, aprovado pela comissão de asfalto do IBP – Instituto Brasileiro

de Petróleo (apresentado no anexo), devendo resultar uma área do agregado recoberta com asfalto de no mínimo 90%.

Nota: deve-se evitar agregados de calcários calcíticos (carbonato de cálcio) e dolomíticos (carbonatos duplos de cálcio e magnésio), porque apresentam má adesividade com emulsões asfálticas.

2.2.7 Durabilidade

Quando a pedra for de diabásio ou de basalto ou de natureza mineralógica sujeita a alterações, deve-se realizar o ensaio de durabilidade pelo emprego de solução de sulfato de sódio ou de magnésio (DNER-ME 89). Se houver perda superior a 12% com o sulfato, em 5 ciclos, a pedra não serve como agregado do TSS devendo-se impedir sua utilização.

- Nota sobre a britagem – uma boa britagem é fundamental para se obter agregados com boa forma. Deve-se seguir a orientação dos “manuais de britagem”, dando-se especial atenção para: relação de britagem (RB) (relação entre a dimensão do bloco de pedra que entra no britador primário e a dimensão máxima do que sai) e para as vantagens da britagem em circuito fechado (o material que sai do secundário volta para o primário). Algumas rochas, como basalto e diabásio, podem exigir britadores especiais, para fornecerem uma brita razoavelmente cúbica.

Caso se trate de cascalho ou seixo britados, deve-se exigir pelo menos duas faces britadas. Deve-se recomendar que a britagem seja feita com uma relação, RB a maior possível.

$$RB = \frac{\text{Dimensão mínima do seixo rolado}}{\text{Dimensão máxima do agregado}}$$

3 DOSAGEM DO AGREGADO E DO LIGANTE

3.1 Taxa de agregado por classe granulométrica

A classe granulométrica é a indicada no projeto, de um modo geral obedece ao preconizado no item 2.2.5 que também sugere 3 classes (I, II e III).

A taxa de agregado pode ser calculada pela fórmula:

$$Tag. = K (D + d) /2$$

Tag em litros por metro quadrado;

D e d: diâmetros máximo e mínimos do agregado em milímetros;

K = 0,90 para a classe granulométrica I;

= 0,93 para a classe granulométrica II;

= 1,10 para a classe granulométrica III.

Exemplo: classe II (5/8” a 3/8”); Tag = 0,93 (16 + 10) /2 = 12 Lts. /m²

A taxa de agregado assim calculada deverá ser ajustada e confirmada no laboratório, em bandeja de área conhecida, com o agregado arrumado manualmente, e no campo em panos de 40m x 3,5m = 140m², com o agregado espalhado pelo equipamento distribuidor de agregado.

3.2 Taxa de ligante asfáltico (CAP e EAC)

Para o CAP 150/200 ou CAP-7, a taxa de ligante é calculada preliminarmente pela seguinte fórmula prática:

$$T_{CAP} = Tag/12$$

T_{CAP} em litros por metro quadrado;

Tag = taxa de agregado em l/m².

Exemplo: classe II (5/8” a 3/8”): $T_{CAP} = \frac{12 \text{ lts./m}^2}{12} = 1 \text{ lit./m}^2$

Para a emulsão asfáltica catiônica as taxas de ligante são calculadas em função do respectivo CAP residual, a saber RR-2C = 67% de CAP e RR-1C = 62% de CAP, considerando-se também que as emulsões tem um aproveitamento melhor do que o CAP, em cerca de 6%, devido a sua menor viscosidade.

Assim, temos:

T_{RR-2C} = 0,94 T_{CAP}/0,67 ou T_{RR-2C} = 0,117 Tag

T_{RR-1C} = 0,94 T_{CAP} /0,62 ou T_{RR-1C} = 0,126 Tag

Tem-se então para as três classes granulométricas sugeridas:

CLASSE	GRANULOMETRIA		LITRO/m²			
	mm	Pol.	Tag	T_{CAP}	T_{RR-1C}	T_{RR-2C}
I	19 – 16	3/4” – 5/8”	16	1,32	1,99	1,85
II	16 – 10	5/8” – 3/8”	12	1,01	1,52	1,42
III	10 – 6,3	3/8” – 1/4"	9	0,75	1,13	1,05

Igualmente as taxas de agregados, as taxas de ligantes terão que ser ajustadas e confirmadas experimentalmente em segmentos testes.

No caso de TSS com emulsão asfáltica, para o banho de cobertura diluído em água, retira-se 0,3 lts. /m² da taxa de ligante e mistura-se com 0,3 lts. /m² de água obtendo-se uma taxa final de 0,6 lts. /m².

4 EQUIPAMENTO

Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado em contrato.

Os equipamentos do tratamento superficial simples são os seguintes:

- Para varredura da superfície que vai receber o revestimento de TSS são utilizados vassoura mecânica rotativa, jato de ar comprimido, complementados com vassouras manuais;
- Caminhão distribuidor do ligante asfáltico, capaz de distribuir o ligante uniformemente, na taxa preconizada, dotado de suspensão adaptadamente rígida, sistema autônomo de aquecimento e de circulação do ligante, isolamento térmico, bomba de pressão regulável, controle de velocidade (tacômetro ou quinta roda), barra de distribuição com circulação plena e com dispositivos que possibilitem ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento do ligante, calibradores, termômetros em locais de fácil visualização e um espargidor manual para correções de banho ou espargimento em pequenas áreas;
- Distribuidor de agregado, autopropulsor, sendo permitido o rebocável por caminhão (spreaders), não se aceitando o tipo acoplável a caminhão porque apresentam exagerada altura de queda dos agregados;
- A distribuição de agregados e ligante é também executada satisfatoriamente por caminhão multifuncional de espalhamento simultâneo, provido dos seguintes acessórios:
    - silos para agregados;
    - depósito para ligante asfáltico;
    - sistema de aquecimento e bomba reguladora;
    - barra espargidora que distribui o ligante asfáltico em quantidade e temperatura uniformes;
    - distribuidor de agregados com regulagem de altura e inclinação para proporcionar distribuição uniforme;
- A compressão do TSS é feita por uma combinação do rolo liso tandem (peso/largura no intervalo 25kgf/cm a 45kgf/cm) com o rolo de pneus autopropulsor de pressão variável (35 a 120 psi ou 0,25 MPa a 0,84 MPa);

- Depósito de ligante asfáltico, equipado com dispositivos que proporcionem aquecimento adequado e uniforme, com capacidade de armazenamento do ligante na quantidade suficiente para no mínimo um dia de trabalho;
- Depósito de agregados em locais abrigados contra chuva e poeira ou qualquer contaminação prejudicial à sua granulometria;
- Ferramentas manuais, complementares à distribuição dos agregados e ligante.

5 EXECUÇÃO

A execução de TSS não é permitida em dias de chuva ou com chuva iminente e quando a temperatura ambiente é inferior a 12°C para o ligante CAP e inferior a 9°C para a EAC.

As etapas de execução são as seguintes:

- limpeza da superfície a ser tratada;
- espargimento do ligante asfáltico;
- distribuição do agregado;
- compressão do agregado.

Para o caso de CAP-150/200 ou CAP-7:

- liberação ao tráfego, e
- eliminação dos rejeitos dos agregados.

Para o caso de EAC RR-2C ou RR-1C:

- Espargimento de EAC diluída em água (proporção de 1:1) sobre o agregado já comprimido, observando-se que: a) se for possível desviar o tráfego, faz-se o espargimento após 3 dias de rolagem pneumática (13 hs às 15 hs), b) se não houver desvio de tráfego, trabalha-se em meia pista fazendo-se o espargimento imediatamente após a compressão;

- Liberação ao tráfego, e
- Eliminação dos rejeitos dos agregados, se for o caso, já iniciada nos três dias de rolagem pneumática.

5.1 Limpeza da superfície a ser tratada

Deve ser feita mecanicamente com vassouras rotativas, complementada com vassouras manuais (piaçava ou similar) ou com jatos de ar comprimido. Eventualmente pode ser feita somente a varredura manual. Em qualquer caso deve ser assegurada uma superfície completamente limpa, isenta de pó, poeira ou outros elementos prejudiciais. No caso de CAP a superfície tem de estar completamente seca. No caso de EAC uma leve umidade da superfície é benéfica.

5.2 Espargimento do ligante asfáltico

Para o CAP e para a EAC a faixa de viscosidade de espargimento é de 30 a 60 sSF. As temperaturas de espargimento são definidas pela curva log. de viscosidade x temperatura, determinada através de ensaio realizado com amostra coletada no 1° carregamento de ligante que chegar à obra. O ensaio é feito para dois pontos de temperatura, a saber: 135°C e 177°C para o CAP, 35°C e 60°C para EAC RR-1C e 40°C e 80°C para EAC RR-2C.

No caso de CAP com dope, este deve ser misturado no canteiro, preferencialmente fazendo-se a circulação no próprio caminhão distribuidor, de onde deve-se coletar amostra para se conferir a adesividade (DNER-ME 78) e se traçar a curva log. de viscosidade x temperatura.

A altura da barra distribuidora juntamente com o ângulo de inclinação dos bicos espargidores definem a cobertura ou superposição dos banhos, devendo-se levar em conta a intensidade do vento no local.

O mais usual é se trabalhar com cobertura dupla do banho para proporcionar boa uniformidade no espargimento transversal.

A taxa de ligante é resultante da combinação da pressão da bomba, funcionamento dos bicos, viscosidade do ligante e velocidade do caminhão (tacômetro), sendo estabelecida experimentalmente.

A superposição de banhos nas juntas transversais (início e final de cada espargimento) deve ser evitada, utilizando-se tiras de papel Kraft ou similar, com largura de 80 a 100cm.

Para as juntas longitudinais, resultante da execução em meia pista, recomenda-se uma pequena superposição na largura da metade do leque de espargimento do último bico da barra distribuidora.

É fundamental a experiência no serviço do motorista do veículo espargidor, devendo-se colocar na pista guias delimitadoras dos limites do espargimento.

5.3 Distribuição do agregado

Antes do início da distribuição deve-se aferir a taxa de agregado através da relação experimental taxa x velocidade do equipamento distribuidor.

A distribuição do agregado será feita logo após o espargimento do ligante.

A distribuição do agregado é feita mecanicamente com o equipamento distribuidor, sendo a correção dos excessos e das faltas realizada por processos manuais.

5.4 Compressão do agregado

A compressão no dia do espalhamento do agregado é feita pela combinação do rolo liso tandem (25 a 45kgf/cm) com o rolo de pneus de pressão variável (35 a 120 psi ou 0,25 MPa a 0,84 MPa), geralmente iniciando pelo rolo liso

(Vel. = 3 km/h), com duas coberturas, seguido do rolo de pneus com pressão entre 90 e 110 psi ou 0,63 e 0,78 MPa (Vel. = 10 km/h), com três coberturas.

O número exato de coberturas será definido experimentalmente, observando-se o comportamento do TSS e se está havendo fratura ou esmagamento do agregado.

O sentido transversal da compressão é sempre da cota mais baixa para a cota mais alta, ou seja, nas tangentes o sentido é do bordo para o eixo da pista e nas curvas do bordo interno para o externo.

Após a compressão do agregado elimina-se da pista as eventuais partículas rejeitadas, antes do banho final de ligante.

É boa prática, para maior fixação do agregado, se fazer uma compressão complementar nos três dias seguintes ao seu espalhamento e compressão inicial. A compressão complementar deve ser feita no período entre 13hs e 15hs de cada dia, com rolo de pneus com pressão entre 90 e 110 psi e velocidade de 30 a 50 km/h.

5.5 Liberação do tráfego

Quando o ligante do TSS é o CAP, a liberação ao tráfego ocorre após o término da compressão complementar seguida da retirada dos rejeitos sobre a pista.

Quando o ligante do TSS é a EAC, faz-se a compressão complementar, retira-se os rejeitos, aplica-se o banho de EAC diluída em água e espera-se 24 horas para se fazer a liberação ao tráfego.

6 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades do serviço de tratamento superficial simples que podem causar danos ao meio ambiente são a obtenção e aplicação de agregado pétreo e o armazenamento e a aplicação do ligante asfáltico.

6.1 Agregado

6.1.1 Quando for proveniente de exploração de pedreira não comercial indicada no Projeto, deverão se observar as seguintes situações:

- Os agregados somente serão aceitos após a contratada apresentar à fiscalização as licenças exigidas pelo ordenamento ambiental, devendo ser anexada cópias ao livro de ocorrência da obra;
- Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a
- recuperação ambiental após a retirada de todos materiais e equipamentos;
- Não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- Construir bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem de brita, evitando assim o carreamento do pó para cursos d’água;
- As estradas de acesso deverão seguir a especificação SOP-ES-T 02/19 e recomendações previstas na DER-ISA 02/96 – abertura de trilhas, caminhos de serviços e estradas de acesso.

6.1.2 Quando o agregado pétreo for adquirido de pedreira comercial, será exigido documentação atestando a regularidade das instalações e operação junto ao órgão ambiental competente.

6.2 Ligante Asfáltico

6.2.1 Os depósitos de materiais asfálticos devem ser instalados em locais afastados de curso d'água.

6.2.2 É vedado o refugo de material asfáltico na faixa de domínio ou em qualquer local que possa causar danos ambientais.

6.2.3 Na desmobilização das atividades do TSS retirar os depósitos de ligantes e instalações provisórias, efetuar a limpeza do canteiro de obra e recompor a área afetada pelas operações do serviço.

7 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Materiais asfálticos (EAC e CAP)

A condição essencial é que os materiais asfálticos empregados no tratamento superficial simples atendam esta especificação e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

7.1.1 Emulsão asfáltica catiônica (EAC: RR-2C e RR-1C)

A todo carregamento de emulsão asfáltica catiônica que chegar à obra será exigido o respectivo "certificado de fábrica", contendo os resultados dos ensaios, atendendo as especificações do anexo VI, conforme a seguir:

- viscosidade Saybolt Furol (DNER-ME 004/94);
- resíduo por evaporação (ABNT NBR 6568);
- peneiramento (DNER-ME –005/94);
- Sedimentação (DNER-ME 006/00);
- carga de partícula (ABNT NBR 6567);

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios indicados para confrontar com os resultados do “certificado de fábrica”.

7.1.2 Cimento asfáltico de petróleo (CAP-150/200 e CAP-7)

A todo carregamento de cimento asfáltico de petróleo que chegar a obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios, atendendo as normas da portaria N° 2 do DNC contidas na tabela 1 para o CAP-7 e na tabela 2 para o CAP-150/200 (cópia no anexo), conforme a seguir:

- espuma (aquecido a 175°C);
- penetração (MB-107);
- viscosidade Saybol Furol (P-MB-517) a 135°C e 177°C.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios da portaria N°2 do DNC para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

7.1.3 Temperatura de espargimento

No laboratório da obra, com amostra coletada, no 1° carregamento de ligante, será realizado o ensaio de viscosidade Saybol Furol, com dois pontos de temperatura, sendo a 25°C e 50°C para as emulsões asfálticas e a 135°C e 177°C para o cimento asfáltico, com a finalidade de se traçar o gráfico viscosidade x temperatura que definirá a faixa de temperatura de espalhamento do respectivo material asfáltico.

O material asfáltico que não atender estas especificações, de emulsões asfálticas catiônicas e as especificações da portaria N° 2 do DNC, tabelas 1 e 2, para os cimentos asfálticos de petróleo será considerado não aprovado (NAP) e rejeitado, sendo terminantemente proibido a sua utilização no serviço de TSS.

7.2 Agregado para TSS

A condição essencial é que o agregado para TSS atenda as exigências de resistência à abrasão tenha durabilidade, adesividade satisfatória, absorção, granulometria, índice de forma e seja isento de pó.

7.2.1 Resistência à abrasão (DNER-ME 35)

O agregado para TSS poderá ter um desgaste por abrasão (ensaio Los Angeles) de no máximo 40% em peso.

O projeto ao indicar a pedreira faz o ensaio Los Angeles para verificar o desgaste por abrasão do agregado.

Por ocasião da obra, pode ser necessário se verificar o desgaste por abrasão, no início do serviço, para confirmar o resultado da pedreira do projeto a critério da fiscalização ou, no decorrer do serviço, quando houver alteração na rocha da pedreira ou quando se mudar de pedreira.

O agregado que apresentar desgaste por abrasão superior a 40% não poderá ser utilizado no TSS.

7.2.2 Ensaio de durabilidade (DNER-ME 89)

Quando o agregado for de rocha basáltica ou diabásica ou de natureza mineralógica sujeita a alterações, exige-se o ensaio de durabilidade através do qual se verifica a perda do agregado sob a ação de uma solução de sulfato de sódio, 5 ciclos, não podendo ser superior a 12% de partículas afetadas.

Este ensaio é também feito pelo projeto ao indicar a pedreira.

Durante a obra este ensaio será repetido para as rochas citadas, a título de confirmação do resultado do projeto.

O agregado que apresentar no ensaio de durabilidade perda superior a 12% não poderá ser utilizado no TSS.

7.2.3 Adesividade (ensaio do IBP para EAC e DNER-ME 78 para CAP)

A adesividade é uma propriedade do par agregado pétreo x ligante asfáltico, tendo importância fundamental no revestimento de TSS.

O ensaio de adesividade entre o ligante e o agregado indicado é feito pelo projeto, mas durante a obra é obrigatório a realização desse ensaio porque as amostras do agregado e do ligante são muito mais representativas e mais reais.

No início dos serviços, com amostras do agregado, após produzido pelo menos 5% da quantidade prevista, e do ligante coletada no 1° carregamento que chegar à obra, faz-se o ensaio de adesividade conforme a seguir.

- Para <u>EAC</u> faz-se o ensaio de determinação expedita da resistência à água (adesividade) sobre agregados graúdos (ensaio do IBP – cópia no anexo). Se em 5 ensaios a área dos agregados recoberta com asfalto, estimada visualmente atender as inequações:

Área recoberta = $\overline{X} - 1{,}55\,s \geq 90\%$

sendo: $\overline{X} = \dfrac{\Sigma X_i}{5}$ e $s = \sqrt{(X_i - \overline{X})^2/4}$

a adesividade é considerada “satisfatória”.

Em caso contrário, pede-se providências ao fornecedor de EAC para alterar a formulação da emulsão e, se não for resolvido o problema se deve mudar de EAC, ou do agregado, ou de ambos.

- Para CAP, sem ou com dope conforme indicado no projeto, faz-se o ensaio DNER-ME 78 - Adesividade de agregado graúdo a ligante betuminoso. Se em 5 ensaios não se verificar nenhum deslocamento da película asfáltica no agregado a adesividade é considerada “satisfatória”. Em caso contrário a solução é mudar de agregado. Vale salientar que a mistura do CAP com o dope é feita no caminhão espargidor e que para teores de dope acima de 0,7% do peso do ligante deve-se verificar a sua influência na viscosidade do CAP.

7.2.4 Verificação da absorção (DNER-ME 81)

O ensaio DNER-ME 81 – determinação das densidades real e aparente dos grãos de agregado graúdo, permite também se calcular a absorção de água pela superfície específica do agregado após saturação em relação a seu peso. Quando a absorção de água é superior a 1% do peso do agregado, deve-se fazer um estudo da consequente absorção de asfalto e o acréscimo da taxa de ligante, comparando o seu custo com o custo de se mudar de pedreira, cabendo à fiscalização a decisão final.

7.2.5 Índice de forma do agregado (DNER-ME 86)

O índice de forma do agregado embora seja determinado pelo projeto na indicação da pedreira, deve também ser determinado no início da obra, com amostra coletada após a produção de pelo menos 5% da quantidade prevista para o agregado, por ser uma amostra mais representativa do agregado que realmente se está utilizando.

O agregado será aprovado (AP) se o índice de forma for igual ou superior a 0,5. Em caso contrário o agregado será não aprovado (NAP), inclusive removido da pista se já tiver sido espalhado. Todos os ônus por conta do construtor.

7.2.6 Granulometria do agregado (DNER-ME 83)

O controle da granulometria do agregado é obrigatório por todo tempo de execução do TSS, com amostras coletadas na pista, através de bandejas na passagem do equipamento distribuidor, ou coletas de amostras no próprio equipamento distribuidor, para realização de no mínimo duas granulometrias por dia de trabalho.

As tolerâncias a serem obedecidas pelo agregado sendo (D – d) a classe granulométrica do TSS, são as seguintes:

AGREGADO (GRANULOMETRIA)	TOLERÂNCIA
• Xmax (% retida na peneira Dmm)	≤ 5%
• Xmax (% passando na peneira dmm)	≤ 12%
• Xmax (% passando na peneira de 2mm)	≤ 3%
• Xmax (% passando na peneira de 0,074mm)	≤ 1%

O agregado que não atender a granulometria será não aprovado (NAP), devendo ser retirado da pista se já tiver sido espalhado, todos os ônus por conta do construtor.

O agregado não aprovado poderá ser peneirado ou lavado para se enquadrar nas exigências granulométricas e ser reutilizado.

7.3 Controle das taxas de ligante e de agregado

No momento da execução do TSS deverão ser conferidas as seguintes providências:

- Funcionamento do distribuidor de ligante (pressão da bomba, tacômetro, barra distribuidora, bicos, termômetro);

- Marcação de referência da faixa da rodovia para orientação do operador dos equipamentos de distribuição de ligante e de agregados (início, final, bordos);
- Colocação das faixas de papel no início e final do banho de ligante;
- Pessoal auxiliar para serviços manuais de correção do espalhamento do agregado;
- Controle da temperatura do ligante para proporcionar a distribuição na viscosidade adequada;
- Colocação de bandejas para determinação das taxas de ligante e de agregado.

7.3.1 Controle da taxa de ligante

A taxa de ligante será controlada a cada 100 metros da faixa trabalhada, através de bandejas, de área e peso conhecidos, colocadas na passagem do equipamento distribuidor.

A bandeja pode ser de metal leve ou de preferência de folha de papelão recoberta com algodão colado na mesma (sendo mais leve que o metal dá maior precisão, podendo-se pesar em balança com precisão de 0,1 grama).

As dimensões da bandeja ou folha de papelão são de 0,50m x 0,50m, geralmente. cada bandeja será utilizada apenas uma vez.

Tolerâncias da taxa de ligante:

- taxa mínima $\geq$ 0,95 taxa ideal:
- taxa máxima $\leq$ 1,15 taxa ideal:

Muito importante também é a aprovação visual da distribuição do ligante, quando são observadas a uniformidade do banho e se houve falhas (falhas de bico) para ser corrigidas.

No caso do ligante de EAC, havendo taxa do 1° banho inferior a mínima estabelecida (mas sem falha de bico), pode-se compensar aumentando-se a taxa do 2° banho de cobertura, de penetração direta.

7.3.2 Controle da taxa de agregado

Igualmente ao controle da taxa de ligante, a taxa de agregado tem de haver aprovação visual do espalhamento e aprovação da taxa determinada pelo processo da bandeja.

Na bandeja as tolerâncias da taxa de agregado são as seguintes:

- taxa mínima $\geq$ 0,90 taxa ideal:
- taxa máxima $\leq$ 1,10 taxa ideal:

Havendo desaprovação (NAP) das taxas de ligante e/ou de agregados, caberá a fiscalização a solução do problema, podendo ser a recomposição do TSS em áreas isoladas até a execução de uma nova camada de TSS sobreposta à defeituosa, todos os ônus debitados à construtora.

7.4 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- número de deflexões do SH: n
- deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/Permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver),

Regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

7.5 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

8 CONTROLE GEOMÉTRICO

Evidentemente, a espessura de um tratamento superficial simples é definida pelo tamanho do agregado.

Por outro lado, o acabamento de sua superfície é função praticamente exclusiva do acabamento da base. Se o acabamento da base é bom e o agregado foi bem controlado, o acabamento do TSS também é bom.

O controle geométrico de um TSS se resume em, antes de usá-lo, verificar se a superfície a ser tratada tem um bom acabamento, e se não tiver, em evitar que o TSS seja executado sem antes fazer a correção da base.

9 MEDIÇÃO

O tratamento superficial simples será medido através da área executada, em metros quadros, obedecendo a seção transversal do projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, calculado com base nas taxas obtidas no controle de execução.

10 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para a área de tratamento superficial simples, medida conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas do material betuminoso nos tanques de estocagem, diluição de emulsão em água, custos de agregados, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem a indenização da aquisição de materiais, inclusive ligante, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Tratamento superficial duplo (TSD) é o revestimento asfáltico constituído pela execução sucessiva de dois tratamentos superficiais simples superpostos, sendo a incorporação do ligante asfáltico feita por penetração invertida e por penetração direta, submetido este revestimento à compressão.

O tratamento superficial duplo (TSD) normalmente é executado sobre uma base imprimada, obedecendo alinhamento, greide e seção transversal do projeto.

O TSD pode também ser utilizado como camada intermediária de diluição de tensões de tração na flexão em revestimentos de misturas asfálticas.

2 MATERIAIS

2.1 Materiais asfálticos

O ligante asfáltico por excelência a ser utilizado em um tratamento superficial duplo (TSD) é uma emulsão asfáltica catiônica EA RR-2C seguida da EA RR-1C e eventualmente um CAP-150/200 (Portaria DNC/93 – Tabela 2) ou um CAP-7 (Tabela 1)(normas desses ligantes apresentadas no anexo).

Podem ser usados ligantes asfálticos modificados por polímeros, quando indicados no projeto.

2.2 Agregados

O agregado a ser usado em TSD pode ser: pedra britada, seixo rolado britado, cascalho britado ou outro indicado no projeto.

O agregado deve, por inspeção visual, possuir partículas: limpas, duras, isenta de qualquer cobertura e de torrões de argila.

O agregado deve apresentar as seguintes características:

- isento de pó;
- ter resistência ao choque e à abrasão;
- ter forma e textura satisfatórias;
- granulometria adequada (tipo monogranular – Dmax e Dmin próximos);
- boa adesividade com o ligante asfáltico;
- durabilidade.

2.2.1 Presença de pó

É um dos maiores inconvenientes que um agregado de um TSD pode apresentar. O pó pode ocorrer em qualquer tipo de rocha, sendo mais frequente nas britas de calcário e de arenito.

Havendo presença de pó o agregado deve ser obrigatoriamente lavado, não se aceitando a retirada do pó através de peneiramento, jatos de ar ou outros artifícios.

2.2.2 Resistência à abrasão

O desgaste por abrasão Los Angeles (DNER-ME 35) deverá ser: LA ≤ 40%.

2.2.3 Forma e textura satisfatória

O índice de forma (DNER-ME 86) não pode ser inferior a 0,5.

Opcionalmente, poderá a forma ser avaliada pela percentagem de grãos defeituosos, calculada em uma amostra coletada aleatoriamente de pelo menos 10 grãos, pela seguinte fórmula:

$$L + 1{,}2g > 6e \text{ (grãos defeituosos)}$$

Sendo: L = maior dimensão do grão;

g = média das aberturas de duas peneiras de malha quadrada entre as quais o grão fica retido;

e = afastamento mínimo de dois planos paralelos entre os quais fica contido o grão.

Por esse método a porcentagem de grãos defeituosos da amostra não poderá ultrapassar 20% (25% para rochas basálticas e diabásicas).

A melhor textura é a rugosa pois favorece a adesividade com o ligante asfáltico, assim como uma pequena porosidade (relação entre o volume de vazios e o volume total).

2.2.4 Absorção

Quando o agregado apresenta uma absorção de água > 1% (DNER-ME 81 – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo), deve-se corrigir a taxa de CAP considerando-se que a absorção do CAP é a metade da absorção da água.

2.2.5 Granulometria adequada

A granulometria do agregado de TSD, de cada uma das duas camadas, deve obedecer a equação $d \geq 0{,}6\ D$, onde D é a abertura da peneira de malha quadrada superior e d é a abertura da peneira de malha quadrada inferior, considerando-se as tolerâncias.

A tolerância granulométrica de cada camada de agregado é de 5% retido na peneira D e de 12% passando na peneira d, exigindo-se ainda que se tenha no máximo 3% passando na peneira N° 10 (2mm) e 1% na peneira N° 200 (0,074mm), todos os ensaios pelo DNER-ME 83.

Esta especificação sugere as seguintes classes granulométricas (D_1 – d_1) e (D_2 – d_2), em função do tráfego (número N_{USACE}):

CLASSE GRANULOMÉTRICA	1ª Camada D_1 – d_1	2ª Camada D_2 – d_2	NÚMERO $N_{(USACE)}$
I – II	19 mm – 16 mm (3/4” – 5/8”)	16 mm – 10 mm (5/8” – 3/8”)	$2,5 \times 10^6$ a 5×10^6
II – III	16 mm – 10 mm (5/8” – 3/8”)	10 mm – 6,3 mm (3/8” – 1/4”)	10^6 a $2,5 \times 10^6$
IV - III	19 mm – 10 mm (3/4” – 3/8”)	10 mm – 6,3 mm (3/8” – 1/4”)	$\leq 10^6$

A classe II – III é a menos sujeita a exsudação. Deve-se observar a relação $d_1 \approx D_2$ entre o menor agregado da 1ª camada (d_1) e o maior da 2ª camada, (D_2) como também a condição inicial de $d \geq 0,6$ D.

2.2.6 Adesividade satisfatória/melhoradores de adesividade (dope)

A adesividade é uma propriedade do par agregado/ligante e deve ser determinada com o ligante que se vai realmente usar. Os agregados eletronegativos têm geralmente adesividade não satisfatória com o CAP 150/200 ou CAP-7, como é o caso do granito, gnaisse, quartzito, arenito, etc. Neste caso deve-se acrescentar ao ligante um melhorador de adesividade, também chamado dope, da ordem de 0,4% a 0,6% do peso do CAP, conforme fixado em projeto.

O dope deve necessariamente ser adquirido separadamente e incorporado ao CAP no canteiro de obra, na porcentagem indicado pelo ensaio de adesividade (DNER-ME 78). A adesividade deve ser sempre satisfatória com o dope.

As emulsões catiônicas apresentam sempre boa adesividade com os agregados, tanto os eletronegativos como os eletropositivos (basaldo, diabásio, calcário, etc).

Para o caso de emulsão asfáltica catiônica, pode-se verificar a adesividade com agregado graúdo através do ensaio "determinação expedita da resistência à água", aprovado pela comissão de asfalto do IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo (apresentado no anexo), devendo resultar uma área do agregado recoberta com asfalto de no mínimo 90%.

Nota: deve-se evitar agregados de calcários calcíticos (carbonato de cálcio) e dolomíticos (carbonatos duplos de cálcio e magnésio), porque apresentam má adesividade com emulsões asfálticas.

2.2.7 Durabilidade

Quando a pedra for de diabásio ou de basalto ou de natureza minerológica sujeita a alterações, deve-se realizar o ensaio de durabilidade pelo emprego de solução de sulfato de sódio ou de magnésio (DNER-ME 89). Se houver perda superior a 12% com o sulfato, em 5 ciclos, a pedra não serve como agregado do TSS devendo-se impedir sua britagem.

- Nota sobre a britagem – uma boa britagem é fundamental para se obter agregados com boa forma. Deve-se seguir a orientação dos manuais de britagem, dando-se especial atenção para a relação de britagem (RB) (relação entre a dimensão do bloco de pedra que entra no britador primário e a dimensão máxima do que sai) e para as vantagens da britagem em circuito fechado (o material que sai

do secundário volta para o primário). Algumas rochas, como basalto e diabásio, podem exigir britadores especiais, para fornecerem uma brita razoavelmente "cúbica".

Caso se trate de cascalho ou seixo britados, deve-se exigir *pelo menos duas faces britadas*. Deve-se recomendar que a britagem seja feita com uma relação, RB a maior possível.

$$RB = \frac{\text{Dimensão mínima do seixo rolado}}{\text{Dimensão máxima do agregado}}$$

3 DOSAGEM DO AGREGADO E DO LIGANTE

3.1 Taxa de agregado por classe granulométrica

A classe granulométrica é a indicada no projeto, de um modo geral obedece ao preconizado no item 2.2.5 que também sugere 3 classes (I – II; II - III e IV - III).

A taxa de agregado para cada uma das duas camadas pode ser calculada pela fórmula:

$$Tag = K\,(D + d)\,/2$$

sendo: Tag = taxa em l./m²;

D = diâmetro superior do agregado da camada, em mm;

d = diâmetro inferior do agregado da camada, em mm;

K = 0,90, se $d \geq 16$ mm (5/8")

0,93, se 10mm (3/8") $\leq d < 16$ mm (5/8")

1,10, se $d < 10$ mm (3/8")

Exemplo: classe II – III (16 mm – 10 mm) (10 mm – 6,3 mm)

p/ (16 mm – 10 mm): Tag 1 = 0,93 (16 + 10) /2 = 12 l/m²

p/ (10 mm – 6,3 mm): Tag 2 = 1,10 (10 + 6,3) /2 = 9 l/m²

Tag 1 + Tag 2 ---------- = 21 l/m²

A taxa de agregado assim calculada deverá ser ajustada e confirmada no laboratório, em bandeja de área e peso conhecidos, dimensões de 0,50m x 0,50m, onde o agregado da 1ª camada é arrumado manualmente de modo a se ver o mínimo possível o fundo da bandeja, seguido da arrumação da 2ª camada sobre a 1ª e, por diferença de peso, obtém-se as taxas em peso/m² de cada camada e a taxa total com os quais se calcula as taxas em litros/metro quadrado, recorrendo-se a massa especifica solta dos agregados calculada em caixa de madeira com dimensões de 30cm x 30cm x 20cm biselada.

Confirma-se também as taxas de agregados em segmento teste com 40m de extensão, adotando-se taxas acrescidas de 5% em volume (taxa na pista = 1,05 taxa de laboratório), ajustando-se e aprovando-se a taxa por inspeção visual.

a. Taxa de ligante asfáltico (CAP e EAC)

Para o CAP 150/200 ou CAP-7, a taxa de ligante de cada camada é calculada preliminarmente pela seguinte fórmula prática:

$$T_{CAP} = Tag/12$$

T_{CAP} em litros por metro quadrado;

Tag = taxa de agregado em l/m².

Exemplo: classe II – III (16mm a 10mm) - (10mm – 6,3mm)

- 1° banho: T_{CAP} = 12/12 = 1,00 l/m²
- 2° banho: T_{CAP} = 9/12 = <u>0,75 l/m²</u>

$T_{CAP}1 + T_{CAP}2$ ---------- = 1,75 l/m²

Para a emulsão asfáltica catiônica as taxas de ligante são calculadas em função do respectiva CAP residual, a saber: RR-2C = 67% de CAP e RR-1C = 62% de CAP, considerando-se também que as emulsões têm um aproveitamento melhor que o CAP, em cerca de 6%, devido a sua menor viscosidade.

Tem-se então:

$T_{(RR-2C)}$ = (0,94 x Tag/12) ÷0,67 = 0,117 Tag

$T_{(RR-1C)}$ = (0,94 Tag /12) ÷ 0,62 = 0,126 Tag

Exemplo: classe II – III (16mm - 10mm) - (10mm – 6,3mm)

T_{RR-2C} 1° banho: 0,117 x 12 = 1,40 l/m²

2° banho: 0,117 x 9 = 1,05 l/m²

1° + 2° banho --------- = 2,45 l./m²

T_{RR-1C} 1° banho: 0,126 x 12 = 1,51 l/m²

2° banho: 0,126 x 9 = 1,13 l/m²

1° + 2° banho --------- = 2,64 l/m²

Distribuição dos banhos de ligante: devido ao maior poder de penetração da EAC em relação ao CAP, é vantajoso distribuir a taxa total de EAC da seguinte forma:

- retira-se da taxa total 0,5 lts. /m² para o 3° banho que será dado diluído em igual quantidade de água (0,5 + 0,5 = 1,0 lts. /m²);
- o restante da taxa total será distribuído com 40% no 1° banho + 60% no 2° banho.

Exemplo: taxas de RR-2C para classe II – III

Taxa Total = 2,45 lts. /m² (a ser confirmada experimentalmente)

3° banho (a ser diluído em água)---------- 0,50 l/m²

2° banho 60% x (2,45 – 0,50) ----------1,17 l/m²

1° banho 40% x (2,45 – 0,50) ---------- 0,78 l/m²

Total de RR-2C ---------- 2,45 l/m²

Esta especificação sugere as seguintes taxas para as três classes granulométricas também aqui sugeridas:

TSD com CAP: TAXAS EM l/m² PARA AS CLASSES GRANULOMÉTRICAS

CLASSE	GRANULOMETRIA		TAXAS (Lts /m²)			
	$D_1 – d_1$	$D_2 – d_2$	MAT.	1ª	2ª	TOTAL
I - II	19 mm – 16 mm (3/4” – 5/8”)	16 mm – 10 mm (5/8” – 3/8”)	Tag T_{CAP}	16 1,33	12 1,00	28 2,33
II - III	16 mm – 10 mm (5/8” – 3/8”)	10 mm – 6,3 mm (3/8” – 1/4”)	Tag T_{CAP}	12 1,00	9 0,75	21 1,75
IV - III	19 mm – 10 mm (3/4” – 3/8”)	10 mm – 6,3 mm (3/8” – 1/4”)	Tag T_{CAP}	13 1,08	9 0,75	22 1,83

TSD COM EAC: TAXAS EM l/m² PARA AS CLASSES GRANULOMÉTRICAS

CLASSE	**D_1 - d_1** / **D_2 - d_2**	**Tag**	**RR - 1C**				**RR - 2C**			
			T_{EA}	**1°**	**2°**	**3°**	**T_{EA}**	**1°**	**2°**	**3°**
I - II	19 - 16 mm / 16 - 10 mm	28	3,53	1,21	1,82	0,50	3,28	1,11	1,67	0,50
II - III	16 - 10 mm / 10 - 6,3 mm	21	2,64	0,86	1,28	0,50	2,45	0,78	1,17	0,50
IV - III	19 - 10 mm / 10 - 6,3 mm	22	2,77	0,91	1,36	0,50	2,57	0,83	1,24	0,50

4 EQUIPAMENTOS

Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado em contrato.

Os equipamentos do tratamento superficial duplo são os seguintes:

- Para varredura da superfície que vai receber o revestimento de TSD são utilizados vassoura mecânica rotativa, jato de ar comprimido, complementados com vassouras manuais;

- Caminhão distribuidor do ligante asfáltico, capaz de distribuir o ligante uniformemente, na taxa preconizada, adaptado para manter fixa a altura da barra espargidora, sistema autônomo de aquecimento e de circulação do ligante, isolamento térmico, bomba de pressão regulável, controle de velocidade (tacômetro ou quinta roda), barra de distribuição com circulação plena e com dispositivos que possibilitem ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento do ligante, calibradores, termômetros em locais de fácil visualização e um espargidor manual para correções de banho ou espargimento em pequenas áreas;
- Distribuidor de agregado, autopropulsor, sendo permitido o rebocável por caminhão (spreaders), não se aceitando o tipo acoplável a caminhão porque apresentam exagerada altura de queda dos agregados;
- A distribuição de agregados e ligante é também executada satisfatoriamente por caminhão multifuncional de espalhamento simultâneo, provido dos seguintes acessórios:
  - silos para agregados;
  - depósito para ligante asfáltico;
  - sistema de aquecimento e bomba reguladora;
  - barra espargidora que distribui o ligante asfáltico em quantidade e temperatura uniformes;
  - distribuidor de agregados com regulagem de altura e inclinação para proporcionar distribuição uniforme;
- A compressão do TSD é feita por uma combinação do rolo liso tandem (peso/largura no intervalo 25kgf/cm a 45kgf/cm) com o rolo de pneus autopropulsor de pressão variável (35 a 120 psi ou 0,25 MPa a 0,84 MPa);
- Depósito de ligante asfáltico, equipado com dispositivos que proporcionem aquecimento adequado e uniforme, com capacidade de armazenamento do ligante na quantidade suficiente para no mínimo um dia de trabalho;
- Depósito de agregados em locais abrigados contra chuva e poeira ou qualquer contaminação prejudicial à sua granulometria;

- Ferramentas manuais, complementares à distribuição dos agregados e ligante.

5 EXECUÇÃO

A execução de TSD não é permitida em dias de chuva, ou com chuva iminente, e quando a temperatura ambiente é inferior a 12°C para o ligante CAP e inferior a 9°C para a EAC.

As etapas de execução são as seguintes:

- Limpeza da superfície a ser tratada;
- Primeiro banho de ligante asfáltico;
- Distribuição da primeira camada de agregado;
- Compressão da primeira camada;
- Segundo banho de ligante asfáltico;
- Distribuição da segunda camada de agregado;
- Compressão da segunda camada.

Caso de CAP (150/200 ou CAP-7):

- Liberação ao tráfego e eliminação dos rejeitos.

Caso de EAC (RR-1C ou RR-2C):
Quando não for possível desviar o tráfego,

- Banho de emulsão diluída e aguardar 24 horas;
- Abertura ao tráfego e eliminação de rejeitos.

Quando for possível desviar o tráfego,

- Rolagem com rolo de pneus (90 a 110 psi) por três dias (de 13 hs às 15 hs);
- Eliminação dos rejeitos;
- Banho de emulsão diluída e aguardar 24 horas;

- Liberação ao tráfego.

5.1 Limpeza da superfície a ser tratada

Deve ser feita mecanicamente com vassouras rotativas, complementada com vassouras manuais (piaçava ou similar) ou com jatos de ar comprimido. Eventualmente pode ser feita somente a varredura manual. Em qualquer caso deve ser assegurada uma superfície completamente limpa, isenta de pó, poeira ou outros elementos prejudiciais. No caso de CAP a superfície tem de estar completamente seca. No caso de EAC uma leve umidade da superfície é benéfica.

5.2 Espargimento do ligante asfáltico

Para o CAP e para a EAC a faixa de viscosidade de espargimento é de 30 a 60 sSF. As temperaturas de espargimento são definidas pela curva log. de viscosidade x temperatura, determinada através do ensaio DNER-ME 004/94, realizado com amostra coletada no 1° carregamento de ligante que chegar à obra. O ensaio é feito para dois pontos de temperatura, a saber: 135°C e 177°C para o CAP, 35°C e 60°C para EAC RR-1C e 40°C e 80°C para EAC RR-2C.

No caso de CAP com dope, este deve ser misturado no canteiro, preferencialmente fazendo-se a circulação no próprio caminhão distribuidor, de onde deve-se coletar amostra para se conferir a adesividade (DNER-ME 78) e se traçar a curva log. de viscosidade x temperatura.

A altura da barra distribuidora juntamente com o ângulo de inclinação dos bicos espargidores definem a cobertura ou superposição dos banhos, devendo-se levar em conta a intensidade do vento no local.

O mais usual é se trabalhar com cobertura dupla do banho para proporcionar boa uniformidade no espargimento transversal.

A taxa de ligante é resultante da combinação da pressão da bomba, funcionamento dos bicos, viscosidade do ligante e velocidade do caminhão (tacômetro), sendo estabelecida experimentalmente.

A superposição de banhos nas juntas transversais (início e final de cada espargimento) deve ser evitada, utilizando-se tiras de papel Kraft ou similar, com largura de 80 a 100cm.

Para as juntas longitudinais, resultante da execução em meia pista, recomenda-se uma pequena superposição na largura da metade do leque de espargimento do último bico da barra distribuidora.

É fundamental a experiência no serviço do motorista do veículo espargidor, devendo-se colocar na pista guias delimitadoras dos limites do espargimento.

5.3 Distribuição do agregado

Antes do início da distribuição deve-se aferir a taxa de agregado através da relação experimental taxa x velocidade do equipamento distribuidor.

A distribuição do agregado será feita logo após o espargimento do ligante.

A distribuição do agregado é feita mecanicamente com o equipamento distribuidor, sendo a correção dos excessos e das faltas realizada por processos manuais.

5.4 Compressão do agregado

A compressão no dia do espalhamento do agregado é feita pela combinação do rolo liso tandem (25 a 45kgf/cm) com o rolo de pneus de pressão variável (35 a 120 psi ou 0,25 MPa a 0,84 MPa), geralmente iniciando pelo rolo liso (Vel. = 3 km/h), com duas coberturas, seguido do rolo de pneus com pressão entre 90 e 110 psi ou 0,63 e 0,78 MPa (Vel. = 10 km/h), com três coberturas.

O número exato de coberturas será definido experimentalmente, observando-se o comportamento do TSD e se está havendo fratura ou esmagamento do agregado.

O sentido transversal da compressão é sempre da cota mais baixa para a cota mais alta, ou seja, nas tangentes o sentido é do bordo para o eixo da pista e nas curvas do bordo interno para o externo.

Após a compressão do agregado elimina-se da pista as eventuais partículas rejeitadas, antes de cada banho de ligante.

É boa prática, para maior fixação do agregado, se fazer uma compressão complementar nos três dias seguintes ao seu espalhamento e compressão inicial. A compressão complementar deve ser feita no período entre 13hs e 15hs de cada dia, com rolo de pneus com pressão entre 90 e 110 psi e velocidade de 30 a 50 km/h.

5.5 Liberação do tráfego

Quando o ligante do TSD é o CAP, a liberação ao tráfego ocorre após o término da compressão complementar seguida da retirada dos rejeitos sobre a pista.

Quando o ligante do TSD é a EAC, faz-se a compressão complementar, retira-se os rejeitos, aplica-se o banho de EAC diluída em água e espera-se 24 horas para se fazer a liberação ao tráfego.

6 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades do serviço de tratamento superficial duplo que podem causar danos ao meio ambiente são a obtenção e aplicação de agregado pétreo e o armazenamento e a aplicação do ligante asfáltico.

6.1 Agregado

6.1.1 Quando for proveniente de exploração de pedreira não comercial indicada no projeto, deverão se observar as seguintes situações:

- Os agregados somente serão aceitos após a contratada apresentar à fiscalização as licenças exigidas pelo ordenamento ambiental, devendo ser anexada cópias ao livro de ocorrência da obra;
- Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos materiais e equipamentos;
- Não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- Construir bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem de brita, evitando assim o carreamento do pó para cursos d’água;
- As estradas de acesso deverão seguir a especificação SOP-ES-T 02/19 e recomendações previstas na DER-ISA 02/96 – Abertura de trilhas, caminhos de serviços e estradas de acesso.

6.1.2 Quando o agregado pétreo for adquirido de pedreira comercial, será exigido documentação atestando a regularidade das instalações e operação junto ao órgão ambiental competente.

6.2 Ligante asfáltico

6.2.1 Os depósitos de materiais asfálticos devem ser instalados em locais afastados de curso d'água.

6.2.2 É vedado o refugo de material asfáltico na faixa de domínio ou em qualquer local que possa causar danos ambientais.

6.2.3 Na desmobilização das atividades do TSD retirar os depósitos de ligantes e instalações provisórias, efetuar a limpeza do canteiro de obra e recompor a área afetada pelas operações do serviço.

7 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Materiais asfálticos (EAC e CAP)

A condição essencial é que os materiais asfálticos empregados no tratamento superficial duplo atendam esta especificação e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

7.1.1 Emulsão asfáltica catiônica (EAC: RR-2C e RR-1C)

A todo carregamento de emulsão asfáltica catiônica que chegar à obra será exigido o respectivo "certificado de fábrica", contendo os resultados dos ensaios, atendendo as especificações do anexo VI, conforme a seguir:

- viscosidade Saybolt Furol (DNER-ME 004/94);
- resíduo por evaporação (ABNT NBR 6568);
- peneiramento (DNER-ME –005/94);
- sedimentação (DNER-ME 006/00);
- carga de partícula (ABNT NBR 6567);

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios indicados para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

7.1.2 Cimento asfáltico de petróleo (CAP-150/200 e CAP-7)

A todo carregamento de cimento asfáltico de petróleo que chegar a obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios, atendendo as normas da portaria N° 2 do DNC contidas na tabela 1 para o CAP-7 e na tabela 2 para o CAP-150/200 (cópia no anexo), conforme a seguir:

- espuma (aquecido a 175°C);
- penetração (MB-107);
- viscosidade Saybol Furol (P-MB-517) a 135°C e 177°C.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios da portaria N°2 do DNC para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

7.1.3 Temperatura de espargimento

No laboratório da obra, com amostra coletada, no 1° carregamento de ligante, será realizado o ensaio de viscosidade Saybol Furol, com dois pontos de temperatura, sendo a 25°C e 50°C para as emulsões asfálticas e a 135°C e 177°C para o cimento asfáltico, com a finalidade de se traçar o gráfico viscosidade x temperatura que definirá a faixa de temperatura de espalhamento do respectivo material asfáltico.

O material asfáltico que não atender estas especificações de emulsões asfálticas catiônicas e as especificações da portaria N° 2 do DNC, tabelas 1 e 2, para os cimentos asfálticos de petróleo será considerado não aprovado (NAP) e rejeitado, sendo terminantemente proibido a sua utilização no serviço de TSD.

7.2 Agregado para TSD

A condição essencial é que o agregado para TSD atenda as exigências de resistência à abrasão tenha durabilidade, adesividade satisfatória, absorção, granulometria, índice de forma e seja isento de pó.

7.2.1 Resistência à abrasão (DNER-ME 35)

O agregado para TSD poderá ter um desgaste por abrasão (ensaio Los Angeles) de no máximo 40% em peso.

O projeto ao indicar a pedreira faz o ensaio Los Angeles para verificar o desgaste por abrasão do agregado.

Por ocasião da obra, pode ser necessário se verificar o desgaste por abrasão, no início do serviço, para confirmar o resultado da pedreira do projeto a critério da fiscalização ou, no decorrer do serviço, quando houver alteração na rocha da pedreira ou quando se mudar de pedreira.

O agregado que apresentar desgaste por abrasão superior a 40% não poderá ser utilizado no TSD.

7.2.2 Ensaio de durabilidade (DNER-ME 89)

Quando o agregado for de rocha basáltica ou diabásica ou de natureza mineralógica sujeita a alterações, exige-se o ensaio de durabilidade através do qual se verifica a perda de peso do agregado sob a ação de uma solução de sulfato de sódio, 5 ciclos, não podendo ser superior a 12% de partículas afetadas.

Este ensaio é também feito pelo projeto ao indicar a pedreira.

Durante a obra este ensaio será repetido para as rochas citadas, a título de confirmação do resultado do projeto.

O agregado que apresentar no ensaio de durabilidade perda superior a 12% não poderá ser utilizado no TSD.

7.2.3 Adesividade (ensaio do IBP para EAC e DNER-ME 78 para CAP)

A adesividade é uma propriedade do par agregado pétreo x ligante asfáltico, tendo importância fundamental no revestimento de TSD.

O ensaio de adesividade entre o ligante e o agregado indicado é feito pelo projeto, mas durante a obra é obrigatório a realização desse ensaio porque as amostras do agregado e do ligante são muito mais representativas e mais reais.

No início dos serviços, com amostras do agregado, após produzido pelo menos 5% da quantidade prevista, e do ligante coletada no 1° carregamento que chegar à obra, faz-se o ensaio de adesividade conforme a seguir.

- Para EAC faz-se o ensaio de determinação expedita da resistência à água (adesividade) sobre agregados graúdos (ensaio do IBP – cópia no anexo). Se em 5 ensaios a área dos agregados recoberta com asfalto, estimada visualmente atender as inequações:

Área recoberta = $\overline{X} - 1{,}55\,s \geq 90\%$

sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{5}$ e $s = \sqrt{(X_i - \overline{X})^2/4}$

a adesividade é considerada satisfatória.

Em caso contrário, pede-se providências ao fornecedor de EAC para alterar a formulação da emulsão e, se não for resolvido o problema se deve mudar de EAC, ou do agregado, ou de ambos.

- Para CAP, sem ou com dope conforme indicado no projeto, faz-se o ensaio DNER-ME 78. Adesividade de agregado graúdo a ligante betuminoso. Se em 5 ensaios não se verificar nenhum deslocamento da película asfáltica no agregado a adesividade é considerada satisfatória. Em caso contrário a solução é mudar de agregado. Vale salientar que a mistura do CAP com o dope é feita no caminhão espargidor e que para teores de dope acima de 0,7% do peso do ligante deve-se verificar a sua influência na viscosidade do CAP.

7.2.4 Verificação da absorção (DNER-ME 81)

O ensaio DNER-ME 81 – Determinação das densidades real e aparente dos grãos de agregado graúdo, permite também se calcular a absorção de água pela superfície específica do agregado após saturação em relação a seu peso. Quando a absorção de água é superior a 1% do peso do agregado, deve-se fazer um estudo da consequente absorção de asfalto e o acréscimo da taxa de ligante, comparando o seu custo com o custo de se mudar de pedreira, cabendo à fiscalização a decisão final.

7.2.5 Índice de forma do agregado (DNER-ME 86)

O índice de forma do agregado embora seja determinado pelo projeto na indicação da pedreira, deve também ser determinado no início da obra, com amostra coletada após a produção de pelo menos 5% da quantidade prevista para o agregado, por ser uma amostra mais representativa do agregado que realmente se está utilizando.

O agregado será aprovado (AP) se o índice de forma for igual ou superior a 0,5. em caso contrário o agregado será não aprovado (NAP), inclusive removido da pista se já tiver sido espalhado. Todos os ônus por conta do construtor.

7.2.6 Granulometria do agregado (DNER-ME 83)

O controle da granulometria do agregado é obrigatório por todo tempo de execução do TSD, com amostras coletadas na pista, através de bandejas na passagem do equipamento distribuidor, ou coletas de amostras no próprio equipamento distribuidor, para realização de no mínimo duas granulometrias por dia de trabalho.

As tolerâncias a serem obedecidas pelo agregado sendo (D – d) a classe granulométrica da camada do TSD, são as seguintes:

AGREGADO (GRANULOMETRIA)	TOLERÂNCIA
• Xmax (% retida na peneira Dmm)	≤ 5%
• Xmax (% passando na peneira dmm)	≤ 12%
• Xmax (% passando na peneira de 2mm)	≤ 3%
• Xmax (% passando na peneira de 0,074mm)	≤ 1%

O agregado que não atender a granulometria será não aprovado (NAP), devendo ser retirado da pista se já tiver sido espalhado, todos os ônus por conta do construtor.

O agregado não aprovado poderá ser peneirado ou lavado para se enquadrar nas exigências granulométricas e ser reutilizado.

7.3 Controle das taxas de ligante e de agregado

No momento da execução do TSD deverão ser conferidas as seguintes providências:

- Funcionamento do distribuidor de ligante (pressão da bomba, tacômetro, barra distribuidora, bicos, termômetro);
- Marcação de referência da faixa da rodovia para orientação do operador dos equipamentos de distribuição de ligante e de agregados (início, final, bordos);

- Colocação das faixas de papel no início e final do banho de ligante;
- Pessoal auxiliar para serviços manuais de correção do espalhamento do agregado;
- Controle da temperatura do ligante para proporcionar a distribuição na viscosidade adequada;
- Colocação de bandejas para determinação das taxas de ligante e de agregado.

7.3.1 Controle da taxa de ligante

A taxa de ligante será controlada a cada 100 metros da faixa trabalhada, através de bandejas, de área e peso conhecidos, colocadas na passagem do equipamento distribuidor.

A bandeja pode ser de metal leve ou de preferência de folha de papelão recoberta com algodão colado na mesma (sendo mais leve que o metal dá maior precisão, podendo-se pesar em balança com precisão de 0,1 grama).

As dimensões da bandeja ou folha de papelão são de 0,50m x 0,50m, geralmente. Cada bandeja será utilizada apenas uma vez.

Tolerâncias da taxa de ligante:

- Taxa mínima $\geq$ 0,95 taxa ideal:
- Taxa máxima $\leq$ 1,15 taxa ideal:

Muito importante também é a aprovação visual da distribuição do ligante, quando são observadas a uniformidade do banho e se houver falhas (falhas de bico) para ser corrigidas.

No caso do ligante de EAC, havendo taxa do 1° banho inferior a mínima estabelecida (mas sem falha de bico), pode-se compensar aumentando-se a taxa do 2° banho de cobertura, de penetração direta.

7.3.2 Controle da taxa de agregado

Igualmente ao controle da taxa de ligante, a taxa de agregado tem de haver aprovação visual do espalhamento e aprovação da taxa determinada pelo processo da bandeja.

Na bandeja as tolerâncias da taxa de agregado são as seguintes:

- Taxa mínima ≥ 0,90 taxa ideal:
- Taxa máxima ≤ 1,10 taxa ideal:

Havendo desaprovação (NAP) das taxas de ligante e/ou de agregados, caberá a fiscalização a solução do problema, podendo ser a recomposição da camada do TSD em áreas isoladas até a execução de uma nova camada de TSD sobreposta à defeituosa, todos os ônus debitados à construtora.

7.4 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
≥ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/Permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = Deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

7.5 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

8 CONTROLE GEOMÉTRICO

Evidentemente, a espessura de um tratamento superficial duplo é definida pelo tamanho do agregado.

Por outro lado, o acabamento de sua superfície é função praticamente exclusiva do acabamento da base. Se o acabamento da base é bom e o agregado foi bem controlado, o acabamento do TSD também é bom.

O controle geométrico de um TSD se resume em, antes de usá-lo, verificar se a superfície a ser tratada tem um bom acabamento, e se não tiver, em evitar que o TSD seja executado sem antes fazer a correção da base.

9 MEDIÇÃO

O tratamento superficial duplo será medido através da área executada, em metros quadros, obedecendo a seção transversal do projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, calculado com base nas taxas obtidas no controle de execução.

10 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para a área de tratamento superficial duplo, medida conforme o item anterior, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas do material betuminoso nos tanques de estocagem, diluição de emulsão em água, custos de agregados, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem a indenização da aquisição de materiais, inclusive ligante, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Concreto asfáltico é o revestimento flexível resultante da mistura de cimento asfáltico de petróleo + agregado graúdo + agregado miúdo + filer realizada com aquecimento dos agregados e do ligante em usina apropriada e posteriormente transportada, espalhada na pista e compactada, todas essas operações executadas a quente, sob temperaturas compatíveis com a viscosidade exigida para o ligante asfáltico, devendo o produto da mistura obedecer parâmetros de estabilidade, fluência, índice de vazios, vazios no agregado mineral, relação betume vazios e grau de compactação. A mistura dos agregados + filer deve se enquadrar em faixas granulométricas especificadas.

Na estrutura do pavimento, o concreto asfáltico é utilizado: a) como camada de rolamento, destinada a receber diretamente a ação do tráfego, quando a mistura empregada deve ter estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e sua superfície oferecer rugosidade capaz de proporcionar a aderência com os pneus necessária à segurança dos veículos; b) como camada de ligação (binder), situada abaixo da camada de rolamento, devendo ter módulo de elasticidade e estabilidade menores do que o revestimento de maneira que juntamente com a base, camadas inferiores do pavimento e o leito estradal promovam a resistência ao cisalhamento e à deformação permanente do pavimento, possuindo flexibilidade compatível com as tensões e deformações provocadas pelas cargas do tráfego; c) como camada de massa fina para serviços de regularização ou reperfilamento de superfícies em restaurações de rodovias ou sobre calçamentos (pedra tosca e/ou paralelepípedos).

2 MATERIAIS

2.1 Material asfáltico

Podem ser empregados os seguintes materiais asfálticos:

a) Classificação por penetração: CAP-30/45; CAP-50/70 E CAP-85/100;

b) Classificação por viscosidade: CAP-20 e CAP-40.

Ambos obedecendo as especificações do Anexo I, tabela 2 e tabela 1, com cópia no anexo.

c) Podem ser usados também materiais asfálticos modificados por polímeros quando indicados no projeto.

2.2 Agregados

2.2.1 Faixas granulométricas (DNER-ME 83)

A mistura de agregado graúdo + agregado miúdo + filler (material de enchimento) deve se enquadrar nas faixas granulométricas do quadro a seguir que contêm também as tolerâncias da faixa de projeto, em percentuais passando nas peneiras.

CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXAS GRANULOMÉTRICAS						
PENEIRAS		PORCENTAGEM PASSANDO - EM PESO				TOLERÂNCIAS
ASTM	mm	FAIXA A	FAIXA B	FAIXA C	FAIXA D	MÁXIMAS
2"	50,8	100				± 7
1 1/2"	38,1	95 - 100	100			± 7
1"	25,4	75 - 100	95 - 100			± 7
3/4"	19,1	60 - 90	80 - 100	100		± 7
1/2"	12,7	-	-	85 - 100		± 7
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	75 - 100	100	± 7
n° 4	4,8	25 - 50	28 - 60	50 - 85	80 - 100	± 5
n° 10	2,0	20 - 40	20 - 45	30 - 75	50 - 90	± 5
n° 40	0,42	10 - 30	10 - 32	15 - 40	20 - 50	± 5
Nº 80	0,18	5 - 20	8 - 20	8 - 30	8 - 30	± 3
n° 200	0,074	1 - 8	3 - 8	5 - 10	5 - 10	± 2
TEOR DE ASFALTO		4,0 - 7,0	4,5 - 7,5	4,5 - 9,0	4,5 - 9,0	

Para garantir uma quantidade mínima de CAP os vazios do agregado mineral (VAM) devem ter os seguintes valores mínimos

Dmax do agregado	50,8 mm	38,1mm	25,4 mm	19,1 mm	9,5 mm	4,8 mm
% Min. do VAM	11	12	13	14	16	17

A Faixa granulométrica a ser usada deve ter o seu diâmetro máximo de Dmáx ≤ 2/3.h, sendo h a espessura da camada compactada de concreto asfáltico.

A fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

Para o concreto asfáltico da camada de rolamento o mais recomendado é a faixa “C”.

A faixa “D” é recomendada para camada de regularização de superfície ou de reperfilamento, tendo, portanto, espessura variável, daí a granulometria do agregado ser mais fina, com Dmáx variável entre 9,5mm e 4,8mm.

2.2.2 Agregado graúdo

O Agregado graúdo (retido na pen Nº 4 – 4,8mm) pode ser pedra britada, seixo rolado britado, cascalho britado ou outro indicado pelo projeto. Deve se constituir de partículas sãs, duráveis, livre de torrões de argila, substâncias nocivas e apresentar as seguintes características:

Os grãos de seixo rolado e de cascalho devem ter pelo menos duas faces britadas.

- Durabilidade (DNER-ME 89)

  Apresentar afetação inferior a 12% quando submetido a 5 ciclos de sulfato de sódio ou de magnésio quando a rocha for basalto, diabásio ou de natureza mineralógica sujeita a alteração.

- Resistência a abrasão (DNER-ME 35)

  Apresentar desgaste por abrasão (Los Angeles) inferior a 50%.

- Adesividade satisfatória (DNER-ME 78)

A Adesividade é uma propriedade do par agregado/ligante asfáltico.

Os agregados eletronegativos têm geralmente adesividade não satisfatória com o CAP, como é o caso do granito, gnaisse, quartzito, arenito, etc. Neste caso deve-se acrescentar ao ligante um melhorador de adesividade, também chamado dope, da ordem de 0,4% a 0,6% do peso do CAP, conforme fixado em projeto.

O dope deve necessariamente ser adquirido separadamente e incorporado ao CAP no canteiro de obra, na porcentagem indicada pelo ensaio de adesividade (DNER-ME 78).

- Forma satisfatória (DNER-ME 86)

O índice de forma do agregado graúdo não pode ser inferior a 0,5.

Opcionalmente, poderá a forma ser avaliada pela porcentagem de grãos defeituosos em uma amostra coletada aleatoriamente de pelo menos 10 grãos, calculada pela fórmula:

$$L + 1{,}2g > 6\,e \text{ (grãos defeituosos)}$$

Sendo: L = maior dimensão do grão;

g = média das aberturas de duas peneiras de malha quadrada entre as quais o grão fica retido;

e = afastamento mínimo de dois planos paralelos entre os quais fica contido o grão.

Por esse método a porcentagem de grãos defeituosos não poderá ultrapassar 20% (25% para rochas basálticas e diabásicas).

- Textura favorável (conceituação)

A textura lisa é favorável ao envolvimento do agregado pelo ligante (adesividade ativa) e reduz o atrito interno da mistura (menor estabilidade e maior trabalhabilidade).

A textura rugosa é mais favorável à resistência ao descolamento da película de CAP pela ação do tráfego em presença da água (adesividade passiva) e aumenta o atrito interno (maior estabilidade e menor trabalhabilidade).

- Absorção moderada de CAP (DNER-ME 81)

O ensaio DNER-ME 81 – Determinação das densidades real e aparente dos grãos de agregado graúdo, permite também se calcular a absorção de água pela superfície específica do agregado, após saturação, em relação ao seu peso. Quando a absorção da água é superior a 1% do peso do agregado, deve-se fazer um estudo do consumo inútil de ligante, considerando-se que a absorção do CAP é a metade da absorção de água. Os arenitos e os calcários são os agregados mais absorventes seguido dos basaltos e diabásios. Os gnaisses e os granitos são os menos absorventes.

2.2.3 Agregado miúdo

O agregado miúdo (passando na Pen N° 4 – 4,8mm e retido na pen N° 200 – 0,074mm) pode ser areia de campo, pó de pedra ou preferencialmente a mistura de ambos.

A presença de areia de campo na mistura é importante porque a superfície lisa dos grãos favorece a trabalhabilidade e reduz a rigidez da camada, tornando-a mais flexível e com maior deflexão admissível. Já o agregado resultante de britagem tem a superfície rugosa e favorece a rigidez da camada asfáltica. A rigidez ou a flexibilidade da camada asfáltica pode ser conseguida através das percentagens desses materiais no traço da mistura.

O agregado miúdo deve ser constituído de partículas sãs, livres de torrões de argilas, raízes, substâncias nocivas e apresentar as seguintes características.

- Equivalente de areia – EA (DNER-ME 54)

O agregado miúdo dever ter um EA ≥ 55%.

Nota: o ensaio de EA é feito normalmente com a mistura de areia de campo + pó de pedra, passando na peneira n° 4 (4,8mm) incluindo o filer natural dos agregados que passa na peneira nº 200 (0,074mm). Por conta do filer que se inclui no ensaio esta especificação admite para o agregado miúdo um EAmin de 50%.

- Adesividade satisfatória (ensaio acelerado)

O ensaio DER-ME 79 – Agregado, adesividade a ligante betuminoso não é prático, sendo adotado nesta especificação o ensaio acelerado (cópia no anexo).

2.2.4 Material de enchimento (filer)

O filer é o componente da mistura asfáltica constituído de minerais finamente divididos, inerte em relação aos demais materiais, tendo granulometria passando na peneira nº 200 (0,074mm).

O filer proveniente do próprio agregado é chamado de filer natural. É também utilizado na mistura o filer artificial, geralmente pó calcário, cal hidratada ou cimento portland.

A granulometria aceita para o filer artificial é a seguinte:

PENEIRA	% MÍNIMA PASSANDO
Nº 40 (0,42mm)	100
Nº 80 (0,18mm)	95
Nº 200 (0,074mm)	65

As funções do filer são as seguintes:

a) diminuir os vazios da mistura de agregados, isto é, funcionar como material de enchimento ("filler" em inglês);
b) melhorar a adesividade do ligante ao agregado, principalmente aos de natureza eletronegativa tais como granito, gnaisse, arenito, quartzito, etc.

O filer aumenta a viscosidade do CAP e o ponto de amolecimento e também influencia na estabilidade do concreto asfáltico, na flexibilidade da camada e ficando em suspensão no CAP, ele forma o mástique, espessando a película que envolve o agregado.

No momento da mistura o filer tem de estar seco, pulverizado e sem grumos.

2.3 Mistura asfáltica

O traço do concreto asfáltico é dosado através do ensaio Marshall (DNER-ME 43), devendo a mistura satisfazer as seguintes exigências ou características:

- Energia de compactação para moldagem dos corpos de prova (CP):
  - 50 golpes/face para tráfego de $N_{(USACE)} < 10^7$;
  - 75 golpes/face para tráfego de $10^7 \leq N_{(USACE)} \leq 5 \times 10^7$ e também para cargas pesadas e lentas, rodovias com rampas acentuadas e em paradas de ônibus;
  - Energia especial para tráfego de $N_{(USACE)} > 5 \times 10^7$, a ser estabelecida pelo projeto.

CARACTERÍSTICAS	CAMADA DE ROLAMENTO	CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)
Estabilidade (60ºC), em Kgf	350 a 700 (50 golpes) 500 a 1.000 (75 golpes)	300 a 600 (50 golpes) 400 a 800 (75 golpes)
Fluência (60ºC), em mm	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5
Índice de Vazios, em %	3,0 a 5,0	4,0 a 6,0
Relação Betume Vazios, em %	75 a 82	65 a 78
Resistência a Tração por Compressão Diametral Estática (25ºC), em MPa	0,65	0,65

Conceitos:

Estabilidade – indica a resistência à deformação da mistura compactada. influenciam na estabilidade: a granulometria do agregado, a rugosidade, o grau de compactação da mistura e a viscosidade do asfalto. Estabilidade muito alta indica rigidez da camada podendo comprometer a sua resistência á fadiga por flexão se a camada não for suficientemente espessa. estabilidade muito baixa causa ondulações no revestimento de concreto asfáltico.

Fluência – indica quanto o concreto asfáltico pode deformar sem cisalhar, quando submetido a uma carga. A fluência cresce com o teor de asfalto. Fluência baixa indica uma mistura rígida, sem flexibilidade para acompanhar as pequenas deformações sofridas pelo pavimento. Fluência alta provoca ondulações no revestimento.

Índices de vazios – o ligante asfáltico com o calor dilata mais que o agregado, daí a necessidade de vazios para não haver exsudação. Por outro lado, vazios demais indica uma compactação insuficiente.

Relação betume vazios – juntamente com a exigência de um valor mínimo para o VAM (vazios no agregado mineral), a RBV garante o mínimo de teor de asfalto necessário à durabilidade do concreto asfáltico e limita o teor máximo acima do qual provoca exsudação.

Resistência a tração – indica a resistência à fadiga do concreto asfáltico.

3 EQUIPAMENTOS

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado em contrato.

Os equipamentos para o concreto asfáltico são os seguintes:

- Usina de asfalto

A usina deverá produzir uma mistura uniforme, garantindo a granulometria, o teor de ligante e as temperaturas dos agregados, do asfalto e da mistura.

Deverá ser calibrada adequadamente, em função do traço da mistura de projeto e apresentar as seguintes características:

- A secagem dos agregados deverá ser no sistema de contra fluxo;
- Possuir um silo para cada material;
- Possuir dosador de filer;
- Alimentação de agregados com velocidade variável;
- Sistema de controle de dosagem, preferencialmente automatizado e sincronizado, que permita aumentar ou diminuir a velocidade sem alterar as proporções do traço;
- Permitir automaticamente a correção da dosagem dos materiais, inclusive do CAP;
- Possuir coletor de pó, tipo filtro de manga;
- Cada silo deverá possuir balança para dosagem individual dos agregados;
- Possuir misturador tipo “pugmill” (mistura e conduz) com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis;
- Dispositivo que interrompa a produção, caso haja variação brusca de dosagem de qualquer material;
- Alarme para acusar falta de fluxo de material;
- Controle de temperaturas.

- Acabadora

A vibro acabadora para espalhamento e acabamento da massa asfáltica deverá ser automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e declividade requeridos.

A acabadora deverá ser equipada com parafuso sem fim, para distribuir a mistura na largura desejada, possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção além de marcha para frente e para trás.

A acabadora deve ser equipada com mesa vibratória, alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos à temperatura adequada para o espalhamento da mistura sem irregularidades, com pré-compressão, sendo preferencialmente de esteiras.

- Rolos compressores

São utilizados:

- o rolo de pneus autopropulsor de pressão variável entre 35 psi e 120 psi (ou 0,25 MPa e 0,84 MPa);

- o rolo liso tandem de 25 a 45 Kgf/cm, como complementar à rolagem de pneus, devendo ser vibratório, com regulador de frequência, para espessuras $\geq$ 6 cm;

- o rolo misto liso/pneumático, para serviços em pequenas áreas.

O equipamento compactador deve ser suficiente para comprimir a mistura até a densidade requerida operando na temperatura de trabalhabilidade.

- Caminhões para transporte da mistura

Os caminhões para o transporte da mistura, da usina até a pista, são de caçamba metálica basculante, devendo ser limpa, lisa e ligeiramente lubrificada com água e sabão, ou óleo cru fino, ou óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da massa asfáltica.

Todo carregamento deverá ser coberto com lona protetora da massa asfáltica.

- Depósito para ligante asfáltico

Será provido de dispositivos para aquecimento do ligante asfáltico, na temperatura especificada, agitadores do ligante, sistema de circulação do depósito ao misturador da usina, tubulações com isolamento térmico para evitar perda de calor, devendo ter capacidade de estoque para no mínimo três dias de trabalho.

- Depósito para agregados

No pátio da usina os depósitos para agregados devem ser protegidos de chuvas e de contaminação por poeira e outros materiais prejudiciais.

É boa prática manter a umidade dos agregados miúdos (areia e pó de pedra) sempre abaixo de 5%, fazendo-se aerações com pá mecânica se for necessário. Esta providência aumenta a produtividade da usina e diminui o risco de superaquecimento do agregado e por consequência evita a oxidação da mistura.

- Depósito para filer

O filer artificial, pó calcário, cal hidratada ou cimento Portland deverá ser estocado sem contato com o solo e em depósito fechado e coberto.

- Ferramentas acessórias

A execução de camada de concreto asfáltico exige também a utilização de pás, rastelos, vassouras, carrinhos de mão e compactadores manuais.

4 EXECUÇÃO

4.1 A pintura de ligação deve anteceder a execução de uma camada de concreto asfáltico nos seguintes casos:

- em base imprimada a mais de sete dias, ou quando houver tráfego sobre a imprimação, ou quando houver recobrimento da imprimação com areia ou pó de pedra;

- sobre camadas asfálticas, ou de concreto de cimento Portland, ou em calçamentos.

4.2 As temperaturas na execução do concreto asfáltico variam em função da viscosidade do ligante, adequada a cada atividade, conforme a seguir:

- Mistura a quente do asfalto com o agregado na usina: viscosidade = 85 ± 10 sSF, não podendo o asfalto estar a menos de 120°C e nem a mais de 167°C (o agregado deve estar aquecido à temperatura de 10°C a 15°C acima da do ligante);
- No transporte da mistura até a pista deve-se controlar a perda de calor, não sendo recomendável transportes a mais de 50 Km;
- O espalhamento e a compressão da mistura de concreto asfáltico não poderão ser feitos quando a temperatura ambiente for inferior a 10°C. A viscosidade ideal do asfalto para o espalhamento e compressão da mistura é de 140 ± 15 sSF, devendo a chegada na pista do caminhão com a massa asfáltica ser numa temperatura compatível com a viscosidade de espalhamento.

Após o espalhamento da massa asfáltica tem início a rolagem de compressão. Como regra geral a temperatura de início da rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura esta fixada experimentalmente para cada tipo de mistura.

4.3 A rolagem com rolo de pneus inicia-se com baixa pressão nos pneus, aumentando-a na medida que a mistura vai sendo comprimida e suportando pressões mais elevadas.

A compressão inicia-se na pista pela cota mais baixa no sentido da cota mais elevada, ou seja, numa tangente inicia-se longitudinalmente pelos bordos seguindo em direção ao eixo da pista. Nas curvas do bordo interno para o externo. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de pelo menos a metade da largura rolada. Durante a rolagem não são permitidas mudanças de direção,

inversão brusca de marcha e nem estacionamento do rolo sobre a camada em compressão ou recém-comprimida.

As rodas do rolo liso metálico deverão ser umedecidas adequadamente e os pneus do rolo deverão ser untados levemente com óleo queimado, ambos para evitar a aderência da massa asfáltica.

A operação de rolagem perdurará até se atingir o grau de compactação especificado.

A espessura máxima da camada a compactar será fixada pelo projeto ou pela fiscalização.

4.4 Abertura ao tráfego de uma camada de concreto asfáltico é feita após o seu completo resfriamento, normalmente após decorridas 6 horas do final da compactação.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades dos serviços de concreto asfáltico que podem causar danos ao meio ambiente são a obtenção e utilização de agregados pétreos e areia de campo, o armazenamento de ligante asfáltico, a operação da usina misturadora e a aplicação da massa asfáltica.

5.1 Agregados

5.1.1 Quando o agregado pétreo for proveniente de exploração de pedreira não comercial indicada no projeto, deve-se observar as seguintes situações:

- Os agregados pétreos somente serão aceitos após a contratada apresentar à fiscalização as licenças exigidas pelo ordenamento ambiental. Deve ser

evitado a localização de pedreira e instalações de britagem em área de preservação ambiental.

A exploração da pedreira deverá ser planejada e executada de modo a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos. Deve–se construir bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzido em excesso, evitando assim o carreamento de pó para cursos d'água.

5.1.2 Quando o agregado pétreo for adquirido de pedreira comercial, será exigido documentação atestando a regularidade das instalações e operação junto ao órgão ambiental competente.

5.1.3 Na exploração de areal de campo, o desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material orgânico superficial deverá ser estocado de forma que, após a exploração do areal, este material possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la a paisagem.

Não é permitida a queimada como forma de desmatamento.

As estradas de acesso às fontes de agregados deverão seguir a especificação SOP-ES-T 02/19 – Caminhos de serviço e as recomendações da norma DER-ISA 02/96 – Abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso.

5.2 Ligante asfáltico

O depósito de asfalto deve ser instalado em locais afastados de cursos d'água.

É vedado o expurgo de materiais asfálticos na faixa de domínio ou em qualquer local que possa causar danos ambientais.

5.3 Usinagem a quente

A contratada deverá obter e apresentar à fiscalização a licença de instalação e operação da usina de asfalto.

A contratada deverá submeter à fiscalização o projeto de instalação da usina de asfalto, contendo a planta esquemática da usina e o sistema de filtros que reduzirá a poluição do ar.

Deverão ser obedecidas as recomendações da norma DERT-ISA 08/96 – Orientações ambientais para implantação e operação de usinas de asfalto, concreto e de solo.

Caso a massa de concreto asfáltico seja fornecida por usina comercial, ou equivalente, será exigida toda documentação ambiental atestando a regularidade da usina, pedreira, areal e instalações.

5.4 Aplicação do concreto asfáltico

Restos de misturas asfálticas antigas ou recém-produzidas não podem ser deixados na margem da rodovia. Eles devem ser transportados para depósitos de resíduos sólidos mais próximos, indicados pelo projeto.

Ao final dos serviços serão desmontadas e retiradas todas as edificações provisórias e recuperada a área da usina de asfalto e armazenamento de materiais.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Ligante asfáltico

A condição essencial é que o ligante asfáltico empregado no concreto asfáltico atenda a esta especificações as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

6.1.1 Cimento asfáltico de petróleo (CAP-30/45, CAP-50/70 e CAP-85/100) ou (CAP-20, CAP-40)

A todo carregamento de cimento asfáltico de petróleo que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de qualidade de fábrica, contendo os resultados dos ensaios, atendendo as normas do anexo I contidas na tabela A1 para os CAP classificados por viscosidade e na tabela A2 para os CAP classificados por penetração (cópia no anexo), conforme a seguir:

- Espuma (aquecido a 175°C não deve produzir espuma);
- Penetração (MB-107);
- Viscosidade Saybolt Furol (P-MB 517) a 135°C e 177°C.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios das normas para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

6.2 Agregados para concreto asfáltico

A condição essencial é que o agregado graúdo atenda as exigências de resistência a abrasão, tenha durabilidade, adesividade ao ligante e forma satisfatória e que o agregado miúdo tenha adesividade ao ligante e equivalente de areia satisfatórios. É imprescindível a limpeza dos agregados.

A textura e a absorção dos agregados devem ser consideradas pelo projeto.

6.2.1 Resistência a abrasão do agregado graúdo (DNER-ME 35)

O agregado graúdo para concreto asfáltico pode ter um desgaste por abrasão (ensaio Los Angeles) de no máximo 50% em peso.

O projeto ao indicar a pedreira faz o ensaio Los Angeles para verificar o desgaste por abrasão do agregado.

Por ocasião da obra, pode ser necessário se verificar o desgaste por abrasão, no início do serviço, para confirmar o resultado da pedreira do projeto a critério da fiscalização ou, no decorrer do serviço, quando houver alteração na rocha da pedreira ou quando mudar de pedreira.

O agregado graúdo que apresentar desgaste por abrasão superior a 50% não poderá ser utilizado no concreto asfáltico.

6.2.2 Adesividade (ag. graúdo: DNER-ME 78) (Ag. miúdo: ensaio acelerado de fervura)

A adesividade é uma propriedade do par agregado x cimento asfáltico de petróleo que é ensaiada pelo projeto para se estabelecer a necessidade ou não de adicionamento no ligante de melhorador de adesividade (dope).

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir os ensaios com amostras mais representativas, após se ter produzido pelo menos 5% dos agregados, para conferência dos resultados do projeto.

Os ensaios de adesividade são obrigatórios, em número mínimo de cinco amostras, quando houver mudança das fontes de agregados graúdos ou agregados miúdos.

A adesividade é considerada satisfatória quando após os ensaios não se verificar nenhum deslocamento da película asfáltica e é considerado não satisfatória quando houver deslocamento parcial ou total da película asfáltica.

6.2.3 Índice de forma do agregado graúdo (DNER-ME 86)

O índice de forma do agregado graúdo para concreto asfáltico não pode ser inferior a 0,5 ou, opcionalmente, o percentual de grãos defeituosos não poderá ultrapassar 20% (25% para basalto ou diabásio).

O índice de forma do agregado graúdo é estudado pelo projeto ao indicar a pedreira.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir os ensaios com amostras mais representativas, após se ter produzido pelo menos 5% do agregado graúdo, para conferência do resultado do projeto.

O ensaio de índice de forma é obrigatório, em número mínimo de cinco amostras, quando houver mudança de pedreira.

O agregado graúdo que tiver forma não satisfatória não poderá ser utilizado no concreto asfáltico.

6.2.4 Durabilidade (DNER-ME 89)

O agregado graúdo para concreto asfáltico deve apresentar sob a ação de uma solução de sulfato de sódio ou de magnésio, em cinco ciclos, uma afetação nas partículas inferior a 12%. Este ensaio é realizado pelo projeto ao indicar a pedreira quando a rocha for basáltica, diabásica ou de natureza mineralógica sujeita a alterações.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir o ensaio de durabilidade para as rochas citadas, a título de conferência dos ensaios do projeto.

Havendo afetação das partículas superior a 12%, por perda de peso, fendilhamento, quebra, esmagamento ou laminagem a pedreira terá que ser substituída.

6.2.5 Equivalente de areia para agregado miúdo (DNER-ME 54)

O ensaio de EA é realizado com amostra dos agregados nas proporções do projeto, considerando-se apenas a parcela passando na pen. N° 4 (4,8mm), ou seja a parte da amostra para o ensaio de EA inclui o agregado miúdo, entre as peneiras N° (4,8mm) e a N° 200 (0,074mm) e inclui o filer natural contido nos agregados, que passa na peneira N° 200.

O projeto realiza o ensaio de equivalente de areia das fontes de agregado miúdo que compõem o traço de concreto asfáltico projetado.

No decorrer da execução do concreto asfáltico é obrigatório se repetir o ensaio de EA a cada dia de trabalho com amostra de agregado miúdo + filer natural na proporção do traço que realmente está sendo produzido, devido a variação da areia e as inevitáveis adequações do traço de execução, alterando as proporções da mistura de materiais.

Esta especificação admite a coleta de agregado após a passagem pela unidade secadora, quando a perda de parte do pó deletério faz o equivalente de areia elevar seu valor.

O equivalente de areia mínimo do agregado miúdo é de 50%.

Abaixo desse valor o agregado miúdo não é aprovado (NAP) devendo-se mudar as fontes de agregados ou alterar a composição do traço.

6.3 Filer artificial para concreto asfáltico

O filer artificial que poderá ser pó calcário, cal hidratada ou cimento portland tem que ser armazenado em local coberto, com os sacos assentes sobre piso de madeira.

O controle da granulometria é feito a cada carregamento que chegar a obra, devendo obedecer as seguintes percentagens passando mínimas, para ser aceito.

PENEIRAS	% PASSANDO
N° 40 (0,42mm)	100
N° 80 (0,18mm)	95
N° 200 (0,074mm)	65

6.4 Controle de execução e das características Marshall da mistura

6.4.1 Confirmação do traço Marshall do projeto

Após ser estocado no canteiro da obra pelo menos 5% das quantidades previstas dos agregados, coleta-se amostras e confirma-se o traço de projeto realizando-se um traço Marshall de execução, respeitando-se prioritariamente o diâmetro máximo dos agregados e a faixa granulométrica da mistura de agregados +

filer conforme estabelecido no projeto. O traço Marshall de execução deverá ser realizado com a energia de compactação estabelecida no projeto e obedecer, além da granulometria, os seguintes parâmetros especificados no Item 2.3: limites de estabilidade, limites de fluência, limites do Índice de vazios, limites da relação betume vazios e a resistência mínima de tração por compressão diametral.

De posse do traço marshall de execução se faz a calibragem da abertura dos silos e do funcionamento da usina.

O traço Marshall de execução terá que ser aprovado pela fiscalização.

6.4.2 Controle das primeiras porções da mistura asfáltica

Em todos os inícios de funcionamento da usina de concreto asfáltico deverá ser controlada a temperatura da massa e coletado amostra para se extrair o ligante e se determinar o teor de CAP e se fazer a granulometria dos agregados + filer tantas vezes quantas forem necessárias, para o enquadramento nos valores especificados, sendo esta a condição obrigatória para se levar a massa asfáltica até a pista.

Este controle não tem o poder de aceitação da massa de concreto asfáltico. Ele tão somente regula a produção da mistura pela usina, dentro das especificações.

6.4.3 Controle de temperaturas

Para a aceitação ou rejeição do serviço, são obrigatórias as seguintes faixas de temperaturas:

- Do CAP, na linha de alimentação: $145°C \leq T_{CAP} \leq 165°C$
- Dos agregados no silo quente: $T_{CAP} + 5°C \leq Tag \leq T_{CAP} + 10°C$;

- Da massa asfáltica na saída do caminhão da usina: 145°C $\leq T_M \leq$ 170°C;
- Da massa asfáltica na chegada do caminhão na pista: $T_{M(min)}$ = 135°C;
- Da massa asfáltica no início do espalhamento: $T_{M(min)}$ = 130°C;
- Da massa asfáltica no início da compressão: 120°C $\leq T_C \leq$ 140°C.

Se os limites de temperaturas não forem respeitados a massa asfáltica não poderá ser utilizada, devendo a fiscalização paralisar o serviço e só permitir o seu reinício após a correção da produção de massa asfáltica nas temperaturas especificadas.

O controle de temperaturas é contínuo, quantas vezes forem necessárias, com no mínimo 8 determinações por dia de trabalho.

6.4.4 Controle do teor de CAP e da granulometria

Para aceitação ou rejeição do teor de CAP e da granulometria do concreto asfáltico, coleta-se a cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento) amostra da massa asfáltica, logo após a passagem da vibroacabadora e antes da compressão, para se fazer o ensaio de teor de CAP (DNER-ME 53 – rotarex), ou opcionalmente o ensaio soxhlet – extração do asfalto por refluxo, e depois secar o agregado em estufa e se fazer o ensaio de granulometria (DNER-ME 83).

As tolerâncias especificadas são as seguintes:

- Teor de CAP: teor do traço de execução $\pm$ 0,3%
- Tolerâncias granulométricas – t% (% do projeto $\pm$ t%)

PENEIRAS	T% PASSANDO EM PESO
3/8” a 1 1/2” (9,5mm a 38,1mm)	± 7
N° 40 a N° 4 (0,42mm a 4,8mm)	± 5
Nº 80 (0,18 mm)	± 3
N° 200 (0,074mm)	± 2

A fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

No caso de um teor de CAP não atender a tolerância de 0,3%, admite-se a aceitação do teor estatístico, juntando-se o teor não satisfatório com os quatro teores satisfatórios antecedentes, formando um conjunto de cinco teores e calcula-se:

Teor máximo = $\overline{X} + 1{,}55\,s$ sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{5}$

Teor mínimo = $\overline{X} - 1{,}55\,s$ $s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / 4}$

O serviço será aceito (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas para o teor de CAP e para a granulometria dos agregados + filer. Em caso contrário o serviço não será aprovado (NAP), não sendo permitida a aplicação da massa asfáltica produzida e se a mesma já tiver comprimida na pista a fiscalização indicará a solução que poderá ser o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista ou a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus por conta do construtor..

6.4.5 Controle do grau de compressão (ou compactação)

O traço Marshall de execução do concreto asfáltico (DNER-ME 43/64), aprovado pela fiscalização, estabelece a massa específica aparente de projeto ou densidade de projeto – Dp que servirá de referência para o cálculo do grau de compressão – GC (ou grau de compactação) do concreto asfáltico na pista.

A cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento), após a compressão da camada de concreto asfáltica, extrai-se um corpo de prova (CP) com sonda rotativa ou pelo processo do anel de ferro, e calcula-se a densidade aparente – Da do CP (DNER-ME 117/87).

O grau de compressão – GC (ou de compactação) é calculado pela seguinte fórmula:

$$GC = \frac{Da}{Dp} \times 100$$

O grau de compressão mínimo admissível é de 95%.

Cada CP extraído representa 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento). Caso um CP não alcance o GC mínimo especificado, faz-se 5 extrações no intervalo dos 250m, a cada 50m, para cálculo do GC e delimitação do intervalo não aprovado. Para o (s) intervalo (s) não aprovado (s) a fiscalização indicará a solução a ser dada, desde o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem da camada e execução de nova camada, todos os ônus por conta do construtor.

6.4.6 Controle da estabilidade e da fluência Marshall

Na mesma ocasião da coleta de amostra para o controle do teor de CAP e da granulometria (Item 6.4.4), a cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento), coleta-se também amostra para moldagem e o rompimento de um corpo de prova Marshall (DNER-ME 43) determinando-se com este CP a estabilidade – E e a fluência – F do concreto asfáltico executado.

Os limites especificados para a estabilidade – E e para a fluência – F são os seguintes:

- Para energia de 75 golpes/face
  CAMADA DE ROLAMENTO: 500 kgf ≤ E ≤ 1.000 kgf
  2,0 mm ≤ F ≤ 4,5 mm

CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER): 400 kgf ≤ E ≤ 800 kgf
2,0 mm ≤ F ≤ 4,5 mm

- Para energia de 50 golpes/face
  CAMADA DE ROLAMENTO: 350 kgf ≤ E ≤ 700kgf
  2,0 mm ≤ F ≤ 4,5 mm
  CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER): 300 kgf ≤ E ≤ 600kgf
  2,0 mm ≤ F ≤ 4,5 mm

Ocorrendo valores de estabilidade e/ou de fluência fora dos limites especificados, o serviço será imediatamente interrompido, parando-se o funcionamento da usina de asfalto e não se aproveitando a mistura já produzida e ainda não utilizada, todos os ônus por conta do construtor.

Na pista, os 250m da faixa espalhada da camada de concreto asfáltico já compactada, pertencente ao CP que não atendeu a especificação, será dividido em cinco intervalos de 50m cada, extraindo-se cinco novos CP, 1 CP por intervalo, para determinação da estabilidade – E e da fluência – F e delimitação da extensão aceita e não aceita.

Para o intervalo não aprovado (NAP) a fiscalização indicará a solução a ser dada, desde o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem da camada e execução de nova camada, todos os ônus por conta do construtor.

6.4.7 Controle das demais características Marshall

Os demais parâmetros Marshall de índice de vazios, vazios no agregado mineral e relação betume vazios não condicionam a aprovação ou a desaprovação do concreto asfáltico executado, porque admite-se que estando a % de CAP, a

granulometria e o grau de compactação dentro dos limites especificados podem-se considerar que esses parâmetros darão resultados satisfatórios.

6.5 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (NVERNO)
Arenoso/Permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\overline{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\overline{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando R x Do $>$ 5500m x 10^{-2}mm.

6.6 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de acabamento da superfície

Em cada dia de serviço, deverá ser feito o controle de acabamento da superfície do concreto asfáltico, com auxílio de duas réguas, com comprimentos de 3,00m e 0,90m, colocadas em ângulos reto, alternando cada uma em posição paralela ao eixo da rodovia. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm em qualquer das réguas e em qualquer das duas posições do conjunto (1,0cm para camada de regularização).

Os locais da verificação do acabamento da superfície serão escolhidos pela fiscalização e o número de verificações diárias variará entre 1 (um) e 5 (cinco), a critério da fiscalização.

Se o acabamento da superfície não atender à tolerância especificada, o serviço será considerado não aprovado (NAP), devendo a fiscalização indicar a solução – desde a correção por recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus (inclusive o de possível reparação da base, nova imprimação, etc) por conta do construtor.

7.2 Controle de espessura

O controle de espessura poderá ser feito de duas maneiras:

a) por medição da espessura da camada no momento da extração dos corpos de prova na pista (item 6.4.5) – a cada 250m de meia pista;

b) por nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compressão da camada. O primeiro nivelamento do eixo e bordos será feito a cada estaca (20 metros), podendo serem consideradas as cotas do

controle geométrico da camada inferior, caso tenha sido feito. O segundo nivelamento será feito a cada 240 m, ficando as demais cotas do primeiro nivelamento disponíveis para um aumento na frequência do segundo nivelamento se for necessário.

A tolerância quanto à espessura é a seguinte:

a) $\pm$ 5% da espessura do projeto.

Os serviços com espessura da camada atendendo a tolerância especificada serão aprovados (AP) e os que não atenderem (NAP) não serão aceitos, devendo a fiscalização indicar a solução – desde a correção por recapeamento com espessura aprovada pelo projetista – até a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus (inclusive o de possível reparação da base, nova imprimação, etc) por conta do construtor.

8 MEDIÇÃO

O concreto asfáltico será medido pelo volume compactado, em metros cúbicos, de acordo com a seção tipo do projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado calculado com base na média aritmética dos teores obtidos no controle tecnológico.

O melhorador de adesividade (dope), quando utilizado, será medido pelo peso em quilogramas aplicados.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de concreto asfáltico, medido conforme o item 8, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas do material betuminoso nos tanques de estocagem, custos de agregados, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização da aquisição de materiais, inclusive ligante, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante e lucro.

Não serão pagos excessos em relação ao volume de projeto, e nem descontadas as faltas, dentro das tolerâncias especificadas.

1 DEFINIÇÃO

Pré-misturado a quente (PMQ) é uma mistura asfáltica preparada em usina apropriada, com características e exigências menos rigorosas do que o concreto asfáltico, constituída de agregados, acompanhados ou não de filer, e de material asfáltico, realizada com aquecimento dos agregados e do ligante, transportada, espalhada na pista e comprimida também a quente.

O PMQ pode ser empregado como camada de rolamento, camada de ligação (binder), base, camada de regularização ou reperfilamento e como reforço de pavimentos.

A espessura da camada de PMQ não poderá ser inferior a 4cm e nem superior a 10cm. camada superiores a 10cm terão que ser subdivididas.

2 MATERIAIS

2.1 Material asfáltico

O ligante do PMQ é o cimento asfáltico de petróleo (CAP) que pode ser:

a) Classificação por penetração: CAP 30/45; CAP-50/70 e CAP-85/100;
b) Classificação por viscosidade: CAP-20 e CAP-40;

Ambos obedecendo as especificações do anexo I, tabela 2 e tabela 1, com cópia no anexo.

c) Podem ser usados também materiais asfálticos modificados por polímeros, quando indicados no projeto.

2.2 Agregados

2.2.1 Faixas granulométricas (DNER-ME 83)

A mistura de agregados + filer, podendo se prescindir do filer passando na peneira n° 200 (0,074mm), e até se tolerar uma quantidade ínfima de agregado miúdo, entre as peneiras N° 4 (4,8mm) e N° 200 (0,074mm), deverá se enquadrar

numa das faixas granulométricas do quadro a seguir, que contém também as tolerâncias da faixa de projeto em cada peneira.

PENEIRAS		% PASSANDO, EM PESO						TOLERÂNCIAS
ASTM	mm	A	B	C	D	E	F	
1"	25,4	100	100	100		100		± 7
3/4"	19,1	73 - 88	-	75 - 100	100	65 - 100	100	± 7
1/2"	12,7	66 - 80	60 - 70	-	95 - 100	-	85 - 100	± 7
3/8"	9,5	-	-	50 - 70	50 - 80	35 - 65	75 - 100	± 7
n° 4	4,8	32 - 47	30 - 40	30 - 40	25 - 45	25 - 50	50 - 85	± 5
n° 10	2,0	12 - 20	12 - 24	20 - 30	15 - 30	20 - 40	30 - 75	± 5
n° 40	0,42	6 - 13	6 - 13	6 - 12	-	10 - 30	15 - 40	± 5
n° 200	0,074	0 - 2	0 - 2	3 - 6	2 - 5	0 - 8	3 - 8	± 2

Sugere-se o uso de: revestimento: faixas E e F

demais camadas: as faixas A, B, C e D

A relação entre o diâmetro máximo do agregado (Dmax) e a espessura da camada (h) é a seguinte:

$$D\max \leq \frac{2}{3} \times h$$

2.2.2 Agregado graúdo

O agregado graúdo (retido na pen. n° 4 – 4,8mm) pode ser pedra britada, seixo rolado e cascalho britado ou não, sendo exigido para as faixas A e B que o agregado graúdo tenha pelo menos duas faces britadas. O projeto pode indicar outros tipos de agregados.

O agregado graúdo deve se constituir de partículas sãs, duráveis, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas e tem de apresentar as seguintes características:

- Durabilidade (DNER-ME 89)

Apresentar perda inferior a 12% quando submetido a 5 ciclos de sulfato de sódio ou de magnésio, para as rochas de natureza mineralógica sujeitas a alteração como basalto e diabásio.

- Resistência a abrasão (DNER-ME 78)

Apresentar desgaste por abrasão (Los Angeles) máximo, conforme a tabela a seguir.

LA máximo %

FAIXAS	A – B	C – D	E – F
CAMADA ROLAMENTO	30	40	45
BINDER / BASE	40	45	-

- Adesividade satisfatória (DNER-ME 78)

A adesividade é uma propriedade do par agregado/ligante asfáltico. os agregados eletronegativos têm geralmente adesividade não satisfatória com o cap, como é o caso do granito, gnaisse, quartzito, arenito, etc. Neste caso deve-se acrescentar ao ligante um melhorador de adesividade, também chamado dope, da ordem de 0,4% a 0,6% do peso do CAP, conforme fixado em projeto.

O dope deve necessariamente ser adquirido separadamente e incorporado ao CAP no canteiro de obra, na porcentagem indicada pelo ensaio de adesividade (DNER-ME 78).

- Formas satisfatória (DNER-ME 86)

O índice de forma (IF) mínimo (DNER-ME 86) ou opcionalmente a porcentagem de grãos defeituosos (GD) máxima deve obedecer aos limites do quadro a seguir.

FAIXAS	A – B	C – D	E – F
IF mínimo	0,50	0,45	0,40
GD máxima (%)	20	25	30

Para a percentagem de grãos defeituosos a amostra deve ser coletada aleatoriamente, com no mínimo 10 grãos.

Grãos defeituosos: $L + 1{,}2g > 6$ e

sendo: L = maior dimensão do grão;

g = média das aberturas de duas peneiras de malha quadrada entre as quais o grão fica retido;

e = afastamento mínimo de dois planos paralelos entre os quais fica contido o grão.

O método da determinação da forma do agregado graúdo pela percentagem de grãos defeituosos está no anexo dessas especificações.

- Textura favorável (conceituação)

A textura lisa é favorável ao envolvimento de agregado pelo ligante (adesividade ativa) e reduz o atrito interno da mistura (menor estabilidade e maior trabalhabilidade).

A textura rugosa é mais favorável à resistência ao descolamento da película de CAP pela ação do tráfego em presença da água (adesividade passiva) e aumenta o atrito interno (maior estabilidade e menor trabalhabilidade).

- Absorção moderada de CAP (DNER-ME 81)

O ensaio DNER-ME 81, determinação das densidades real e aparente dos grãos de agregado graúdo, permite também se calcular a absorção de água pela superfície específica do agregado, após saturação, em relação ao seu peso. Quando a absorção de água é superior a 1% do peso do agregado, deve-se fazer um estudo do consumo inútil de ligante, considerando-se que a absorção do CAP é a metade da absorção de água.

Os arenitos e os calcáreos são os agregados mais absorventes seguidos dos basaltos e diabásios.

Os gnaissses e os granitos são os menos absorventes.

2.2.3 Agregado miúdo

O agregado miúdo (passando na pen n° 4 – 4,8mm e retido na pen. N° 200 – 0,074mm) para o PMQ pode ser areia de rio, areia de campo, pó de pedra ou preferencialmente a mistura de areia e pó de pedra.

Deve ser constituído de partículas sãs, livres de torrões de argilas, raízes, substâncias nocivas e apresentar as seguintes características:

A presença de areia de campo na mistura é importante porque a superfície lisa dos grãos favorece a trabalhabilidade e reduz a rigidez da camada, tornando-a mais flexível e com maior deflexão admissível. Já o agregado resultante de britagem tem a superfície rugosa e favorece a rigidez da camada asfáltica. A rigidez ou a flexibilidade da camada asfáltica pode ser conseguida através das percentagens desses materiais no traço da mistura.

- Equivalente de areia – EA (DNER-ME 54)

O agregado miúdo deve ter um EA $\geq$ 45%, incluído o filer natural (passando na pen. n° 200 – 0,074mm) se houver no agregado miúdo para o PMQ.

- Adesividade satisfatória (ensaio acelerado)

O ensaio DNER-ME 79 – Agregado, adesividade a ligante betuminoso não é prático, sendo adotado nesta especificação o ensaio acelerado (cópia no anexo).

2.2.4 Material de enchimento (filer)

O filer é o componente da mistura do PMQ que é constituído de minerais finamente dividido, inerte em relação aos demais materiais, tendo granulometria passando na Pen. N° 200 (0,074mm).

O filer proveniente do próprio agregado é chamado de filer natural. É também utilizado na mistura o filer artificial, geralmente constituído de pó calcário, cal hidratada ou cimento portland.

A granulometria aceita para o filer artificial é a seguinte:

PENEIRA	% MÍNIMA PASSANDO
N° 40 (0,042mm)	100
N° 80 (0,18mm)	95
N° 200 (0,074 mm)	65

As funções do filer são as seguintes:

a) diminuir os vazios da mistura de agregados, isto é, funcionar como material de enchimento (“filler” em inglês);

b) melhorar a adesividade do ligante ao agregado, principalmente aos de natureza eletronegativa tais como granito, gnaisse, arenito, quartzito, etc.

O filer aumenta a viscosidade do CAP e o ponto de amolecimento e influência na estabilidade do PMQ, na flexibilidade da camada e, ficando em suspensão no CAP, ele forma o mástique, espessando a película que envolve o agregado.

No momento da mistura o filer tem de estar seco, pulverizado e sem grumos.

2.3 Mistura asfáltica

O traço do pré-misturado a quente é dosado através do ensaio Marshall (DNER-ME 43), devendo a mistura satisfazer as seguintes exigências ou características:

FAIXA	CAMADA	ESTABILIDADE 60° C (Kgf)	FLUÊNCIA (mm)	VAZIOS (%)	RBV (%)	ENERGIA (G/FACE)	N_{USACE} MÁXIMO	OBS
A - B	ROLAMENTO	Min. 250	-	12 a 16	-	50	$1,5 \times 10^6$	1
		Min. 300	-	12 a 16	-	75	$2,5 \times 10^6$	1
	BINDER	Min. 250	-	17 a 26	-	50	$2,5 \times 10^7$	2
		Min. 300	-	17 a 26	-	75	$5,0 \times 10^7$	2
C - D	ROLAMENTO	Min. 275	-	8 a 12	-	50	$2,5 \times 10^6$	1
		Min. 325	-	8 a 12	-	75	$3,5 \times 10^6$	1
	BINDER	Min. 275	-	10 a 12	-	50	5×10^7	2
		Min. 325	-	10 a 12	-	75	5×10^7	2
E - F	ROLAMENTO	300 a 600	2,0 a 4,5	5 a 8	60 a 70	50	5×10^6	-
		350 a 750	2,0 a 4,5	5 a 8	60 a 70	75	$7,5 \times 10^6$	-

OBSERVAÇÕES: 1 – Não aconselhável em rodovias com fortes tensões superficiais de rampas acentuadas e curvas de pequenos raios;

2 – É obrigatório a camada de rolamento ser em concreto asfáltico.

Para garantir uma quantidade mínima de CAP nas faixas E e F do PMQ, como camada de rolamento, é necessário que os vazios do agregado mineral (VAM) tenham os valores mínimos da tabela a seguir.

Diâmetro máximo (Dmax)	1”	3/4"	1/2"	3/8”
VAM (% mínima)	13	14	15	16

Nota: A energia do ensaio Marshall com 75 golpes por face é mais indicada para o tráfego de cargas pesadas, veículos lentos, rampas e curvas acentuadas e nas paradas de ônibus. Entretanto estabilidade muito alta não é desejável pois indica uma camada de PMQ muito rígida que pode comprometer a sua resistência a fadiga.

Resistência a tração por compressão diametral: para camada de PMQ nas faixas C, D, E e F é exigido uma resistência a tração mínima, a 25°C, de 0,55 MPa.

3 EQUIPAMENTOS

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado em contrato.

Os equipamentos para o PMQ são os seguintes:

- Usina de asfalto

A usina deverá produzir uma mistura uniforme, garantindo a granulometria, o teor de ligante e as temperaturas dos agregados, do asfalto e da mistura.

Deverá ser calibrada adequadamente, em função do traço da mistura de projeto e apresentar as seguintes características:

- A secagem dos agregados deverá ser no sistema de contra fluxo;
- Possuir dosador de filer;
- Sistema de controle de dosagem, preferencialmente automatizado e sincronizado, que permita aumentar ou diminuir a velocidade sem alterar as proporções do traço;
- Permitir automaticamente a correção da dosagem dos materiais, inclusive do CAP;
- Possuir coletor de pó, tipo filtro de manga;
- Cada silo deverá possuir balança para dosagem individual dos agregados;
- Possuir misturador tipo “pugmill” (mistura e conduz) com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis;
- Dispositivo que interrompa a produção, caso haja variação brusca de dosagem de qualquer material;
- Alarme para acusar falta de fluxo de material;
- Controle de temperaturas.

- Acabadora

A vibro acabadora para espalhamento e acabamento da massa asfáltica deverá ser automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e declividade requeridos.

A acabadora deverá ser equipada com parafuso sem fim, para distribuir a mistura na largura desejada, possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção além de marcha para frente e para trás.

A acabadora deve ser equipada com mesa vibratória, alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos à temperatura adequada para o espalhamento da mistura sem irregularidades, com pré-compressão, sendo preferencialmente de esteiras.

- Rolos compressores

São utilizados:

- o rolo de pneus autopropulsor de pressão variável entre 35 psi e 120 psi (ou 0,25 MPa e 0,84 MPa);

- o rolo liso tandem de 25 a 45 Kgf/cm, como complementar à rolagem de pneus, devendo ser Vibratório, com regulador de frequência, para espessuras $\geq$ 6 cm;

- o rolo misto liso/pneumático, para serviços em pequenas áreas.

O equipamento compactador deve ser suficiente para comprimir a mistura até a densidade requerida operando na temperatura de trabalhabilidade.

- Caminhões para transporte da mistura

Os caminhões para o transporte da mistura, da usina até a pista, são de caçamba metálica basculante, devendo ser limpa, lisa e ligeiramente lubrificada com

água e sabão, ou óleo cru fino, ou óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da massa asfáltica.

Todo carregamento deverá ser coberto com lona protetora da massa asfáltica.

- Depósito para ligante asfáltico

Será provido de dispositivos para aquecimento do ligante asfáltico, na temperatura especificada, agitadores do ligante, sistema de circulação do depósito ao misturador da usina, tubulações com isolamento térmico para evitar perda de calor, devendo ter capacidade de estoque para no mínimo três dias de trabalho.

- Depósito para agregados

No pátio da usina os depósitos para agregados devem ser protegidos de chuvas e de contaminação por poeira e outros materiais prejudiciais.

É boa prática manter a umidade dos agregados miúdos (areia e pó de pedra) sempre abaixo de 5%, fazendo-se aerações com pá mecânica se for necessário. Esta providência aumenta a produtividade da usina e diminui o risco de superaquecimento do agregado e por consequência evita a oxidação da mistura.

- Depósito para filer

O filer artificial, pó calcário, cal hidratada ou cimento portland deverá ser estocado sem contato com o solo e em depósito fechado e coberto.

- Ferramentas acessórias

A execução de camada de PMQ exige também a utilização de pás, rastelos, vassouras, carrinhos de mão e compactadores manuais.

4 EXECUÇÃO

4.1 A pintura de ligação deve anteceder a execução de uma camada de PMQ nos seguintes casos:

- em base imprimada a mais de sete dias, ou quando houver tráfego sobre a imprimação, ou quando houver recobrimento da imprimação com areia ou pó de pedra;
- sobre camadas asfálticas, ou de concreto de cimento Portland, ou em calçamentos.

4.2 As temperaturas na execução do PMQ variam em função da viscosidade do ligante, adequada a cada atividade, conforme a seguir:

- Mistura a quente do asfalto com o agregado na usina: viscosidade = 85 ± 10 sSF, não podendo o asfalto estar a menos de 120°C e nem a mais de 167°C (o agregado deve estar aquecido à temperatura de 10C a 15°C acima da do ligante);
- No transporte da mistura até a pista deve-se controlar a perda de calor, não sendo recomendável transportes a mais de 50 Km;
- O espalhamento e a compressão da mistura de PMQ não poderá ser feita quando a temperatura ambiente for inferior a 10°C.

A viscosidade ideal do asfalto para o espalhamento e compressão da mistura é de 140 ± 15 sSF, devendo a chegada na pista do caminhão com a massa asfáltica ser numa temperatura compatível com a viscosidade de espalhamento.

Após o espalhamento da massa asfáltica tem início a rolagem de compressão. Como regra geral a temperatura de início da rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura esta fixada experimentalmente para cada tipo de mistura.

4.3 A rolagem com rolo de pneus inicia-se com baixa pressão nos pneus, aumentando-a na medida que a mistura vai sendo comprimida e suportando pressões mais elevadas.

A compressão inicia-se na pista pela cota mais baixa no sentido da cota mais elevada, ou seja, numa tangente inicia-se longitudinalmente pelos bordos seguindo em direção ao eixo da pista. Nas curvas da borda interna para a externa. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de pelo menos a metade da largura rolada. Durante a rolagem não são permitidas mudanças de direção, inversão brusca de marcha e nem estacionamento do rolo sobre a camada em compressão ou recém-comprimida.

As rodas do rolo liso metálico deverão ser umedecidas adequadamente e os pneus do rolo deverão ser untadas levemente com óleo queimado, ambos para evitar a aderência da massa asfáltica.

A operação de rolagem perdurará até se atingir o grau de compactação especificado.

A espessura máxima da camada a compactar será fixada pelo projeto ou pela fiscalização.

Lembrar que uma alta temperatura de compressão pode provocar exsudação e que uma baixa temperatura (massa fria) pode causar trincas na camada.

4.4 Abertura ao tráfego

A camada de PMQ recém executada poderá ser aberta ao tráfego após o seu completo resfriamento, em torno de 6 horas após o término da compressão.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades dos serviços de pré-misturado a quente que podem causar danos ao meio ambiente são a obtenção e utilização de agregados pétreos, areia de rio, areia de campo, o armazenamento de ligante asfáltico, a operação da usina misturadora e a aplicação da massa asfáltica.

5.1 Agregados

5.1.1 Quando o agregado pétreo for proveniente de exploração de pedreira não comercial indicada no projeto, deve-se observar as seguintes situações:

- Os agregados pétreos somente serão aceitos após a contratada apresentar à fiscalização as licenças exigidas pelo ordenamento ambiental.

Deve ser evitada a localização de pedreira e instalações de britagem em área de preservação ambiental.

A exploração da pedreira deverá ser planejada e executada de modo a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos. Deve–se construir bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzido em excesso, evitando assim o carreamento de pó para cursos d’água.

5.1.2 Quando o agregado pétreo for adquirido de pedreira comercial, será exigido documentação atestando a regularidade das instalações e operação junto ao órgão ambiental competente.

5.1.3 Na exploração de areal de campo, o desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material orgânico superficial deverá ser estocado de forma que, após a exploração do areal, este material possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la a paisagem.

Não é permitida a queimada como forma de desmatamento.

5.1.4 Na exploração de areal de rio, deve-se evitar que a escavação dos bancos de areia forme bacias que alterem o escoamento natural das águas e deve-se evitar a contaminação das águas por derramamento de óleos, graxas ou combustíveis dos equipamentos.

As estradas de acesso às fontes de agregados deverão seguir a especificação SOP-ES-T 02/19 – Caminhos de serviço e as recomendações da norma DER-ISA 02/96 – Abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso.

5.2 Ligante asfáltico

O depósito de asfalto deve ser instalado em locais afastados de cursos d'água.

É vedado o expurgo de materiais asfálticos na faixa de domínio ou em qualquer local que possa causar danos ambientais.

5.3 Usinagem a quente

A contratada deverá obter e apresentar à fiscalização a licença de instalação e operação da usina de asfalto.

A contratada deverá submeter à fiscalização o projeto de instalação da usina de asfalto, contendo a planta esquemática da usina e o sistema de filtros que reduzirá a poluição do ar.

Deverão ser obedecidas as recomendações da norma DERT-ISA 08/96 – Orientações ambientais para implantação e operação de usinas de asfalto, concreto e de solo.

Caso a massa de PMQ seja fornecida por usina comercial, ou equivalente, será exigida toda documentação ambiental atestando a regularidade da usina, pedreira, areal e instalações.

5.4 Aplicação do PMQ

Restos de misturas asfálticas antigas ou recém-produzidas não podem ser deixados na margem da rodovia. Eles devem ser transportados para depósitos de resíduos sólidos mais próximos, indicados pelo projeto.

Ao final dos serviços serão desmontadas e retiradas todas as edificações provisórias e recuperada a área da usina de asfalto e armazenamento de materiais.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Ligante asfáltico

A condição essencial é que o ligante asfáltico empregado no PMQ atenda a esta especificações as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

6.1.1 Cimento asfáltico de petróleo (CAP-30/45, CAP-50/70 e CAP-85/100) ou (CAP-20, CAP-40)

A todo carregamento de cimento asfáltico de petróleo que chegar à obra será exigido o respectivo “certificado de fábrica”, contendo os resultados dos ensaios, atendendo as normas do anexo I contidas na tabela A1 para os CAP classificados por viscosidade e na tabela A2 para os CAP classificados por penetração (cópia no anexo), conforme a seguir:

- espuma (aquecido a 175°c não deve produzir espuma);
- penetração (MB-107);
- viscosidade Saybolt Furol (P-MB 517) a 135°C e 177°C.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios das normas para confrontar com os resultados do "certificado de fábrica".

6.2 Agregados para PMQ

A condição essencial é que o agregado graúdo atenda as exigências de resistência a abrasão, tenha durabilidade, adesividade ao ligante e forma satisfatória e que o agregado miúdo tenha adesividade e equivalente de areia satisfatórios. É imprescindível a limpeza dos agregados.

A textura e a absorção dos agregados devem ser consideradas pelo projeto.

6.2.1 Resistência a abrasão do agregado graúdo (DNER-ME 35)

O agregado graúdo (entre 25,4mm e 4,8mm) para PMQ pode ter um desgaste por abrasão (ensaio Los Angeles) variável conforme a Faixa granulométrica, a saber:

- Camada de rolamento: LA $\leq$ 30% para faixas A e B;
  LA $\leq$ 40% para faixas C e D;
  LA $\leq$ 45% para faixas E e F;
- Base ou binder: LA $\leq$ 40% para faixas A e B;
  LA $\leq$ 45% para faixas C e D;

O projeto ao indicar a pedreira faz o ensaio Los Angeles para verificar o desgaste por abrasão do agregado.

Por ocasião da obra, pode ser necessário se verificar o desgaste por abrasão, no início do serviço, para confirmar o resultado da pedreira do projeto a critério da fiscalização ou, no decorrer do serviço quando houver alteração na rocha da pedreira ou quando mudar de pedreira.

O agregado graúdo que apresentar desgaste por abrasão superior aos limites especificados não poderá ser utilizado no pré-misturado a quente.

6.2.2 Adesividade (ag. graúdo: DNER-ME 78) (ag. miúdo: ensaio acelerado de fervura)

A adesividade é uma propriedade do par agregado x cimento asfáltico de petróleo que é ensaiado pelo projeto para se estabelecer a necessidade ou não de adicionamento no ligante de melhorador de adesividade (dope).

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir os ensaios com amostras mais representativas, após se ter produzido pelo menos 5% dos agregados, para conferência dos resultados do projeto.

Os ensaios de adesividade são obrigatórios, em número de cinco amostras, quando houver mudança das fontes de agregados graúdos ou miúdos.

A adesividade é considerada satisfatória quando após os ensaios não se verificar nenhum deslocamento da película asfáltica e é considerado não satisfatória quando houver deslocamento parcial ou total da película asfáltica.

6.2.3 Índice de forma do agregado graúdo (DNER-ME 86)

O índice de forma mínimo (IF) ou, opcionalmente, a percentagem máxima de grãos defeituosos (GD) admissíveis para o agregado graúdo do PMQ tem valores variáveis conforme a faixa granulométrica, a saber:

- faixas A e B: IFmínimo = 0,50
  GDmáximo = 20%
- faixas C e D: IFmínimo = 0,45
  GDmáximo = 25%
- faixas E e F: IFmínimo = 0,40
  GDmáximo = 30%

A forma do agregado graúdo é ensaiada pelo projeto ao indicar a pedreira.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir os ensaios com amostras mais representativas, após se ter produzido pelo menos 5% do agregado graúdo, para conferência do resultado do projeto.

O ensaio de índice de forma é obrigatório, em número mínimo de cinco amostras, quando houver mudança de pedreira.

O agregado graúdo que tiver forma não satisfatória não poderá ser utilizado no pré-misturado a quente.

6.2.4 Durabilidade (DNER-ME 89)

O agregado graúdo para PMQ deve apresentar sob a ação de uma solução de sulfato de sódio ou de magnésio, em cinco ciclos, uma afetação nas partículas inferior a 12%. Este ensaio é realizado pelo projeto ao indicar a pedreira quando a rocha for basáltica, diabásica ou de natureza mineralógica sujeita a alterações.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir o ensaio de durabilidade para as rochas citadas, a título de conferência dos ensaios do projeto.

Havendo afetação das partículas superior a 12%, por perda de peso, fendilhamento, quebra, esmagamento ou laminagem a pedreira terá que ser substituída.

6.2.5 Equivalente de areia para agregado miúdo (DNER-ME 54)

O ensaio de EA é realizado com amostra dos agregados nas proporções de projeto, considerando-se apenas a parcela passando na pen. N° 4 (4,8mm), ou seja, a parte da amostra para o ensaio de EA inclui o agregado miúdo, entre as

peneiras N° 4 (4,8mm) e a N° 200 (0,074mm) e inclui o filer natural contido nos agregados, que passa na peneira N° 200.

O projeto realiza o ensaio de equivalente de areia das fontes de agregado miúdo que compõem o traço de PMQ projetado.

No decorrer da execução do PMQ é obrigatório se repetir o ensaio de EA a cada dia de trabalho com amostra de agregado miúdo + filer natural na proporção do traço que realmente está sendo produzido, devido a variação da areia e as inevitáveis adequações do traço de execução, alterando as proporções da mistura de materiais.

Esta especificação admite a coleta de agregado após a passagem pela unidade secadora, quando a perda de parte do pó deletério faz o equivalente de areia elevar seu valor.

O equivalente de areia mínimo do agregado miúdo do PMQ é de 45%.

Abaixo desse valor o agregado miúdo não é aprovado (NAP) devendo-se mudar as fontes de agregados ou a composição do traço.

6.3 Filer artificial para PMQ

O filer artificial que poderá ser pó calcário, cal hidratada ou cimento Portland tem que ser armazenado em local coberto, com os sacos assentes sobre piso de madeira.

O controle da granulometria é feito a cada carregamento que chegar à obra, devendo obedecer às seguintes percentagens mínimas passando, para ser aceito.

PENEIRAS	% PASSANDO
N° 40 (0,42mm)	100
N° 80 (0,18mm)	95
N° 200 (0,074mm)	65

6.4 Controle de execução e das características Marshall da mistura

6.4.1 Confirmação do traço Marshall do projeto

Após ser estocado no canteiro da obra pelo menos 5% das quantidades previstas dos agregados, coleta-se amostras e confirma-se o traço de projeto realizando-se um traço Marshall de execução, respeitando-se prioritariamente o diâmetro máximo dos agregados e a faixa granulométrica da mistura de agregados + filer (se houver), conforme estabelecido no projeto.

O traço Marshall de execução deverá ser realizado com a energia de compactação estabelecida no projeto e obedecer, além da granulometria, os seguintes parâmetros especificados no item 2.3: limites de estabilidade, limites de fluência, limites do índice de vazios, limites da relação betume vazios e a resistência mínima de tração por compressão diametral.

De posse do traço Marshall de execução se faz a calibragem da abertura dos silos e do funcionamento da usina.

O traço Marshall de execução terá que ser aprovado pela fiscalização.

6.4.2 Controle das primeiras porções da mistura asfáltica

Em todos os inícios de funcionamento da usina de PMQ deverá ser controlada a temperatura da massa e coletado amostra para se extrair o ligante e se determinar o teor de CAP e se fazer a granulometria dos agregados + filer (se houver), tantas vezes quantas forem necessárias, para o enquadramento nos valores

especificados, sendo esta a condição obrigatória para se levar a massa asfáltica até a pista.

Este controle não tem o poder de aceitação da massa de PMQ. Ele tão somente regula a produção da mistura pela usina, dentro das especificações e do traço Marshall de execução.

6.4.3 Controle de temperaturas

Para a aceitação ou rejeição do serviço, são obrigatórias as seguintes faixas de temperaturas:

- Do CAP, na linha de alimentação: 145°C $\leq T_{CAP} \leq$ 165°C
- Dos agregados no silo quente: T_{CAP} + 5°C $\leq$ Tag $\leq T_{CAP} + T_{cap}$ + 10°C;
- Da massa asfáltica na saída do caminhão da usina: 145°C $\leq T_M \leq$ 170°C;
- Da massa asfáltica na chegada do caminhão na pista: $T_{M(min)}$ = 135°C;
- Da massa asfáltica no início do espalhamento: $T_{M(min)}$ = 130°C;
- Da massa asfáltica no início da compressão: 120°C $\leq T_C \leq$ 140°C.

Se os limites de temperaturas não forem respeitados a massa asfáltica não poderá ser utilizada, devendo a fiscalização paralisar o serviço e só permitir o seu reinício após a correção da produção de massa asfáltica nas temperaturas especificadas.

O controle de temperaturas é contínuo, quantas vezes forem necessárias, com no mínimo 8 determinações por dia de trabalho.

6.4.4 Controle do teor de CAP e da granulometria

Para aceitação ou rejeição do Teor de CAP e da granulometria do PMQ, coleta-se a cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento) amostra da massa

asfáltica, logo após a passagem da vibroacabadora e antes da compressão, para se fazer o ensaio de Teor de CAP (DNER-ME 53 – rotarex), ou opcionalmente o ensaio soxhlet – Extração do asfalto por refluxo, e depois secar o agregado em estufa e se fazer o ensaio de granulometria (DNER-ME 83).

As tolerâncias especificadas são as seguintes:

- Teor de CAP: teor do traço de execução ± 0,4%
- Tolerâncias granulométricas – t% (% do projeto ± t%)

PENEIRAS	t % PASSANDO EM PESO
3/8” a 1” (9,5mm a 25,4mm)	± 7
N° 40 a N° 4 (0,42mm a 4,8mm)	± 5
N° 200 (0,074mm)	± 2

Não podendo ultrapassar os limites das Faixas estabelecidas no Item 2.2.1.

A fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

No caso de um teor de CAP não atender a tolerância de 0,4%, admite-se a aceitação do teor estatístico, juntando-se o teor não satisfatório com os quatro teores satisfatórios antecedentes, formando um conjunto de cinco teores e calcula-se:

Teor máximo = $\overline{X} + 1{,}55\,s$ sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{5}$

Teor mínimo = $\overline{X} - 1{,}55\,s$ $s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / 4}$

O serviço será aceito (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas para o teor de CAP e para a granulometria dos agregados + filer.

Em caso contrário o serviço não será aprovado (NAP), não sendo permitida a aplicação da massa asfáltica produzida e se a mesma já tiver comprimida na pista a fiscalização indicará a solução que poderá ser o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista ou a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus por conta do construtor..

6.4.5 Controle do grau de compressão (ou compactação)

O traço Marshall de execução do PMQ, aprovado pela fiscalização, estabelece a massa específica aparente de projeto ou densidade de projeto – Dp que servirá de referência para o cálculo do grau de compressão – GC (ou grau de compactação) do PMQ na pista.

A cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento), após a compressão da camada de PMQ, extrai-se um corpo de prova (CP) com sonda rotativa ou pelo processo do anel de ferro, e calcula-se a densidade aparente – Da do CP (DNER-ME 117/87).

O grau de compressão – GC (ou de compactação) é calculado pela seguinte fórmula:

$$GC = \frac{Da}{Dp} \times 100$$

O grau de compressão mínimo admissível é de 95%.

Cada CP extraído representa 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento). Caso um CP não alcance o GC mínimo especificado, faz-se 5 extrações no intervalo dos 250m, a cada 50m, para cálculo do GC e delimitação do intervalo não aprovado. Para os intervalos não aprovados a fiscalização indicará a solução a ser dada, desde o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem da camada e execução de nova camada, todos os ônus por conta do construtor.

6.4.6 Controle da estabilidade e da fluência Marshall

Na mesma ocasião da coleta de amostra para o controle do teor de CAP e da granulometria (Item 6.4.4), a cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento), coleta-se também amostra para moldagem e o rompimento de um corpo de prova Marshall (DNER-ME 43) determinando-se com este CP a estabilidade – E e a fluência – F do PMQ executado.

Os limites especificados para a estabilidade – E e para a fluência – F estão no Item 2.3, em função das faixas granulométricas de PMQ.

Ocorrendo valores de estabilidade e/ou de fluência fora dos limites especificados, o serviço será imediatamente interrompido, parando-se o funcionamento da usina de asfalto e não se aproveitando a mistura já produzida e ainda não utilizada, todos os ônus por conta do construtor.

Na pista, os 250m da faixa espalhada da camada de PMQ já compactada, pertencente ao CP que não atendeu a especificação, será dividido em cinco intervalos de 50m cada, extraindo-se cinco novos CP, 1 CP por intervalo, para determinação da estabilidade – E e da fluência – F e delimitação da extensão aceita e não aceita.

Para o intervalo não aprovado (NAP) a fiscalização indicará a solução a ser dada, desde o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem da camada e execução de nova camada, todos os ônus por conta do construtor.

6.4.7 Controle das demais características Marshall

Os demais parâmetros Marshall de índice de vazios, vazios no agregado mineral e relação betume vazios não condicionam a aprovação ou a desaprovação do PMQ executado, porque admite-se que estando a % de CAP, a granulometria e o grau de compactação dentro dos limites especificados podem-se considerar que esses parâmetros darão resultados satisfatórios.

6.5 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda Interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\overline{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \overline{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\overline{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\overline{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\overline{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando R x Do $>$ 5500m x 10^{-2}mm.

6.6 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de acabamento da superfície

Em cada dia de serviço, deverá ser feito o controle de acabamento da superfície do pré-misturado a quente, com auxílio de duas réguas, com comprimentos de 3,00m e 0,90m, colocadas em ângulos reto, alternando cada uma em posição paralela ao eixo da rodovia. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm em qualquer das réguas e em qualquer das duas posições do conjunto (1,0cm para camada de regularização).

Os locais da verificação do acabamento da superfície serão escolhidos pela fiscalização e o número de verificações diárias variará entre 1 (um) e 5 (cinco), a critério da fiscalização.

Se o acabamento da superfície não atender à tolerância especificada, o serviço será considerado não aprovado (NAP), devendo a fiscalização indicar a solução – desde a correção por recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus (inclusive o de possível reparação da base, nova Imprimação, etc) por conta do construtor.

7.2 Controle de espessura

O controle de espessura poderá ser feito de duas maneiras:

a) por medição da espessura da camada no momento da extração dos corpos de prova na pista (item 6.4.5) –a cada 250m de meia pista;

b) por nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compressão da camada. O primeiro nivelamento do eixo e bordos

será feito a cada estaca (20 metros), podendo serem consideradas as cotas do controle geométrico da camada inferior, caso tenha sido feito. O segundo nivelamento será feito a cada 240 m, ficando as demais cotas do primeiro nivelamento disponíveis para um aumento na frequência do segundo nivelamento se for necessário.

As tolerâncias quanto a espessura são as seguintes:

a) ± 10% da espessura do projeto para pontos isolados;

b) 5% de redução da espessura do projeto para a média determinada a cada 20 determinações, quando o controle é feito no momento da extração dos corpos de prova na pista, e a cada 16 determinações, quando o controle é feito por nivelamento.

Os serviços com espessura da camada atendendo as tolerâncias especificadas serão aprovados (AP) e os que não atenderem (NAP) não serão aceitos, devendo a fiscalização indicar a solução – desde a correção por recapeamento com espessura aprovada pelo projetista – até a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus (inclusive o de possível reparação da base, nova Imprimação, etc) por conta do construtor.

8 MEDIÇÃO

O pré-misturado a quente será medido pelo volume compactado, em metros cúbicos, de acordo com a seção tipo do projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, calculado com base nos teores obtidos no controle tecnológico.

O melhorador de adesividade (dope), quando utilizado, será medido pelo peso em quilogramas aplicados.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de pré-misturado a quente, medido conforme o item 8, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas do material betuminoso nos tanques de estocagem, custos de agregados, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização da aquisição de materiais, inclusive ligante, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Areia asfalto usinada a quente (AAUQ) é o revestimento flexível resultante da mistura de cimento asfáltico de petróleo + agregado miúdo + filer realizada com aquecimento do agregado e do ligante em usina apropriada e posteriormente transportada, espalhada na pista e compactada, todas essas operações executadas a quente, sob temperaturas compatíveis com a viscosidade exigida para o ligante asfáltico, devendo o produto da mistura obedecer parâmetros de estabilidade, índice de vazios, vazios no agregado mineral, relação betume vazios e grau de compactação. a mistura do agregado miúdo + filer deve se enquadrar em faixas granulométricas especificadas.

Na estrutura do pavimento, a areia asfalto é utilizada:

a) como camada de rolamento, destinada a receber diretamente a ação do tráfego;

b) como camada de regularização ou reperfilamento de superfícies em restaurações de rodovias ou sobre calçamentos (pedra tosca e/ou paralelepípedos). Neste caso a AAUQ funciona como camada de ligação (um binder de espessura pequena e variável), podendo-se reduzir o teor de ligante e ampliar as tolerâncias de vazios e relação betume vazios, a critério do projetista.

c) como binder (ou camada de ligação) quando se deseja uma camada mais flexível.

2 MATERIAIS

2.1 Material asfáltico

Podem ser empregados os seguintes materiais asfálticos:

a) Classificados por penetração: CAP-30/45, CAP-50/70 e CAP-85/100;

b) Classificados por viscosidade: CAP-20 e CAP-40;

c) Podem ser usados também materiais asfálticos modificados por polímeros quando indicados no projeto.

2.2 Agregados miúdos

Podem ser constituídos de areia de campo, areia de rio, pó de pedra ou preferencialmente a mistura de agregados miúdos.

O agregado miúdo, contido entre as peneiras N° 4 (4,8mm) e N° 200 (0,074mm) deve ter partículas individuais resistentes, apresentar moderada angulosidade, devendo ser livre de torrões de argilas, de raízes, de substâncias nocivas e apresentar as seguintes características:

- Equivalente de areia – EA (DNER-ME 54)

O agregado miúdo deve ter um EA ≥ 55%.

Nota: o ensaio de EA é feito normalmente com a mistura de areia de campo + pó de pedra, acrescentando as vezes areia de rio, todos passando na peneira N° 4 (4,8mm), sem limitar a amostra na peneira N° 200 (0,074mm), ou seja na amostra do ensaio de EA está incluído o filer natural contido nos agregados, passando na peneira N° 200. Por conta do filer que se inclui no ensaio esta especificação admite para o agregado miúdo um EA mínimo de 50%.

A presença de areia (superfície lisa) na mistura é necessária para dar melhor trabalhabilidade e tornar a camada mais flexível.

- Adesividade satisfatória (Ensaio acelerado de fervura)

O ensaio DNER-ME 79 – Agregado, adesividade a ligante betuminoso não é prático, sendo adotado nesta especificação o ensaio acelerado, realizado conforme a seguir:

- Toma-se 100g do agregado miúdo, passando na peneira N° 10 (2,0mm), englobando o filer natural e o percentual de filer artificial determinado pelo traço Marshall. Acrescenta-se CAP (puro ou com o percentual de “dope”, conforme o projeto), sendo a quantidade de CAP calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{Teor (\%)} = 7{,}0\ (5 + 1{,}3.f)^{0,2}$$

Onde: f = % da amostra de 100g que passa na peneira N° 200 (0,074mm)

Aquece-se o agregado a 100°C e o Ligante a 120°C. Faz-se a mistura e deixa-se esfriar até 40°C. A mistura é posta em água fervente por 3 minutos.

Se não houver deslocamento da película de CAP a adesividade é considerada satisfatória, em caso contrário, repete-se o ensaio e confirmando-se a não adesividade, faz-se a revisão do teor de dope ou muda-se o agregado miúdo.

2.3 Material de enchimento (filer)

O filer é o componente da mistura asfáltica constituído de minerais finamente divididos, inerte em relação aos demais materiais, tendo granulometria passando na peneira N° 200 (0,074mm).

O filer proveniente do próprio agregado é chamado de filer natural. É também utilizado na mistura o filer artificial, geralmente pó de calcário, cal hidratada ou cimento portland. A granulometria aceita para o filer artificial é a seguinte:

PENEIRA	% MÍNIMA PASSANDO
N° 40 (0,042mm)	100
N° 80 (0,18mm)	95
N° 200 (0,074mm)	65

As funções do filer são as seguintes:

1 - diminuir os vazios da mistura de agregados, isto é, funcionar como material de enchimento (“filler” em inglês);

2 - melhorar a adesividade do ligante ao agregado, principalmente aos de natureza eletronegativa tais como granito, gnaisse, arenito, quartzito, etc.

O filer aumenta a viscosidade do CAP e o ponto de amolecimento e também influencia na estabilidade da AAUQ, na flexibilidade da camada e, ficando em suspensão no CAP, ele forma o mástique, espessando a película que envolve o agregado.

No momento da mistura o filer tem de estar seco, pulverizado e sem grumos.

2.4 Granulometria da composição de agregado + filer

A mistura de agregado miúdo + filer deve se enquadrar nas faixas granulométricas do quadro a seguir que contém também as tolerâncias da faixa de projeto, em percentuais passando nas peneiras.

PENEIRAS		% PASSANDO, EM PESO			TOLERÂNCIAS DE PROJETO
ASTM	mm	A	B	C	
n° 4	4,8	100	100	100	± 5
n° 10	2,0	90 - 100	90 - 100	85 - 100	± 5
n° 40	0,42	40 - 90	30 - 95	25 - 100	± 5
n° 80	0,18	10 - 47	7 - 60	8 - 62	± 3
n° 200	0,074	0 - 7	0 - 10	0 - 12	± 2

Para todas as faixas, a fração retida entre as quatro últimas peneiras não deverá ser inferior a 4% do total.

2.5 Mistura asfáltica

O traço de areia asfalto usinada a quente é dosado através do ensaio Marshall (DNER-ME 43), na energia de compactação do projeto, devendo a mistura satisfazer as seguintes exigências ou características:

PARÂMETROS EXIGIDOS	ENERGIA DE COMPACTAÇÃO	
	50 GOLPES	75 GOLPES
Estabilidade (60°C) (Kgf)	200 - 450	300 - 550
Índice de Vazios (%)	3 - 8	3 - 8
Relação Betume Vazios (%)-	65 - 82	65 - 82
Vazios no Agregado Mineral (%)	Min. 22	Mín. 22

A energia de 75 golpes/face é indicada para tráfego lento de cargas pesadas, ou em rodovias com rampas e curvas acentuadas ou ainda para número $N_{(USACE)}$ entre 5 x 10^6 a 7,5 x 10^6. Acima de 7,5 x 10^6 o revestimento mais recomendado é o concreto asfáltico.

A energia de 50 golpes/face é indicada para camada de regularização ou reperfilamento de superfícies ou ainda para número $N_{(USACE)}$ abaixo de 5 x 10^6.

Observações:

- Na mistura de AAUQ a areia de rio melhora a trabalhabilidade e diminui a estabilidade, ao contrário do pó de pedra. A areia de campo tem um comportamento intermediário.
- A AAUQ como camada de rolamento é suscetível ao desgaste, que cresce quando diminuem o teor de CAP e a adesividade.
- O teor mínimo de CAP é garantido pela exigência do VAM mínimo.

3 EQUIPAMENTOS

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado em contrato.

Os equipamentos para a AAUQ são os seguintes:

- Usina de asfalto

A usina deverá produzir uma mistura uniforme, garantindo a granulometria, o teor de ligante e as temperaturas dos agregados, do asfalto e da mistura.

Deverá ser calibrada adequadamente, em função do traço da mistura de projeto e apresentar as seguintes características:

- A secagem dos agregados deverá ser no sistema de contra fluxo;
- Possuir dosador de filer;

- Sistema de controle de dosagem, preferencialmente automatizado e sincronizado, que permita aumentar ou diminuir a velocidade sem alterar as proporções do traço;
- Permitir automaticamente a correção da dosagem dos materiais, inclusive do CAP;
- Possuir coletor de pó, tipo filtro de manga;
- Cada silo deverá possuir balança para dosagem individual dos agregados;
- Possuir misturador tipo “pugmill” (mistura e conduz) com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis;
- Dispositivo que interrompa a produção, caso haja variação brusca de dosagem de qualquer material;
- Alarme para acusar falta de fluxo de material;
- Controle de temperaturas.

- Acabadora

A vibro acabadora para espalhamento e acabamento da massa asfáltica deverá ser automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e declividade requeridos.

A acabadora deverá ser equipada com parafuso sem fim, para distribuir a mistura na largura desejada, possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção além de marcha para frente e para trás.

A acabadora deve ser equipada com mesa vibratória, alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos à temperatura adequada para o espalhamento da mistura sem irregularidades, com pré-compressão, sendo preferencialmente de esteiras.

- Rolos compressores

São utilizados:

- O rolo de pneus autopropulsor de pressão variável entre 35 psi e 120 psi (ou 0,25 MPa e 0,84 MPa);

- o rolo liso tandem de 25 a 45 Kgf/cm, como complementar à rolagem de pneus, devendo ser vibratório, com regulador de frequência, para espessuras ≥ 6 cm;

- o rolo misto liso/pneumático, para serviços em pequenas áreas.

O equipamento compactador deve ser suficiente para comprimir a mistura até a densidade requerida operando na temperatura de trabalhabilidade.

- Caminhões para transporte da mistura

Os caminhões para o transporte da mistura, da usina até a pista, são de caçamba metálica basculante, devendo ser limpa, lisa e ligeiramente lubrificada com água e sabão, ou óleo cru fino, ou óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da massa asfáltica.

Todo carregamento deverá ser coberto com lona protetora da massa asfáltica.

- Depósito para ligante asfáltico

Será provido de dispositivos para aquecimento do ligante asfáltico, na temperatura especificada, agitadores do ligante, sistema de circulação do depósito ao misturador da usina, tubulações com isolamento térmico para evitar perda de calor, devendo ter capacidade de estoque para no mínimo três dias de trabalho.

- Depósito para agregados

No pátio da usina os depósitos para agregados devem ser protegidos de chuvas e de contaminação por poeira e outros materiais prejudiciais.

É boa prática manter a umidade dos agregados miúdos (areia e pó de pedra) sempre abaixo de 5%, fazendo-se aerações com pá mecânica se for necessário.

Esta providência aumenta a produtividade da usina e diminui o risco de superaquecimento do agregado e por consequência evita a oxidação da mistura.

- Depósito para filer

O filer artificial, pó calcário, cal hidratada ou cimento Portland deverá ser estocado sem contato com o solo e em depósito fechado e coberto.

- Ferramentas acessórias

A execução de camada de AAUQ exige também a utilização de pás, rastelos, vassouras, carrinhos de mão e compactadores manuais.

4 EXECUÇÃO

4.1 A pintura de ligação deve anteceder a execução de uma camada de AAUQ nos seguintes casos:

- em base imprimada a mais de sete dias, ou quando houver tráfego sobre a imprimação, ou quando houver recobrimento da imprimação com areia ou pó de pedra;
- sobre camadas asfálticas, ou de concreto de cimento Portland, ou em calçamentos.

4.2 As temperaturas na execução de AAUQ variam em função da viscosidade do ligante, adequada a cada atividade, conforme a seguir:

- Mistura a quente do asfalto com o agregado na usina: viscosidade = 85 ± 10 sSF, não podendo o asfalto estar a menos de 120°C e nem a mais de 167°C (o agregado deve estar aquecido à temperatura de 10°C a 15°C acima da do ligante);
- No transporte da mistura até a pista deve-se controlar a perda de calor, não sendo recomendável transportes a mais de 50 Km;
- O espalhamento e a compressão da mistura de AAUQ não poderá ser feita quando a temperatura ambiente for inferior a 10°C.

A viscosidade ideal do asfalto para o espalhamento e compressão da mistura é de 140 ± 15 sSF, devendo a chegada na pista do caminhão com a massa asfáltica ser numa temperatura compatível com a viscosidade de espalhamento.

Após o espalhamento da massa asfáltica tem início a rolagem de compressão. Como regra geral a temperatura de início da rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura esta fixada experimentalmente para cada tipo de mistura.

4.3 A rolagem com rolo de pneus inicia-se com baixa pressão nos pneus, aumentando-a na medida que a mistura vai sendo comprimida e suportando pressões mais elevadas.

A compressão inicia-se na pista pela cota mais baixa no sentido da cota mais elevada, ou seja, numa tangente inicia-se longitudinalmente pelos bordos seguindo em direção ao eixo da pista. Nas curvas do bordo interno para o externo. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de pelo menos a metade da largura rolada. Durante a rolagem não são permitidas mudanças de direção, inversão brusca de marcha e nem estacionamento do rolo sobre a camada em compressão ou recém-comprimida.

As rodas do rolo liso metálico deverão ser umedecidas adequadamente e os pneus do rolo deverão ser untadas levemente com óleo queimado, ambos para evitar a aderência da massa asfáltica.

A operação de rolagem perdurará até se atingir o grau de compactação especificado.

A espessura máxima da camada a compactar será fixada pelo projeto ou pela fiscalização.

Lembrar que uma alta temperatura de compressão pode provocar exsudação e que uma baixa temperatura (“massa fria”) pode causar trincas na camada.

4.4 Abertura ao tráfego

A camada de AAUQ recém executada poderá ser aberta ao tráfego após o seu completo resfriamento, em torno de 6 horas após o término da compressão.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades dos serviços de areia asfalto usinada a quente que podem causar danos ao meio ambiente são a obtenção e utilização de agregados pétreos (pó de pedra), areia de rio, areia de campo, o armazenamento de ligante asfáltico, a operação da usina misturadora e a aplicação da massa asfáltica.

5.1 Agregados

5.1.1 Quando o agregado pétreo for proveniente de exploração de pedreira não comercial indicada no projeto, deve-se observar as seguintes situações:

- Os agregados pétreos somente serão aceitos após a contratada apresentar à fiscalização as licenças exigidas pelo ordenamento ambiental.

Deve ser evitado a localização de pedreira e instalações de britagem em área de preservação ambiental.

A exploração da pedreira deverá ser planejada e executada de modo a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos. Deve–se construir bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzido em excesso, evitando assim o carreamento de pó para cursos d'água.

5.1.2 Quando o agregado pétreo for adquirido de pedreira comercial, será exigido documentação atestando a regularidade das instalações e operação junto ao órgão ambiental competente.

5.1.3 Na exploração de areal de campo, o desmatamento, destocamento e limpeza serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material orgânico superficial deverá ser estocado de forma que, após a exploração do areal, este material possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la a paisagem.

Não é permitida a queimada como forma de desmatamento.

5.1.4 Na exploração de areal de rio, deve-se evitar que a escavação dos bancos de areia forme bacias que alterem o escoamento natural das águas e também deve-se evitar a contaminação das águas por derramamento de óleos, graxas ou combustíveis dos equipamentos.

As estradas de acesso às fontes de agregados deverão seguir a especificação SOP-ES-T 02/19 – Caminhos de serviço e as recomendações da norma DER-ISA 02/96 – Abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso.

5.2 Ligante asfáltico

O depósito de asfalto deve ser instalado em locais afastados de cursos d'água.

É vedado o expurgo de materiais asfálticos na faixa de domínio ou em qualquer local que possa causar danos ambientais.

5.3 Usinagem a quente

A contratada deverá obter e apresentar à fiscalização a licença de instalação e operação da usina de asfalto.

A contratada deverá submeter à fiscalização o projeto de instalação da usina de asfalto, contendo a planta esquemática da usina e o sistema de filtros que reduzirá a poluição do ar.

Deverão ser obedecidas as recomendações da norma DERT-ISA 08/96 – Orientações ambientais para implantação e operação de usinas de asfalto, concreto e de solo.

Caso a massa de AAUQ seja fornecida por usina comercial, ou equivalente, será exigida toda documentação ambiental atestando a regularidade da usina, pedreira, areal e instalações.

5.4 Aplicação de AAUQ

Restos de misturas asfálticas antigas ou recém-produzidas não podem ser deixados na margem da rodovia. Eles devem ser transportados para depósitos de resíduos sólidos mais próximos, indicados pelo projeto.

Ao final dos serviços serão desmontadas e retiradas todas as edificações provisórias e recuperada a área da usina de asfalto e armazenamento de materiais.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Ligante asfáltico

A condição essencial é que o ligante asfáltico empregado na AAUQ atenda a esta especificações as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

6.1.1 Cimento asfáltico de petróleo (CAP-30/45, CAP-50/70 e CAP-85/100) ou (CAP-20, CAP-40)

A todo carregamento de cimento asfáltico de petróleo que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios, atendendo as normas do anexo I contidas na tabela A1 para os CAP classificados por viscosidade e na tabela A2 para os CAP classificados por penetração (cópia no anexo), conforme a seguir:

- espuma (aquecido a 175°C não deve produzir espuma);
- penetração (MB – 107);
- viscosidade Saybolt Furol (P-MB 517) a 135°C e 177°C.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios das normas para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

6.2 Agregados para AAUQ

A condição essencial é que o agregado miúdo atenda as exigências de equivalente de areia e de adesividade satisfatória. É imprescindível a limpeza dos agregados que compõem a AAUQ.

6.2.1 Equivalente de areia para agregado miúdo (DNER-ME 54)

O ensaio de EA é realizado com a amostra de areia de rio e/ou areia de campo e/ou pó de pedra que contem além do agregado miúdo, entre as peneiras N° 4 (4,8mm) e N° 200 (0,074mm), o filer natural contido nestes materiais e que passa na peneira n° 200.

O projeto realiza o ensaio de equivalente de areia das fontes dos agregados que compõem o traço de AAUQ projetado.

No decorrer da execução da AAUQ é obrigatório se repetir o ensaio de EA a cada dia de trabalho com amostra do agregado miúdo + filer natural, na proporção do traço que realmente está sendo produzido, devido a variação da areia e as inevitáveis adequações do traço de execução, alterando as proporções da mistura de materiais.

Esta especificação admite a coleta de agregado após a passagem pela unidade secadora, quando a perda de parte do pó deletério faz o equivalente de areia elevar seu valor.

O equivalente de areia mínimo do agregado miúdo da AAUQ é de 50%.

Abaixo desse valor o agregado não é aprovado (NAP) devendo-se mudar as fontes de agregados ou a composição do traço.

6.2.2 Adesividade (ensaio acelerado de fervura)

A adesividade é uma propriedade do par agregado x cimento asfáltico de petróleo que é ensaiado pelo projeto para se estabelecer a necessidade ou não de adicionamento no ligante de melhorador de adesividade (dope).

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir os ensaios com amostras mais representativas, após se ter produzido pelo menos 5% dos agregados, para conferência dos resultados do projeto.

O ensaio de adesividade passa a ser obrigatório durante a obra, em número de cinco amostras, quando houver mudança das fontes de agregados.

A adesividade é considerada satisfatória quando após os ensaios não se verificar nenhum deslocamento da película asfáltica e é considerado não satisfatória quando houver deslocamento parcial ou total da película asfáltica.

6.3 Filer artificial para areia asfalto usinada a quente

O filer artificial que poderá ser pó calcário, cal hidratada ou cimento Portland tem que ser armazenado em local coberto, com os sacos assentes sobre piso de madeira.

O controle da granulometria é feito a cada carregamento que chegar à obra, devendo obedecer às seguintes percentagens mínimas passando, para ser aceito.

PENEIRAS	% PASSANDO
N° 40 (0,42mm)	100
N° 80 (0,18mm)	95
N° 200 (0,074mm)	65

6.4 Controle de execução e das características Marshall da mistura

6.4.1 Confirmação do traço Marshall do projeto

Após ser estocado no canteiro da obra pelo menos 5% das quantidades previstas dos agregados miúdos, coleta-se amostras e confirma-se o traço de projeto realizando-se um traço Marshall de execução respeitando-se prioritariamente a faixa granulométrica da mistura de agregados + filer, conforme

estabelecida no projeto. O traço Marshall de execução deverá ser realizado com a energia de compactação estabelecida no projeto e deverá obedecer, além da granulometria, os seguintes parâmetros especificados no item 2.5: limites de estabilidade, limites de índice de vazios, limites da relação betume vazios e valor mínimo de vazios no agregado mineral.

De posse do traço Marshall de execução se faz a calibragem da abertura dos silos e do funcionamento da usina.

O traço Marshall de execução terá que ser aprovado pela fiscalização.

6.4.2 Controle das primeiras porções da mistura asfáltica

Em todos os inícios de funcionamento da usina de areia asfalto usinada a quente deverá ser controlada a temperatura da massa e coletado amostra para se extrair o ligante e se determinar o teor de CAP e se fazer a granulometria dos agregados + filer, tantas vezes quantas forem necessárias, para o enquadramento nos valores especificados, sendo esta a condição obrigatória para se levar a massa asfáltica até a pista.

Este controle não tem o poder de aceitação da massa de areia asfalto a quente. ele tão somente regula a produção da mistura pela usina, dentro das especificações.

6.4.3 Controle de temperaturas

Para a aceitação ou rejeição do serviço, são obrigatórias as seguintes faixas de temperaturas:

- Do CAP, na linha de alimentação: $145°C \leq T_{CAP} \leq 165°C$
- Dos agregados no silo quente: $T_{CAP} + 5°C \leq Tag \leq T_{CAP} + 10°C$;
- Da massa asfáltica na saída do caminhão da usina: $145°C \leq T_M \leq 170°C$;

- Da massa asfáltica na chegada do caminhão na pista: $T_{M(min)}$ = 135°C;
- Da massa asfáltica no início do espalhamento: $T_{M(min)}$ = 130°C;
- Da massa asfáltica no início da compressão: 110°C $\leq T_C \leq$ 140°C.

Se os limites de temperaturas não forem respeitados a massa asfáltica não poderá ser utilizada, devendo a fiscalização paralisar o serviço e só permitir o seu reinício após a correção da produção de massa asfáltica nas temperaturas especificadas.

O controle de temperaturas é contínuo, quantas vezes forem necessárias, com no mínimo 8 determinações por dia de trabalho.

6.4.4 Controle do teor de CAP e da granulometria

Para aceitação ou rejeição do teor de CAP e da granulometria da areia asfalto usinada a quente, coleta-se a cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento) amostra da massa asfáltica, logo após a passagem da vibroacabadora e antes da compressão, para se fazer o ensaio de teor de CAP (DNER-ME 53 – rotarex), ou opcionalmente o ensaio Soxhlet – Extração do asfalto por refluxo, e depois secar o agregado em estufa e se fazer o ensaio de granulometria (DNER-ME 83). As tolerâncias especificadas são as seguintes

- Teor de CAP: teor do traço de execução ± 0,3%
- Tolerâncias granulométricas – t% (% do projeto ± t%)

PENEIRAS	T% PASSANDO EM PESO
N° 40 a N° 4 (0,42mm a 4,8mm)	± 5
N° 80 (0,18mm)	± 3
N° 200 (0,074mm)	± 2

A fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do peso da amostra, exceto o retido entre as peneiras N° 4 e N° 10.

No caso de um teor de CAP não atender a tolerância de 0,3%, admite-se a aceitação do teor estatístico, juntando-se o teor não satisfatório com os quatro teores satisfatórios antecedentes, formando um conjunto de cinco Teores e calcula-se:

Teor máximo = $\overline{X} + 1{,}55\,s$ sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{5}$

Teor mínimo = $\overline{X} - 1{,}55\,s$ $s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / 4}$

O serviço será aceito (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas para o teor de CAP e para a granulometria dos agregados + filer. Em caso contrário o serviço não será aprovado (NAP), não sendo permitida a aplicação da massa asfáltica produzida e se a mesma já tiver comprimida na pista a fiscalização indicará a solução que poderá ser o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista ou a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus por conta do construtor..

6.4.5 Controle do grau de compressão (ou compactação)

O traço Marshall de execução da areia asfalto, aprovado pela fiscalização, estabelece a massa específica aparente de projeto ou densidade de projeto – Dp que servirá de referência para o cálculo do grau de compressão – GC (ou grau de compactação) da areia asfalto na pista.

A cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento), após a compressão da camada de areia asfalto, extrai-se um corpo de prova (CP) com sonda rotativa ou pelo processo do anel de ferro, e calcula-se a densidade aparente – Da do CP (DNER-ME 117/87).

O grau de compressão – GC (ou de compactação) é calculado pela seguinte fórmula:

$$GC = \frac{Da}{Dp} x\,100$$

O grau de compressão mínimo admissível é de 95%.

Cada CP extraído representa 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento). Caso um CP não alcance o GC mínimo especificado, faz-se 5 extrações no intervalo dos 250m, a cada 50m, para cálculo do GC e delimitação do intervalo não aprovado. Para o intervalo não aprovado a fiscalização indicará a solução a ser dada, desde o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem da camada e execução de nova camada, todos os ônus por conta do construtor.

6.4.6 Controle da estabilidade

Na mesma ocasião da coleta de amostra para o controle do teor de CAP e da granulometria (Item 6.4.4), a cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento), coleta-se também amostra para moldagem e o rompimento de um corpo de prova Marshall (DNER-ME 43) determinando-se com este CP a estabilidade – E.

Os limites especificados para a estabilidade são os seguintes.

- Para a energia de 75 golpes/face: 300 kgf $\leq$ E $\leq$ 550 kgf
- Para a energia de 50 golpes/face: 200 kgf $\leq$ E $\leq$ 450 kgf

No caso de um valor da estabilidade não atender os limites especificadas, admite-se a aceitação da estabilidade estatística, juntando-se a estabilidade não satisfatória com as quatro estabilidades satisfatórias antecedentes, formando um conjunto de cinco estabilidades e calcula-se:

Emax = $\overline{X} + 1{,}55\,s$ sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{5}$

Emin = $\overline{X} - 1{,}55\,s$ $s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / 4}$

O serviço será aceito (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas para a estabilidade. Em caso contrário o serviço não será aprovado (NAP), não sendo permitida a aplicação da massa asfáltica produzida e se a mesma já tiver comprimida na pista a fiscalização indicará a solução que poderá ser o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista ou a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus por conta do construtor.

A produção na usina de asfalto será paralisada e só reiniciada após sanado o problema, inclusive com o estudo de novo traço Marshall de execução enquadrando a estabilidade nos limites especificados.

6.4.7 Controle das demais características Marshall

Os demais parâmetros Marshall de índice de vazios, relação betume vazios e vazios no agregado mineral não condicionam a aprovação ou desaprovação da areia asfalto usinada a quente executada, porque admite-se que estando a % de CAP, a granulometria e o grau de compactação dentro dos limites especificados, pode-se considerar que esses parâmetros darão resultados satisfatórios.

6.5 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a

existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

6.5 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de acabamento da superfície

Em cada dia de serviço, deverá ser feito o controle de acabamento da superfície de areia asfalto usinada a quente, com auxílio de duas réguas, com comprimentos de 3,00m e 0,90m, colocadas em ângulos reto, alternando cada uma em posição paralela ao eixo da rodovia. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm em qualquer das réguas e em qualquer das duas posições do conjunto (1,0cm para camada de regularização).

Os locais da verificação do acabamento da superfície serão escolhidos pela fiscalização e o número de verificações diárias variará entre 1 (um) e 5 (cinco), a critério da fiscalização.

Se o acabamento da superfície não atender à tolerância especificada, o serviço será considerado não aprovado (NAP), devendo a fiscalização indicar a solução – desde a correção por recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus (inclusive o de possível reparação da base, nova Imprimação, etc) por conta do construtor.

7.2 Controle de espessura

O controle de espessura poderá ser feito de duas maneiras:

a) por medição da espessura da camada no momento da extração dos corpos de prova na pista (item 6.4.5) – a cada 250m de meia pista;

b) por nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compressão da camada. O primeiro nivelamento do eixo e bordos será feito a cada estaca (20 metros), podendo serem consideradas as cotas do controle geométrico da camada inferior, caso tenha sido feito. O segundo nivelamento será feito a cada 240 m, ficando as demais cotas do primeiro nivelamento disponíveis para um aumento na frequência do segundo nivelamento se for necessário.

As tolerâncias quanto a espessura são as seguintes:

a) $\pm$ 10% da espessura do projeto para pontos isolados;

b) 5% de redução da espessura do projeto para a média determinada a cada 20 determinações, quando o controle é feito no momento da extração dos corpos

de prova na pista, e a cada 16 determinações, quando o controle é feito por nivelamento.

Os serviços com espessura da camada atendendo as tolerâncias especificadas serão aprovados (AP) e os que não atenderem (NAP) não serão aceitos, devendo a fiscalização indicar a solução – desde a correção por recapeamento com espessura aprovada pelo projetista – até a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus (inclusive o de possível reparação da base, nova imprimação, etc) por conta do construtor.

8 MEDIÇÃO

A areia asfalto usinada a quente será medida pelo volume compactado, em metros cúbicos, de acordo com a seção tipo do projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, calculado com base nos teores obtidos no controle tecnológico.

O melhorador de adesividade (dope), quando utilizado, será medido pelo peso em quilogramas aplicados.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de areia asfalto usinada a quente, medido conforme o item 8, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas do material betuminoso nos tanques de estocagem, custos de agregados, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização da aquisição de materiais, inclusive ligante, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Pré-misturado a frio (PMF) é uma mistura asfáltica preparada em usina apropriada, constituída de agregado graúdo, acompanhado ou não de agregado miúdo e de filer, tendo como ligante a emulsão asfáltica. A mistura é preparada, transportada, espalhada e compactada à temperatura ambiente.

Um PMF tem características técnicas finais praticamente do mesmo nível de um PMQ de granulometria correspondente.

Um PMF tipo macadame, granulometria dentro de estreitos limites, com altíssima percentagem de vazios, devem ser tratado como caso particular, tal qual o PMQ tipo macadame.

O PMF pode ser usado como camada de rolamento, camada de ligação (binder), base e camada de regularização.

A espessura das camadas deverá variar entre 3,5cm e 10,0cm, subdividindo-se a espessura quando for superior a 10,0cm.

2 MATERIAIS

2.1 Material asfáltico

Os ligantes asfálticos a serem utilizados nos PMF's são as seguintes emulsões asfálticas:

a) Emulsão asfáltica catiônica de ruptura média, tipos: RM-1C e RM-2C;

b) Emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, tipo: RL-1C;

c) Ligantes asfálticos emulsionados modificados por polímero, quando indicados no projeto.

Nota: por motivos técnico-econômicos poderão ser utilizadas emulsões asfálticas tipos LA, LA-C e LA-E, exigindo-se, entretanto, uma percentagem de CAP residual de 60% em vez de 58%.

a. Agregados

Os agregados são geralmente constituídos por uma mistura de: agregado graúdo, agregado miúdo, e material de enchimento (filer), sendo que este último e mesmo o agregado miúdo, podem inexistir nas misturas muito abertas

2.2.1 Agregado graúdo [50,8mm (2”) – 4,8mm (# n^0 4)]

O agregado graúdo pode ser: pedra britada, seixo rolado britado, cascalho britado, ou outros indicados no projeto. Deve se constituir de partículas – sãs, duráveis, livre de torrões de argila e substâncias nocivas – e apresentar as seguintes características:

- Durabilidade

Quando submetido à 5 ciclos de sulfato de sódio ou magnésio (DNER-ME 89) apresentar afetação inferior a 12%. Esta exigência se aplica a agregados sujeitos à alteração como basaltos e diabásios.

- A resistência à abrasão (Los Angeles – DNER-ME 35)

LA – máximo %

FAIXAS	A – B	C – D	E – F
CAPA	-	-	45
BINDER/BASE	40	45	-

- Adesividade satisfatória

O agregado graúdo deve apresentar com a emulsão asfáltica utilizada – um mínimo de 80% de área recoberta com asfalto – no ensaio; “EAC – determinação expedita da resistência à água (adesividade) sobre agregados graúdos” – anexo IX dessas especificações.

- Forma satisfatória

A forma do agregado graúdo deve ser tal que o índice de forma (IF) (DNER-ME 86) não deve ser inferior, ou a porcentagem de Grãos Defeituosos (GD) (1) não deve ser superior aos seguintes valores:

FAIXAS GRANULOMÉTRICAS	**A – B**	**C – D**	**E – F**
IFmin ou GDmax(%)	0,50 20 – 25*	0,45 25 – 30*	0,40 30 – 35*
* No caso do agregado ser basalto/diabásio			

(1) Não se dispondo da aparelhagem para o IF pode-se proceder da seguinte maneira: toma-se uma amostra aleatória de 20 partículas de agregado de cada uma das 3 classes D/d (50,8/25,4mm – 25,4/12,7mm – 12,7/6,3mm) e mede-se para cada uma delas o comprimento (maior dimensão) L e a espessura (menor dimensão) "e" com o paquímetro, considerando-se todas com a mesma largura g = (D + d)/2. Se $L + g > 6$ a partícula é defeituosa. A porcentagem de grãos defeituosos, calculada como a média ponderada das médias de cada classe, vem a ser o Índice GD.

- Absorção moderada de asfalto

Se o agregado for bastante poroso a absorção do asfalto vai ser significativa, podendo tornar o agregado antieconômico. Os arenitos e os calcáreos são os mais absorventes seguidos do basalto/diabásio, e os menos absorventes os gnaisses/granitos. Em caso de agregado muito absorvente é aconselhável um estudo econômico.

- Textura favorável

A textura rugosa é mais favorável à adesividade passiva (resistência ao deslocamento da película do CAP residual por ação do tráfego em presença de água) e ao atrito interno (maior estabilidade e menor trabalhabilidade). A textura lisa, característica das areias de rio, favorece à trabalhabilidade e desfavorece à estabilidade.

2.2.2 Agregado miúdo [4,8mm (# n^0 4) – 0,074mm (# n^0 200)]

O agregado miúdo a ser usado em PMF pode ser: areia de rio, pó de pedra ou mistura de ambos e outros indicados pelo projeto. Deve ser constituído de partículas – sãs, duráveis, livres de torrões de argila, de raízes e substâncias nocivas – e apresentar as seguintes características:

- Equivalente de areia (DNER-ME 54)

Deve-se ter um equivalente de areia (EA) – EA $\geq$ 45%

2.2.3 Material de enchimento (filer)

Deve ser constituído por materiais finamente divididos, inertes em relação aos demais componentes da mistura, não plásticos, tais como: pó calcáreo, cal hidratada, cimento Portland, etc e destinado principalmente, no caso dos PMFs, a diminuir os vazios da mistura (funciona como um “enchedor” – “filler” em inglês).

O filer artificial quando de sua aplicação, deverá estar seco e isento de grumos, apresentando a seguinte granulometria tradicional:

PENEIRA	% MÍNIMA PASSANDO EM PESO
N^0 40 (0,42mm)	100
N^0 80 (0,18mm)	95
N^0 200 (0,074mm)	65

b. Composição granulométrica da mistura

A composição granulométrica do pré-misturado a frio deve satisfazer os requisitos do quadro a seguir. A faixa a ser empregada deve ser aquela cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada do revestimento.

PENEIRAS		% DE MISTURA PASSANDO EM PESO						TOLERÂNCIAS DA FAIXA DE PROJETO
ASTM	mm	A	B	C	D	E	F	
1 1/2"	38,1	100	-	-	100	-	-	± 7
1"	25,4	75 - 100	100	-	95 - 100	100	-	± 7
3/4"	19,1	50 - 80	75 - 100	100	70 - 80	95 - 100	100	± 7
1/2"	12,7	-	-	75 - 100	-	-	95 - 100	± 7
3/8"	9,5	25 - 50	30 - 60	35 - 70	35 - 60	40 - 70	45 - 80	± 7
n° 4	4,8	5 - 20	10 - 35	15 - 40	15 - 35	20 - 40	25 - 40	± 4
n° 10	2,0	0 - 10	5 - 20	10 - 25	5 - 20	10 - 25	15 - 30	± 4
n° 200	0,074	0 - 4	0 - 5	0 - 5	0 - 8	0 - 8	0 - 8	± 2
Emulsões Aconselhadas		RM-2C, RM - 1C		RM - 1C		RL - 1C, LA-E(60%)		

- Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total, exceto as duas primeiras.

- Sugere-se o uso:

Faixas A – B – C – D - para binder e base
Faixas E – F - para revestimento (ou capa) e camada de regularização

c. Mistura asfáltica

A mistura asfáltica quando dosada pelo método Marshall a frio deve satisfazer as seguintes características (DNER-ME 107 – com 75 golpes) [(2)], podendo o projeto indicar outro método desde que aceito pela fiscalização.

FAIXAS	CAMADA	ESTABILIDADE 40^0c – kgf	FLUÊNCIA mm (0,01”)	VAZIOS %	VALORES RECOMENDADOS $N_{(USACE)}$
A – B	BINDER/BASE	Min. 250	-	22 – 28	Max. 5 x 10^{7**}
C – D	BINDER/BASE	Min. 275	-	15 – 22	Max. 5 x 10^{7**}
E – F	CAPA/REGUL.	Min. 300 Max. 750	2,0 – 4,5 (8 – 18)	9 – 15	Max. 10^7*
* Evitar locais com elevadas tensões tangenciais (curvas e rampas acentuadas) ** Sendo a CAPA de concreto asfáltico usinado a quente					

(2) No método DNER-ME 107 (Marshall p/mistura a frio), a compactação é feita após uma cura de 4 a 6 horas e no máximo de 1 hora no caso de RL-1C. Entretanto, sugere-se que a compactação deva ser feita, em qualquer caso, com uma umidade de compactação correspondente a hc ≈ 0,60 (hEAC + hm), onde – hEA é o teor de umidade correspondente a água da emulsão e hm o teor de umidade de molhagem.

A tendência atual é de se usar a energia de 75 golpes p/face, podendo, entretanto, o projeto indicar 50 golpes.

4 EQUIPAMENTOS

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

- Equipamento para a mistura

Os equipamentos para a mistura da emulsão com o agregado podem variar desde uma simples betoneira até uma central gravimétrica com comandos elétricos, englobando as chamadas usinas móveis. não se considera, entretanto, a mistura feita com motoniveladora.

Para altas produções de PMFs para camadas de regularização espessas pode-se adaptar usinas de solos desde que tenha um controle eficiente de teor de emulsão.

Para pequenos serviços de conservação poderão ser usadas betoneiras e para serviços de pavimentação mais modestos podem ser usadas as chamadas "argamassadeiras" munidas de um misturador de um só eixo alimentado por uma caçamba elevatória que recebe: os agregados (dosados pelo volume de padiolas) previamente umedecidos e a emulsão (dosada pelo volume de um recipiente).

Para serviços de pavimentação mais importantes deve-se usar uma central a frio munida de – um misturador de 2 eixos ("pugmill"); de silos (geralmente de 3 a 4) com capacidade total no mínimo 3 vezes a capacidade do misturador e com dispositivos mecânicos de saída que permitam regular o fluxo de agregados; depósitos de água de molhagem e depósito de emulsão, ambos munidos de bombas que permitam regular os respectivos fluxos, dispondo este último de um sistema de aquecimento e controle de temperatura; depósito de filer com dispositivos de regulagem.

- Equipamento para o espalhamento

Em camadas de regularização o espalhamento pode ser feito com motoniveladora, que pode ser usada em outras camadas do pavimento de acordo com o projeto ou a critério da fiscalização.

Para serviços de pavimentação mais importantes devem ser usadas acabadoras desde as rebocadas até as vibro-acabadoras automotrizes capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos requeridos, como no concreto asfáltico (sem aquecimento).

- Equipamento para compressão

São usualmente utilizados para compressão da mistura asfáltica:

- O rolo pneumático autopropulsor de pressão variável (35 a 120psi ou 0,25 a 0,84 MPA
- O rolo liso tandem, deve ter uma carga de 8 t a 12 t
- os rolos vibratórios com regulador de frequência, importantes para altas espessuras (h > 6,0cm) de misturas mais abertas, devendo possuir amplitude e frequência de vibração, compatíveis com o serviço a ser executado.

- Equipamento para transporte da mistura

São utilizados geralmente os caminhões de caçamba basculante, com a tampa traseira perfeitamente vedada, de modo a evitar o derramamento de emulsão sobre a pista; para isto, poderá ser necessário fixação de dispositivo para retenção de líquidos no interior das caçambas, para posterior remoção da água, oriunda de molhagem do agregado e da ruptura da emulsão asfáltica.

4 EXECUÇÃO

Tendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação ou pintura de ligação e a da camada asfáltica, ou no caso de ter havido trânsito, ou, ainda, recobrimento com areia, pó de pedra, etc., deverá ser feita uma pintura de ligação.

No caso de binder de PMF com as faixas A, B, C e D (misturas mais abertas) é importante que a superfície da base granular esteja bem abaulada e impermeabilizada (uma ótima imprimação, que poderia mesmo receber uma capa selante) de modo a garantir uma boa drenagem.

4.1 Projeto da mistura asfáltica

O projeto geralmente dá apenas um anteprojeto da mistura, mais para efeito de quantitativos e orçamento. Deve-se, então, elaborar no laboratório de campo, juntamente com os testes da central a frio (serviços de pavimentação mais importantes), o chamado projeto da mistura asfáltica.

No anexo a estas especificações, no de número XVIII, está apresentado o roteiro para o projeto de mistura asfáltica a frio.

Serão entregues pela construtora à fiscalização, com o título – Projeto da mistura asfáltica, todos os resultados obtidos. Os serviços de execução do PMF só poderão ter início após a aprovação do projeto da mistura de PMF pela fiscalização. O nível técnico do projeto da mistura asfáltica deve ser função da importância da obra, devendo-se, no caso da mistura ser feita em argamassadeira indicar o número e as dimensões de cada padiola por caçambada.

4.2 Produção da massa asfáltica

A produção da massa asfáltica deve ser efetuada em equipamentos para a mistura apropriados, conforme já especificado, obedecendo-se o indicado no projeto da mistura (hm, p_3, etc.).

4.3 Transporte da massa asfáltica

A massa asfáltica produzida deverá ser transportada para o local de aplicação ou de estocagem, nos veículos basculantes já especificados. Quando julgado necessário cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

4.4 Distribuição e compressão da massa asfáltica

A distribuição de massa asfáltica estocada, em serviços de menor importância, será feita com motoniveladoras. Em serviços mais importantes deverão ser usadas acabadoras, conforme já especificado.

Após o espalhamento de um PMF nas faixas granulométricas A e B – item 2.3 – a compressão (também chamada de compactação ou de rolagem) pode ser dada imediatamente, ou de acordo com a observação visual após uma cura de 1 a 4 horas, pois o teor de água de molhagem é pequeno e não tem muito sentido o conceito de umidade ótima de compactação.

Para as faixas C a F deve-se compactar próximo a hot indicada no projeto da mistura. Assim, nas obras importantes deve-se, após o espalhamento, tirar amostras para a determinação do teor de umidade h (com o processo do fogareiro e balança sensível a 1g).

Caso sejam empregados rolos de pneus de pressão variável, inicia-se a rolagem, com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada, e, consequentemente, suportar pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte, de pelo menos, a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingido o grau de compactação especificado.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo metálico deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura e as rodas do rolo pneumático deverão, no início da rolagem, ser levemente untadas com óleo queimado, com a mesma finalidade.

A espessura máxima da camada a compactar e o esquema de compactação propostos devem ser aceitos pela fiscalização.

Uma sugestão para a compactação dos PMFs, é a seguinte:

Sendo – pn – rolo pneumático (35 a 120psi)

lt - rolo liso tandem

vl – rolo vibratório liso

vp – rolo vibratório pneumático

p – número de passadas (nº de vezes que o rolo passa no mesmo ponto = cobertura)

PMFs para todas as faixas (A a F) com h $\leq$ 6cm, com a seguinte sequência

2p (lt)

3p (pn $\approx$ 80psi)

3p (pn $\approx$ 120psi)

2p (lt)

PMFs somente faixas A a D com h $>$ 6cm

2p (vl) (sem vibrar)

4p (vl) (vibrando)

2p (vl) (sem vibrar)

4.5 Abertura ao Tráfego

O prazo para abertura ao tráfego após a compactação é sujeito à muitas variáveis, como por exemplo: tipo de emulsão, graduação do agregado, temperatura e umidade ambiental, localização da camada (capa ou binder), tipo de tráfego, etc, devendo ser aquela indicada pela experiência da construtora e aceita pela fiscalização.

Como orientação geral tem-se para esse período:

a) RM-1C/RM-2C - 0 a 4 horas, verificando-se a estabilidade da massa por inspeção visual (atenção para rampas e curvas fechadas).

b) RL-1C/LA-E - 0 a 24 horas, sendo interessante analisar-se a possibilidade de uma pequena cobertura com areia ou pó de pedra para evitar o arrancamento de partículas pelo tráfego. No caso de se desejar um tempo menor possível, aconselha-se o uso inicial do rolo pneumático que tende a eliminar a umidade mais rapidamente do que o rolo liso.

c) Os binders devem ter um período de cura antes da colocação do revestimento (capa) o maior possível – no mínimo de 07 dias (o ideal seria 2 meses) de tráfego pleno.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Para a execução do pré-misturado a frio (PMF), são necessários trabalhos envolvendo a utilização de emulsão e agregados, além da instalação de usina misturadora.

Dessa forma, os cuidados a serem observados para fins de proteção do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque de ligante a operação da usina e a aplicação da massa asfáltica.

5.1 Agregados

5.1.1 Exploração de pedreira

No decorrer do processo de obtenção da brita, exceto a aquisição em pedreiras comerciais, devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- Exigir o licenciamento ambiental a ser obtido pela executante;

- Evitar a localização de pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- Não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- As estradas de acesso deverão seguir as recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- Deverão ser construídas, junto as instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem de brita, evitando seu carreamento para cursos d'água;

5.1.2 Exploração de areal

Na exploração de areal de rio, deve-se evitar que a escavação dos bancos de areia forme bacias que alterem o escoamento natural das águas e também deve-se evitar a contaminação das águas por derramamento de óleos, graxas ou combustíveis dos equipamentos.

Caso a brita, areia ou a massa de pré-misturado a frio sejam fornecidos por terceiros exigir documentação atestando a regularidade das instalações, pedreiras/areal/usina, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

5.2 Ligantes betuminosos

- Os depósitos devem ser instalados em locais afastados de cursos d'água;
- É vedado o expurgo de materiais usados à beira da pista e em outros locais que possam causar prejuízos ambientais;

- A desmobilização inclui a remoção da usina e dos depósitos, a limpeza de canteiro de obras e a recuperação da área afetada pelas operações de construção/execução.

5.3 Usina de asfalto à frio

- A contratada deverá submeter a fiscalização o projeto contendo, no mínimo, o local onde será instalada, de maneira a alcançar o mínimo de agressão ao meio ambiente;
- Não é permitida a instalação de usinas de asfalto a frio, em locais próximos as áreas habitadas;
- Atribuir à contratada responsabilidade pela obtenção da licença de instalação/operação, assim como, manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nessas especificações;
- Seguir as recomendações constantes da DERT-ISA 08/96 – Orientações ambientais para a implantação e operação de usinas de asfalto, concreto e solo.

5.4 Aplicação do PMF

Restos de misturas asfálticas antigas ou recém-produzidas não podem ser deixadas na margem da rodovia. Eles devem ser transportados para depósitos de resíduos sólidos mais próximos indicados pelo projeto.

Ao final dos serviços serão desmontadas e retiradas todas as edificações provisórias e recuperada a área da usina de asfalto e armazenamento de materiais.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Ligante asfáltico

A condição essencial é que o ligante asfáltico empregado no PMF atenda a esta especificação e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

6.1.1 Emulsão asfáltica (RM-1C, RM-2C, RL-1C e LA-E)

A todo carregamento de emulsão asfáltica que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios, atendendo as exigências das especificações de emulsões asfálticas apresentadas nos anexos a estas especificações.

- Viscosidade Saybolt Furol (SF) – (MB-581);
- Peneiração (MB-609);
- Carga de partícula (NBR-6567);
- Percentagem de CAP residual (NBR-6568) ou (método expedito para canteiro de obra – IBP).

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios das normas, conforme o tipo de emulsão, para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

A emulsão asfáltica que não atender as especificações não poderá ser utilizada no serviço de PMF.

6.2 Agregados e água

A condição essencial é que o agregado graúdo atenda as exigências de resistência a abrasão, tenha durabilidade, adesividade ao ligante e forma satisfatória e que o agregado miúdo tenha adesividade e equivalente de areia satisfatórios.

A textura e a absorção dos agregados devem ser consideradas pelo projeto.

A água para PMF deve ser limpa e aprovada pela fiscalização, por inspeção visual de sua fonte.

6.2.1 Resistência a abrasão do agregado graúdo (DNER-ME 35)

O agregado graúdo (entre 38,1mm e 4,8mm) para PMF pode ter um desgaste por abrasão (ensaio Los Angeles) variável conforme a faixa granulométrica, a saber:

- Camada de rolamento: LA ≤ 45% para faixas E e F;
- Base ou binder: LA ≤ 40% para faixas A e B;
  LA ≤ 45% para faixas C e D;

O projeto ao indicar a pedreira faz o ensaio Los Angeles para verificar o desgaste por abrasão do agregado.

Pode ser necessário se verificar o desgaste por abrasão, no início do serviço, para confirmar o resultado da pedreira do projeto a critério da fiscalização ou, no decorrer do serviço quando houver alteração na rocha da pedreira ou quando mudar de pedreira.

O agregado graúdo que apresentar desgaste por abrasão superior aos limites especificados não poderá ser utilizado no pré-misturado a frio.

6.2.2 Adesividade (Ag. graúdo pelo ensaio do IBP e ag. miúdo pelo ensaio acelerado de fervura)

O ensaio de adesividade entre o ligante e o agregado indicado é feito pelo projeto, mas durante a obra é obrigatório a realização desse ensaio porque as amostras do agregado e do ligante são muito mais representativas e mais reais.

No início dos serviços, com amostras do agregado após produzido pelo menos 5% da quantidade prevista e do ligante, coletadas no 1° carregamento que chegar à obra, faz-se o ensaio de adesividade conforme a seguir:

- Para o agregado graúdo faz-se o ensaio de determinação expedita da resistência a água (adesividade), ensaio do IBP, e para o agregado miúdo faz-se o ensaio acelerado de adesividade, ensaio expedito, ambos com cópia no anexo.

Se em 5 ensaios de cada agregado a área recoberta com asfalto, estimada visualmente, atender as inequações:

Área recoberta = $\overline{X} + 1{,}55\,s \geq 90\%$

sendo: $\overline{X} = \dfrac{\Sigma X_i}{5}$ e $s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / 4}$

A adesividade é considerada “satisfatória”. Em caso contrário, pede-se providências ao fornecedor de EA para alterar a formulação da emulsão e, se não for resolvido o problema deve-se mudar de emulsão ou do agregado ou de ambos.

6.2.3 Índice de forma do agregado graúdo (DNER-ME 86)

O índice de forma mínimo (IF) ou, opcionalmente, a percentagem máxima de grãos defeituosos (GD) admissíveis para o agregado graúdo do PMQ tem valores variáveis conforme a faixa granulométrica, a saber:

- Faixas A e B: IFmínimo = 0,50
  GDmáximo = 20%
- Faixas C e D: IFmínimo = 0,45
  GDmáximo = 25%
- Faixas E e F: IFmínimo = 0,40
  GDmáximo = 30%

A forma do agregado graúdo é ensaiada pelo projeto ao indicar a pedreira.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir os ensaios com amostras mais representativas, após se ter produzido pelo menos 5% do agregado graúdo, para conferência do resultado do projeto.

O ensaio de índice de forma é obrigatório, em número mínimo de cinco amostras, quando houver mudança de pedreira.

O agregado graúdo que tiver forma não satisfatória não poderá ser utilizado no pré-misturado a frio.

6.2.4 Durabilidade (DNER-ME 89)

O agregado graúdo para PMF deve apresentar sob a ação de uma solução de sulfato de sódio ou de magnésio, em cinco ciclos, uma afetação nas partículas inferior a 12%. Este ensaio é realizado pelo projeto ao indicar a pedreira quando a rocha for basáltica, diabásica ou de natureza mineralógica sujeita a alterações.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir o ensaio de durabilidade para as rochas citadas, a título de conferência dos ensaios do projeto.

Havendo afetação das partículas superior a 12%, por perda de peso, fendilhamento, quebra, esmagamento ou laminagem a pedreira terá que ser substituída.

6.2.5 Equivalente de areia para agregado miúdo (DNER-ME 54)

O ensaio de EA é realizado com amostra dos agregados nas proporções de projeto, considerando-se apenas a parcela passando na peneira N° 4 (4,8mm), ou seja a parte da amostra para o ensaio de EA inclui o agregado miúdo, entre as peneiras N° (4,8mm) e a N° 200 (0,074mm) e inclui o filer natural contido nos agregados, que passa na peneira n° 200.

O projeto realiza o ensaio de equivalente de areia das fontes de agregado miúdo que compõem o traço de PMF projetado.

No decorrer da execução do PMF é obrigatório se repetir o ensaio de EA a cada dia de trabalho com amostra de agregado miúdo + filer natural na proporção do traço que realmente está sendo produzido, devido a variação da areia e as inevitáveis adequações do traço de execução, alterando as proporções da mistura de materiais.

Esta especificação admite a coleta de agregado após a passagem pela unidade secadora, quando a perda de parte do pó deletério faz o equivalente de areia elevar seu valor.

O equivalente de areia mínimo do agregado miúdo do PMF é de 45%.

Abaixo desse valor o agregado miúdo não é aprovado (NAP) devendo-se mudar as fontes de agregados ou a composição do traço.

6.3 Filer artificial para PMF

O filer artificial que poderá ser pó calcário, cal hidratada ou cimento Portland tem que ser armazenado em local coberto, com os sacos assentes sobre piso de madeira.

O controle da granulometria é feito a cada carregamento que chegar à obra, devendo obedecer às seguintes percentagens mínimas passando, para ser aceito.

PENEIRAS	% PASSANDO
N° 40 (0,42mm)	100
N° 80 (0,18mm)	95
N° 200 (0,074mm)	65

6.3 Controle de execução e características Marshall da mistura

6.3.1 Controle da mistura

Deverá ser controlado o teor de umidade de molhagem através do conhecimento do – teor de umidade natural do agregado e da quantidade de água acrescentada para uma determinada quantidade de agregado, devendo o valor encontrado estar no intervalo (hm ± 1)%, onde hm é o teor de molhagem indicado no projeto da mistura.

6.3.2 Controle de temperaturas das emulsões

A faixa de viscosidade, que vai determinar a faixa de temperatura para a mistura com as emulsões, é bastante controvertida devendo-se a rigor levar em conta entre outros fatores, o teor de molhagem.

Considera-se aqui os seguintes valores usuais:

Para RL-1C e LA-E - 10 a 20sSF
RM-1C - 20 a 75sSF
RM-2C - 75 a 150sSF

Obtendo-se com a curva “viscosidade x temperatura” as respectivas faixas de temperatura.

Em obras de menor importância não se traça a curva “viscosidade x temperatura”, tomando-se os seguintes intervalos de temperatura para a aplicação das emulsões:

RL-1C e LA-E → a temperatura ambiente
RM-1C → 30 a 60ºC
RM-2C → 40 a 80ºC

6.3.3 Controle do teor de CAP residual e da granulometria

Após o espalhamento da massa asfáltica com a acabadora (ou com a motoniveladora) retira-se uma amostra correspondente a cada 250m de meia pista (ou a cada 250m de pista inteira no caso de motoniveladora) para:

a) Ensaio do teor de CAP residual (DNER-ME 53 – "Rotarex")(*)

* Deixando-se a amostra 24 horas, em vez de 1 hora, a 115°C – 120°C.

Sendo t% o teor de CAP Residual indicado pelo projeto da mistura asfáltica, admite-se a seguinte tolerância: (t ± 0,5) %.

b) O Ensaio de granulometria (DNER-ME 83)

Após a extração do asfalto seca-se o material em estufa e procede-se ao ensaio de granulometria, com as peneiras indicadas no item 2.3.

Do projeto de mistura deve constar a granulometria do projeto, ou seja, a faixa granulométrica obtida com a granulometria da curva indicada ± as seguintes tolerâncias.

PENEIRA	% PASSANDO EM PESO
1 1/2" a 3/8" (38,1 a 9,5mm)	± 7
N^0 10 a n^0 4 (0,42 a 4,8mm)	± 4
N^0 200 (0,074mm)	± 2

Notas:1) essas tolerâncias serão limitadas pela faixa granulométrica correspondente à graduação escolhida no projeto de pavimentação (item 2.2).

2) a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total, com exceção das 2 primeiras e das 2 últimas da faixa A e da última das demais faixas.

No caso de um teor de CAP residual não atender a tolerância de 0,5%, admite-se a aceitação do teor estatístico, juntando-se o teor não satisfatório com os quatro teores satisfatórios antecedentes, formando um conjunto de cinco teores e calcula-se:

Teor máximo = $\overline{X} + 1{,}55\,s$ sendo: $\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{5}$

Teor mínimo = $\overline{X} - 1{,}55\,s$ $s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / 4}$

O serviço será aceito se forem atendidas as tolerâncias especificadas para o teor de CAP residual e para a granulometria dos agregados + filer (se houver). Em caso contrário o serviço não será aprovado (NAP), não sendo permitida a aplicação da massa asfáltica produzida e se a mesma já estiver comprimida na pista a fiscalização indicará a solução que poderá ser o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista ou a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada de PMF, todos os ônus por conta do construtor.

6.3.4 Controle do grau de compressão (ou de compactação) (GC)

O controle do grau de compactação (GC) de um PMF é uma questão difícil devido, principalmente, ao aumento de GC no tempo sob a ação do tráfego.

Distingue-se dois casos, para os serviços considerados importantes:

a) a Emulsão contém solvente RM-1C de 0% a 12% e RM-2C de 3% a 12%.

Nesse caso convencionou-se que o estado de compactação alcançado por ocasião do Marshall a frio (DNER-ME 107) é atingido na pista após cerca de 3 semanas de tráfego pleno. Assim, nas obras importantes faz-se 2 extrações com sonda rotativa a cada 250m de pista, obtendo-se a massa específica aparente – D (pista) (DNER-ME 117/87 – Mistura betuminosa – Determinação da densidade aparente 3 semanas) considerando-se o maior dos dois valores e obtém-se o GC em

relação à massa específica aparente obtida no laboratório (DNER-ME 107) – D(projeto):

$$GC = \frac{D(\text{pista})}{D(\text{projeto})} \times 100$$

Se $GC \geq 95\%$ (1) o intervalo abrangente (250m) está "aprovado" (AP).

Se GC < 95% dever-se-á submeter o citado intervalo a 3 dias consecutivos de compactação com um rolo pneumático com pressão de 90 a 120 psi (0,63 a 0,84MPa) no horário de 12 às 15 horas, após o que, se determinará novamente o GC. Se a inequação (1) não for atendida, a operação dos 3 dias deve ser repetida. Se ainda assim a inequação (1) não for atendida, a solução ficará a critério da fiscalização que poderá decidir entre: repetir uma ou mais séries de 1 a 3 dias, até a de considerar o intervalo "não aprovado" (NAP) – com todas as soluções complementares (recapeamento aprovado pelo projetista, fresagem, etc), sendo todos os ônus da construtora.

b) a Emulsão não contém solvente: RM-1C (optativo) – RL-1C - LA-E nesse caso convencionou-se que o estado de compactação alcançado por ocasião do Marshall a frio (DNER-ME 107) é atingido na pista após cerca de uma semana de tráfego pleno; assim, nas obras importantes procede-se de modo idêntico ao caso a) a emulsão contém solvente.

6.3.5 Controle da % de vazios, estabilidade e fluência Marshall

Com as amostras coletadas na pista após o espalhamento da massa asfáltica e antes da compactação, conforme indicado no item 6.3.3, molda-se 2 corpos de prova Marshall, com a energia do projeto, e através do DNER-ME 107 – Mistura betuminosa a frio com emulsão asfáltica – Ensaio Marshall determina-se a % de vazios média dos 2 corpos de prova e rompendo-se os CP na prensa Marshall determina-se a fluência e a estabilidade, considerando-se o maior dos dois valores.

O DNER-ME 107 tem uma tabela de correção da estabilidade em função da espessura do CP. Esta especificação acrescenta os seguintes fatores de correção da estabilidade.

ESPESSURA (mm)	FATOR
45	1,72
40	1,96
35	2,20

Os limites estabelecidos no item 2.4 podem sofrer as seguintes tolerâncias:

- % de vazios – limites ± 10%;
- estabilidade – limite ± 5%;
- fluência – limite ± 10% (só para revestimento de PMF)

Caso esses limites + tolerâncias não forem atendidos, deve-se rever o projeto da mistura, pesquisando-se as causas da anormalidade uma vez que foram satisfeitas as exigências de teor de CAP residual, granulometria e grau de compactação.

6.4 Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: n
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{n}$
- Desvio Padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / n - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

n	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
$\geq$ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (INVERNO)
Arenoso/Permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a

existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = Deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e também o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

6.5 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de acabamento da superfície

Em cada dia de serviço, deverá ser feito o controle de acabamento da superfície do pré-misturado a frio, com auxílio de duas réguas, com comprimentos de 3,00m e 0,90m, colocadas em ângulo reto, cada uma em posição paralela ao eixo da rodovia. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm em qualquer das réguas e em qualquer das duas posições do conjunto (1,0cm para camada de regularização).

Os locais da verificação do acabamento da superfície serão escolhidos pela fiscalização e o número de verificações diárias variará entre 1 (um) e 5 (cinco), a critério da fiscalização.

Se o acabamento da superfície não atender à tolerância especificada, o serviço será considerado não aprovado (NAP), devendo a fiscalização indicar a solução – desde a correção por recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista até a fresagem ou remoção da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus (inclusive o de possível reparação da base, nova Imprimação, etc) por conta do construtor.

7.2 Controle de espessura

O controle de espessura poderá ser feito de duas maneiras:

a) por medição da espessura da camada no momento da extração dos corpos de prova na pista (item 6.3.4) – duas a cada 250m de meia pista;

b) por nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compressão da camada. O primeiro nivelamento do eixo e bordos será feito a cada estaca (20 metros), podendo serem consideradas as cotas do controle geométrico da camada inferior, caso tenha sido feito. O segundo nivelamento será feito a cada 240 m, ficando as demais cotas do primeiro nivelamento disponíveis para um aumento na frequência do segundo nivelamento se for necessário.

As tolerâncias quanto a espessura são as seguintes:

a) $\pm$ 10% da espessura do projeto para pontos isolados;

b) 5% de redução da espessura do projeto para a média determinada a cada 20 determinações, quando o controle é feito no momento da extração dos corpos de prova na pista, e a cada 16 determinações, quando o controle é feito por nivelamento.

Os serviços com espessura da camada atendendo as tolerâncias especificadas serão aprovados (AP) e os que não atenderem (NAP) não serão aceitos, devendo a fiscalização indicar a solução – desde a correção por recapeamento com espessura aprovada pelo projetista – até a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus (inclusive o de possível reparação da base, nova Imprimação, etc) por conta do construtor.

8 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

O pré-misturado a frio será medido pelo volume compactado, em metros cúbicos, de acordo com a seção tipo do projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, calculado com base nos teores obtidos no controle tecnológico.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de pré-misturado a frio, medido conforme o item 8, estando nele incluídos todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas do material betuminoso nos tanques de estocagem, custos de agregados, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização da aquisição de materiais, inclusive ligante, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Pré-misturado tipo macadame (PMTM) é uma mistura asfáltica preparada em usina apropriada, constituída de agregado mineral tipo macadame (agregado graúdo de granulometria bastante uniforme) e ligante asfáltico, usinada, transportada, espalhada e compactada a quente ou a frio.

O PMTM pode ser utilizado no pavimento como camada drenante ou uma camada de reforço do pavimento.

A espessura da camada de PMTM não poderá ser inferior a 4cm e superior a 10cm. Camada superior a 10cm terá que ser subdividida.

2 MATERIAIS

2.1 Material asfáltico

Os ligantes asfálticos a serem utilizados nos PMTM são:

a) Mistura a quente – os cimentos asfálticos de petróleo (CAP)

a.1) *Classificados por penetração*; CAP-30/45, CAP-50/70, CAP-85/100 (tabela A2 do anexo I)

a.2) *Classificados por viscosidade*: CAP-20 e CAP-40 (tabela A1 do anexo I)

b) Mistura a frio – a emulsão asfáltica catiônica RM-2C (tabela A7 do anexo XI)

c) Ligantes asfálticos/emulsionados modificados por polímeros, quando indicados no projeto

2.2 Agregado

É usado apenas o agregado graúdo, podendo o agregado miúdo ser considerado impureza.

O agregado graúdo a ser usado em PMTM pode ser: pedra britada, seixo rolado e cascalhos obrigatoriamente britados. Deve ser constituído de partículas sãs, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas e apresentar as seguintes características:

- Durabilidade

Quando submetido à 5 ciclos de sulfato de sódio (DNER-ME 89) apresentar uma perda $\leq$ 12%.

Este ensaio deve ser feito quando o agregado tiver uma natureza mineralógica sujeita a alterações (geralmente basaltos e diabásios).

- Resistência à abrasão (Los Angeles – DNER-ME 35)

Deve apresentar LA $\leq$ 30%

- Adesividade satisfatória

O agregado graúdo deve apresentar com a RM-2C um mínimo de 80% de área recoberta com asfalto no ensaio EAC, determinação expedita da resistência a água (adesividade) sobre agregados graúdos", (anexo IX).

Com o CAP (DNER-ME 78) uma adesividade satisfatória, que se não for conseguida, pode-se tentar um melhorador de adesividade ("dope") com 0,40% a 0,60%, do peso do CAP.

- Forma satisfatória

A forma do agregado graúdo deve ser tal que o índice de forma (IF) (DNER-ME 86) não deve ser inferior, ou a porcentagem de grãos defeituosos (GD) (1) não deve ser superior aos seguintes valores:

IFmin = 0,50 (0,45 se for basalto ou diabásio)

GDmax = 20% (25% se for basalto ou diabásio)

(1) Não se dispondo da aparelhagem para o IF pode-se proceder da seguinte maneira: toma-se uma amostra aleatória de 20 partículas de agregado de uma das 2 classes D/d (25,4mm/12.7mm ou 19,1mm/9,5mm) e mede-se com um paquímetro, em cada uma das partículas, o seu comprimento "L", e a menor dimensão (a espessura) "e". Considera-se como largura "g" de todas as partículas a média das aberturas das peneiras (D + d) ÷ 2, ou seja, g = 19,1mm ou g = 14,3mm. Se L + 1,2g $>$ 6e o grão é defeituoso. O percentual de grãs defeituosos é dado pela relação: $GD = \frac{N° \text{ de grãos defeituosos}}{20} \times 100$

- Absorção moderada de asfalto

Se o agregado for bastante poroso a absorção do asfalto vai ser significativa, podendo tornar o agregado antieconômico. Os arenitos e os calcários são os mais absorventes seguidos do basalto/diabásio, e os menos absorventes os gnaisses/granitos. Em caso de agregado muito absorvente é aconselhável um estudo econômico.

- Textura favorável

A textura rugosa é mais favorável à adesividade passiva (resistência ao deslocamento da película do CAP residual por ação do tráfego em presença de água) e ao atrito interno (maior estabilidade e menor trabalhabilidade). A textura lisa, característica das areias de rio, favorece à trabalhabilidade e desfavorece à estabilidade.

2.3 Composição da mistura

A composição do pré-misturado tipo macadame deve satisfazer a uma das três faixas granulométricas do quadro a seguir.

PENEIRA		**% passado**	**em**	**Peso**	**TOLERÂNCIA DA**
ASTM	**MM**	**A**	**B**	**C**	**FAIXA DE PROJETO %**
1 1/2”	38,1	100	100	-	± 7
1”	25,4	95 – 100	50 – 80	100	± 7
3/4”	19,1	-	-	90 – 100	± 7
1/2”	12,7	25 – 60	10 – 30	-	± 7
3/8”	9,5	-	-	20 – 55	± 7
N.º 4	4,8	0 – 10	-	0 – 10	± 4
N° 6	3,36	-	0 – 10	-	± 4
N.º 8	2,38	0 – 5	0 – 3	0 – 5	± 4

A faixa granulométrica a ser usada deve ter seu diâmetro máximo correspondente a 95% passando Dmax ≤ 2/3 h, sendo h a espessura da camada. Para todas as faixas a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

O PMTM compactado no molde Marshall deve apresentar uma % vazios entre 28 a 34% na mistura a frio (DNER-ME 107) e de 26 a 32% na mistura a quente (DNER-ME 43). É de se notar que não se consegue extrair a amostra do molde sem desmanchá-la. Assim, a determinação de % Vv deve ser feita pesando-se o corpo de

prova dentro do molde. Como o teor de molhagem é muito baixo (de 0,5 a 1,5%), assim como o teor de RM-2C (no máximo 2,5%), não é necessário se levar em conta o teor ótimo de água de compactação, bastando uma cura de 4 horas a temperatura ambiente antes da colocação da mistura a frio no molde de compactação.

Em ambas as misturas o número de golpes/face é de 50 para diminuir as inevitáveis fraturas.

3 EQUIPAMENTO

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

- Equipamento para a mistura

a) Mistura a frio (PMTM-F)

Os equipamentos para a mistura da emulsão com o agregado podem variar desde uma simples betoneira até uma central gravimétrica com comandos elétricos, englobando as chamadas usinas móveis. Não se considera, entretanto, a mistura feita com motoniveladora.

Para altas produções de PMTM para camadas espessas pode-se adaptar usinas de solos desde que tenham um controle eficiente de teor de emulsão.

Para pequenos serviços de conservação poderão ser usadas betoneiras e para serviços de pavimentação mais modestos podem ser usadas as chamadas “argamassadeiras” munidas de um misturador de um só eixo alimentado por uma caçamba elevatória que recebe: os agregados (dosados pelo volume de padiolas) previamente umedecidos e a emulsão (dosada pelo volume de um recipiente).

Para serviços de pavimentação mais importantes deve-se usar uma central a frio munida de: um misturador de 2 eixos (“pugmill”); de silos (geralmente de 2 a 3) com capacidade total no mínimo 3 vezes a capacidade do misturador e com dispositivos mecânicos de saída que permitam regular o fluxo de agregados; depósitos de água de molhagem e depósito de emulsão, ambos munidos de bombas que permitam regular os respectivos fluxos, dispondo este último de um sistema de aquecimento e controle de temperatura.

b) Mistura a quente (PMTM-Q)

O equipamento é uma usina de asfalto do tipo empregada em PMQ.

- Equipamento para o espalhamento

Em camadas espessas, a quente ou a frio, o espalhamento pode ser feito com motoniveladora, de acordo com o projeto ou a critério da fiscalização.

Para serviços de pavimentação mais importantes devem ser usadas acabadoras desde as rebocadas até as vibro-acabadoras automotrizes capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos requeridos (sem aquecimento no caso de mistura a frio).

- Equipamento para compressão

São usualmente utilizados para a compressão da mistura asfáltica:

- o rolo pneumático autopropulsor de pressão variável (35 a 120psi ou 0,25 a 0,84 MPa)
- o rolo liso tandem de 8 a 12 t.
- o rolo liso vibratório, com regulador de frequência, importante para altas espessuras ($h > 6,0cm$) de misturas mais abertas.

- Equipamento para transporte da mistura

São utilizados geralmente os caminhões tipo caçamba basculante. Para misturas a frio, o caminhão caçamba deve ter a tampa traseira perfeitamente vedada, de modo a evitar o derramamento de líquido sobre a pista; é interessante terem dispositivos para retenção de líquidos no interior das caçambas, para posterior remoção. Para misturas a quente adotar os mesmos cuidados para o PMQ.

4 EXECUÇÃO

4.1 Pintura de ligação

Tendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação ou pintura de ligação e a da camada asfáltica, ou no caso de ter havido trânsito, ou, ainda, recobrimento com areia, pó de pedra, etc., deverá ser feita uma pintura de ligação.

4.2 Projeto da mistura asfáltica

O projeto geralmente dá apenas um anteprojeto da mistura, mais para efeito de quantitativos e orçamento. Deve-se, então, elaborar no laboratório de campo, juntamente com os testes da central a frio (serviços de pavimentação mais importantes), o chamado projeto da mistura asfáltica, conforme o roteiro para projeto de mistura asfáltica tipo macadame a quente e a frio – anexo XIX.

4.3 Produção da massa asfáltica

A massa asfáltica será produzida em equipamentos conforme indicado no item 3, obedecendo as proporções de agregados e o teor de ligante estabelecidos pelo projeto da mistura asfáltica de execução aprovado pela fiscalização.

4.4 Transporte da massa asfáltica

A massa asfáltica produzida deverá ser transportada para o local de aplicação ou de estocagem, nos veículos basculantes já especificados. Quando julgado necessário cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

4.5 Distribuição e compressão da massa asfáltica

A distribuição de massa asfáltica estocada, em serviços de menor importância, será feita com motoniveladoras. Em serviços mais importantes deverão ser usadas acabadoras, conforme já especificado.

Após o espalhamento de um PMTM-F a compactação (também chamada de compressão ou de rolagem) pode ser dada imediatamente, ou de acordo com observação visual após uma cura de 1 a 4 horas (pois o teor de água de molhagem é pequeno e não tem muito sentido o conceito de umidade ótima de compactação), ou mais, sendo importante que a massa não sofra ondulações e/ou fissuras. No caso de um PMTM-Q a compactação deve ser dada na temperatura mais alta onde não se manifestem ondulações e/ou fissuras.

O rolo liso vibratório é geralmente o preferido podendo ser ou não seguido do rolo pneumático autopropulsor (35 a 120psi). Este último também pode ser usado sem o vibratório (coadjuvado com o rolo liso tandem) principalmente em camadas de menor espessura ($h \leq 7{,}5$cm).

Caso sejam empregados rolos de pneus de pressão variável, inicia-se a rolagem, com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada, e, consequentemente, suportar pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de, pelo menos, a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compressão especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo metálico deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura e as rodas do rolo pneumático deverão, no início da rolagem, ser levemente untadas com óleo queimado, com a mesma finalidade.

A espessura máxima da camada a compactar e o esquema de compactação propostos devem ser aceitos pela fiscalização.

Uma sugestão considerada razoável é a seguinte:

Sendo – pn – pneumático (35 a 120psi)
lt - liso tandem
vl – vibratório liso
p - passadas (nº de vezes que o rolo passa no mesmo ponto = cobertura)

Para espessura de camada h ≤ 7,5cm

2p (lt)
3p (pn ≈ 40 a 70psi)
3p (pn ≈ 70 a 120psi)
2p (lt)

Para espessura de camada > 7,5cm

2p (vl) (sem vibrar)

4p (vl) (vibrando)

2p (vl) (sem vibrar)

1p (pn ≈ 80psi)

1p (pn ≈ 120psi)

4.6 Abertura ao tráfego

O prazo para abertura ao tráfego após a compactação é sujeita à não muitas variáveis, como por exemplo: tipo de emulsão, graduação do agregado, temperatura e umidade ambiental, localização da camada (reforço ou binder), tipo de tráfego, etc, devendo ser aquela indicada pela experiência da construtora e aceita pela fiscalização.

Como orientação geral tem-se para esse período:

a) PMTM-F

– 4 a 48 horas, verificando-se a estabilidade da massa por inspeção visual (principalmente nas rampas e curvas fechadas).

Se após 24 horas a massa não suportar um tráfego controlado, deve-se continuar a compactação com rolo pneumático (60 a 120psi) desde as 11 horas as 15 horas, até a massa suportar o referido tráfego. Em seguida a camada (reforço ou binder) é exposta ao tráfego pleno durante um período mínimo de 7 dias (o ideal seria um mínimo de 30 dias) antes de receber a camada sobrejacente.

b) PMTM-Q

- Após seu completo resfriamento, verificando-se a estabilidade da massa por inspeção visual (atenção para rampas e curvas fechadas).

Se após 24 horas a massa não suportar um tráfego controlado deve-se proceder como para o PMTM-F.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades dos serviços de pré-misturado tipo macadame (PMTM) que podem causar danos ao meio ambiente são a obtenção e utilização de agregados pétreos, o armazenamento de ligante asfáltico, a operação da usina misturadora e a aplicação da massa asfáltica.

5.1 Agregado

5.1.1 Quando o agregado pétreo for proveniente de exploração de pedreira não comercial indicada no projeto, deve-se observar as seguintes situações:

- O agregado pétreo somente será aceito após a contratada apresentar à fiscalização as licenças exigidas pelo ordenamento ambiental.

Deve ser evitado a localização de pedreira e instalações de britagem em área de preservação ambiental.

A exploração da pedreira deverá ser planejada e executada de modo a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos. Deve–se construir bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzido em excesso, evitando assim o carreamento de pó para cursos d’água.

5.1.2 Quando o agregado pétreo for adquirido de pedreira comercial, será exigido documentação atestando a regularidade das instalações e operação junto ao órgão ambiental competente.

As estradas de acesso às fontes de agregados deverão seguir a especificação SOP-ES-T 02/19 – Caminhos de serviço e as recomendações da Norma DER-ISA 02/96 – Abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso.

5.2 Ligante asfáltico

O depósito de asfalto deve ser instalado em locais afastados de cursos d'água.

É vedado o expurgo de materiais asfálticos na faixa de domínio ou em qualquer local que possa causar danos ambientais.

5.3 Usinagem a quente ou a frio

A contratada deverá obter e apresentar à fiscalização a licença de instalação e operação da usina de asfalto.

A contratada deverá submeter à fiscalização o projeto de instalação da usina de asfalto, contendo a planta esquemática da usina e o sistema de filtros que reduzirá a poluição do ar.

Deverão ser obedecidas as recomendações da norma DERT-ISA 08/96 – Orientações ambientais para implantação e operação de usinas de asfalto, concreto e de solo.

Caso a massa de PMTM seja fornecida por usina comercial, ou equivalente, será exigida toda documentação ambiental atestando a regularidade da usina, pedreira e instalações.

5.4 Aplicação do PMTM

Restos de misturas asfálticas antigas ou recém-produzidas não podem ser deixados na margem da rodovia. Eles devem ser transportados para depósitos de resíduos sólidos mais próximos, indicados pelo projeto.

Ao final dos serviços serão desmontadas e retiradas todas as edificações provisórias e recuperada a área da usina de asfalto e armazenamento de materiais.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Ligante asfáltico

A condição essencial é que o ligante asfáltico empregado no PMTM atenda a esta especificações as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

6.1.1 Cimento asfáltico de petróleo (CAP-30/45, CAP-50/70 e CAP-85/100) ou (CAP-20, CAP-40) para PMTM – Q.

A todo carregamento de cimento asfáltico de petróleo que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios, atendendo as normas do anexo I, contidas na tabela A1 para os CAP classificados por viscosidade e na tabela A2 para os CAP classificados por penetração (cópia no anexo), conforme a seguir:

- espuma (aquecido a 175°C não deve produzir espuma);

- penetração (MB-107);
- viscosidade Saybolt Furol (P-MB 517) a 135°C e 177°C.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios das normas para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

6.1.2 Emulsão asfáltica (RM-2C) para PMTM-F

A todo carregamento de emulsão asfáltica que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios, atendendo as exigências das especificações asfálticas apresentadas nos anexos a estas especificações.

- Viscosidade Saybolt Furol (SF) – (MB-581);
- Peneiração (MB-609);
- Carga de partícula (NBR-6567);
- Percentagem de CAP residual (NBR-6568) ou (método expedito para canteiro de obra – IBP).

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser realizados os ensaios das normas para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

A emulsão asfáltica que não atender as especificações não poderá ser utilizada no serviço de PMF.

6.2 Agregado e água

A condição essencial é que o agregado graúdo atenda as exigências de resistência a abrasão, tenha durabilidade, adesividade ao ligante e forma satisfatórias.

A textura e a absorção dos agregados devem ser consideradas pelo projeto.

A água para PMTM-F deve ser limpa e aprovada pela fiscalização, por inspeção visual de sua fonte.

6.2.1 Resistência a abrasão do agregado graúdo (DNER-ME 35)

O agregado graúdo (entre 38,1mm e 4,8mm) para PMTM pode ter um desgaste por abrasão (ensaio Los Angeles) de no máximo 30%.

O projeto ao indicar a pedreira faz o ensaio Los Angeles para verificar o desgaste por abrasão do agregado.

Por ocasião da obra, pode ser necessário se verificar o desgaste por abrasão, no início do serviço, para confirmar o resultado da pedreira do projeto a critério da fiscalização ou, no decorrer do serviço quando houver alteração na rocha da pedreira ou quando mudar de pedreira.

O agregado graúdo que apresentar desgaste por abrasão superior ao limite especificado não poderá ser utilizado no pré-misturado tipo macadame.

6.2.2 Adesividade (Ag. graúdo: DNER-ME 78)

A adesividade é uma propriedade do par agregado x cimento asfáltico de petróleo que é ensaiado pelo projeto para se estabelecer a necessidade ou não de adicionamento no ligante de melhorador de adesividade (dope) no caso de PMTM-Q.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir os ensaios com amostras mais representativas, após se ter produzido pelo menos 5% dos agregados, para conferência dos resultados do projeto.

Os ensaios de adesividade são obrigatórios, em número de cinco amostras, quando houver mudança das fontes de agregados graúdos ou miúdos.

A adesividade é considerada satisfatória quando após os ensaios não se verificar nos agregados deslocamento da película asfáltica em pelo menos 80% da área e é considerado não satisfatória quando houver deslocamento da película asfáltica superior a 20% da área, inspecionado visualmente.

6.2.3 Índice de forma do agregado graúdo (DNER-ME 86)

A forma do agregado graúdo é ensaiada pelo projeto ao indicar a pedreira.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir os ensaios com amostras mais representativas, após se ter produzido pelo menos 5% do agregado graúdo, para conferência do resultado do projeto.

O ensaio de índice de forma é obrigatório, em número mínimo de cinco amostras, quando houver mudança de pedreira.

O agregado graúdo que tiver forma não satisfatória não poderá ser utilizado no pré-misturado tipo macadame.

6.2.4 Durabilidade (DNER-ME 89)

O agregado graúdo para PMTM deve apresentar sob a ação de uma solução de sulfato de sódio ou de magnésio, em cinco ciclos, uma afetação nas

partículas inferior a 12%. Este ensaio é realizado pelo projeto ao indicar a pedreira quando a rocha for basáltica, diabásica ou de natureza mineralógica sujeita a alterações.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir o ensaio de durabilidade para as rochas citadas, a título de conferência dos ensaios do projeto.

Havendo afetação das partículas superior a 12%, por perda de peso, fendilhamento, quebra, esmagamento ou laminagem a pedreira terá que ser substituída.

6.3 Controle de execução

6.3.1 Controle da umidade de molhagem da mistura de PMTM-F

Para a mistura a frio, por ser o teor de umidade de molhagem muito baixo (hm: 0,5 a 1,0%), o seu controle pode ser feito através do tato.

6.3.2 Controle de temperatura da emulsão e do CAP

A faixa de viscosidade, que vai determinar a faixa de temperatura para a mistura com as emulsões, é bastante controvertida devendo-se a rigor, levar em conta entre outros fatores, o teor de molhagem. Considera-se aqui o seguinte valor usual para PMTM-F:

RM-2C - 90 a 150sSF

Obtendo-se com a curva “viscosidade x temperatura” a respectiva faixa de temperatura.

Em obras de menor importância não se traça a curva “viscosidade x temperatura”, adota-se o intervalo de temperatura de 40°C a 80°C.

Para a mistura a quente, isto é para o PMTM-Q pode-se considerar também a faixa de 90 a 150sSF.

6.3.3 Controle do teor de CAP residual e da granulometria

Após o espalhamento da massa asfáltica com a acabadora (ou com a motoniveladora) retira-se uma amostra correspondente a cada 250m de meia pista (ou a cada 250m de pista inteira no caso de motoniveladora) para:

a) Ensaio do teor de CAP residual

É realizado pelo método DNER-ME 53 – Rotarex, aquecendo-se a amostra a 115 – 120°C durante 24 horas ao invés de 1 hora, como está previsto no método de ensaio.

Extrai-se o ligante da mistura, determina-se o teor e compara-se com o teor do projeto da mistura de execução (tp), admitindo-se a seguinte tolerância:

Teor max. = (tp + 0,3) %

Teor min. = (tp – 0,3) %

Após a extração do ligante da amostra, seca-se o agregado em estufa e se faz a granulometria (DNER-ME 83).

Para a granulometria as tolerâncias (tg), por peneira, em relação ao projeto são as da tabela seguinte, não podendo ultrapassar os limites das faixas estabelecidos no Item 2.3 – Composição da mistura.

PENEIRAS	% PASSANDO EM PESO
1 1/2" a 3/8” (38,1mm a 9,5mm)	± 7
N° 4 a N° 8 (4,8mm a 2,38mm)	±4

No caso de um teor de CAP não atender a tolerância de $\pm$ 0,3%, admite-se a aceitação do teor estatístico, juntando-se o teor não satisfatório com os quatro teores satisfatórios antecedentes, formando um conjunto de cinco teores e calcula-se:

Teor máx. = $\overline{X} + 1{,}55\,s$ sendo: $\overline{X} = \dfrac{\Sigma X_i}{5}$

Teor min. = $\overline{X} - 1{,}55\,s$ $s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / 4}$

O serviço será aceito (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas para o teor de CAP e para a granulometria do agregado.

Em caso contrário o serviço não será aprovado (NAP), não sendo permitida a aplicação da massa asfáltica produzida e, se a mesma já tiver comprimida na pista, a fiscalização indicará a solução que poderá ser o recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista ou a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus por conta do construtor.

6.3.4 Controle de compactação

O controle de compactação de um PMTM deve ser feito visualmente, observando-se o comportamento da massa asfáltica sob a ação de esforços – desde o obtido girando-se um salto de sapato até a passagem de rolos compressores e de tráfego controlado.

Caso a massa asfáltica não apresente a necessária resistência, após 24 horas de compactada, ao tráfego controlado, se deve continuar a compactação com duração de 4 horas diárias (das 11 horas às 15 horas) de um rolo pneumático (60 a 120psi) até a massa poder suportar o referido tráfego.

6.4 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de acabamento da superfície
(Camadas de reforço e camada drenante)

Em cada dia de serviço deverá ser feito o controle de acabamento da superfície do pré-misturado tipo macadame com auxílio de duas réguas, (de comprimentos de 3,00m e 0,90m), colocadas em ângulo reto, alternando cada uma em posição paralela ao eixo da rodovia. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 1,0cm em qualquer das réguas e em qualquer das duas posições do conjunto.

Os locais da verificação do acabamento da superfície serão escolhidos pela fiscalização e o número de verificações diárias variará entre 1 (um) e 5 (cinco), a critério da fiscalização.

Se o acabamento da superfície não atender à tolerância especificada, o serviço será considerado não aprovado (NAP), devendo a fiscalização indicar a solução, que poderá ser a correção por recapeamento com uma espessura aprovada pelo projetista ou fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada. Todos os ônus das correções são de responsabilidade do construtor.

7.2 Controle de espessura
(Camadas de reforço e camada drenante)

O controle de espessura deverá ser feito por nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compressão da camada. O primeiro nivelamento do eixo e bordos será feito antes da execução do PMTM a cada estaca 20 metros), podendo ser consideradas as cotas do controle geométrico da camada inferior, caso tenha sido feito. O segundo nivelamento será feito após a execução do PMTM a cada 240m, ficando as demais cotas do primeiro nivelamento disponíveis para um aumento na frequência do segundo nivelamento se for necessário.

As tolerâncias quanto a espessura são as seguintes:

a) ± 10% da espessura do projeto para pontos isolados;

b) 5% de redução da espessura do projeto para a média determinada a cada 16 determinações.

Os serviços com espessura da camada atendendo as tolerâncias especificadas serão aprovados (AP) e os que não atenderem (NAP) não serão aceitos, devendo a fiscalização indicar a solução que poderá ser a correção por recapeamento com espessura aprovada pelo projetista ou a fresagem da camada executada e a execução de uma nova camada, todos os ônus da correção são de responsabilidade do construtor.

8 MEDIÇÃO

O pré-misturado tipo macadame (a quente e a frio) será medido pelo seu volume compactado, em metros cúbicos, de acordo com a seção tipo do projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, calculado com base nos teores obtidos no controle tecnológico.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para ligante asfáltico e o volume de pré-misturado tipo macadame (a quente e a frio) medido conforme o item 8, estando nele incluídos todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas do material betuminoso nos tanques de estocagem, custos de agregados, mão de obra, encargos, transportes, impostos, eventuais, bem como a indenização da aquisição de materiais, inclusive ligante, quando o mesmo não é fornecido pelo contratante e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Lama asfáltica (LA) é uma mistura asfáltica de pequena espessura, sem função estrutural, composta de agregado mineral (miúdo), material de enchimento (filer) , emulsão asfáltica e água, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada, usada geralmente como camada rejuvenescedora e impermeabilizante de revestimentos asfálticos desgastados e fissurados, caracterizada por ser misturada e espalhada (com consistência fluída) a temperatura ambiente, e satisfazendo às exigências constantes desta especificação.

2 MATERIAIS

2.1 Material asfáltico

Os ligantes asfálticos a serem utilizados nas LAs são as emulsões para lama asfáltica: LA-1C e LA-2C (catiônicas) e LA-E (especial, não iônica ou ligeiramente catiônica); e a RL-1C (catiônica), além dos asfaltos modificados, quando indicados no projeto.

2.2 Agregado

O agregado é geralmente constituído por uma mistura de: agregado graúdo, aqui definido como o material passando na peneira de 3/8” (9,5mm) e retido na peneira N^0 4 (4,8mm), agregado miúdo aqui definido como o material compreendido entre as peneiras N^0 4 (4,8mm) e N^0 200 (0,074mm).

Serão constituídos de areia de rio, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes e apresentar moderada angulosidade, livre de torrões de argila, raízes e de substâncias nocivas.

Apesar da especificação permitir o uso de areia de rio e pó-de-pedra com aplicação separada, aconselha-se usar a mistura de ambos, em função das suas características independentes:

- Areia de rio: por conter elementos lisos e redondos, dá uma boa trabalhabilidade e facilita o espalhamento;
- Pó-de-pedra: por conter elementos rugosos e angulosos, fornece uma superfície mais áspera e proporciona uma boa impermeabilidade pela presença do filer.

2.2.1 Agregado graúdo e miúdo

O agregado graúdo e miúdo deve se constituir de partículas – sãs, duráveis, livres de torrões de argila, raízes e de substâncias nocivas – apresentando as seguintes características:

- Quando proveniente de britagem de pedra, esta deve apresentar um desgaste Los Angeles (DNER-ME 35) no máximo de 50%;
- Durabilidade, pedra inferior a 12% (DNER-ME 89);
- Equivalente de areia igual ou superior a 40% (DNER-ME 54);
- Resistência a água – adesividade satisfatório com emulsão asfáltica (DNER-ME 59) e ABNT NBR 6300 (MB-721).

2.2.2 Filer (ou filer artificial)

Aqui definido como um material finamente dividido, de natureza eletropositiva (cimento, pó calcáreo, etc), sendo o cimento considerado o ideal por uma boa parte dos técnicos.

O filer quando de sua aplicação deverá estar seco e isento de grumos, apresentando a seguinte granulometria tradicional:

PENEIRA	PORCENTAGEM MÍNIMA PASSANDO (EM PESO)
N0 40 (0,42mm)	100
N0 80 (0,18mm)	95
N0 200 (0,074mm)	65

2.2.3 Aditivos

Podem ser empregados aditivos para acelerar ou retardar a ruptura da emulsão na lama asfáltica.

2.2.4 Água

Deverá ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais a ruptura da emulsão asfáltica. Será empregada na quantidade necessária a promover a consistência adequada.

2.3 Composição da mistura

A composição granulométrica da mistura dos agregados deve se enquadrar nas faixas do quadro a seguir:

PENEIRA ASTM (mm)	DNER (Tradicional)	ISSA – International Slury[1] Surfacing Association			
		FAIXA 1	FAIXA 2	FAIXA 3	FAIXA 4
3/8" (9,5)	-	-	100	100	-
Nº 4 (4,8)	100	100	90 – 100	70 – 90	± 5%
Nº 8 (2,4)	80 – 100	90 - 100	65 – 90	45 70	± 5%
Nº 16 (1,2)	-	65 – 90	45 - 70	28 – 50	± 5%
Nº 30 (0,6)	30 – 60	40 – 65	30 - 50	19 - 34	± 5%
Nº 50 (0,31)	20 – 45	25 – 42	18 - 30	12 - 25	± 4%
Nº 100 (0,15)	10 – 25	15 – 30	10 – 21	7 - 18	± 3%
Nº 200 (0,074)	5 – 15	10 – 20	5 - 15	5 - 15	± 2%
Mistura Seca kg/m²	4 – 6	2– 5	5 – 8	8 – 13	-
Espessura (mm)	3 – 4	2– 3	4 – 6	6 – 9	-
% em relação ao peso da "Mistura Seca"					
Água	10 – 20	10 – 20	10 – 15	10 – 15	-
Ligante residual	8 – 13	10 - 16	7,5 – 13,5	6,5 – 12	-

Nota: – Utilizam-se essas faixas nos seguintes casos:

- Faixas I e II: Para enchimento das fissuras e rejuvenescimento geral;
- Faixas III e IV: Quando é necessário a aplicação de mais de uma camada em pavimentos muito desgastados ou sobre base granulares no caso do tráfego leve.

2.4 Mistura asfáltica

A mistura asfáltica será realizada com base nos ensaios recomendados pela ISSA – International Slury Seal Association.

- ISSA-TB-100 – Wet Track Abrasion Test (WTAT) – perda máxima para 1 hora – 800 g/m² (perda por abrasão em meio aquoso);
- ISSA-TB-109 – Loaded Wheel Tester e Sand Adhesion – máximo – 538 g/m² (excesso de asfalto por efeito de roda e adesão de areia);
- ISSA-TB-114 – Wet Stripping Teste – mínimo – 90% (adesão por molhagem).

O projeto pode indicar um outro parâmetro para a dosagem da emulsão desde que aceito pela fiscalização.

3 EQUIPAMENTO

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

- Equipamento para a mistura e o espalhamento

O caminhão usina deve ser equipado com:

a) Silo para agregados, com capacidade mínima de 3m^3;
b) Silo de filer, com alimentador automático;

c) Tanque d'água com capacidade mínima de 1.500 litros, munido de mangueira para espargimento d'água;

d) Tanque de emulsão com capacidade mínima de 1.500 litros;

e) Sistema de circulação e alimentação de emulsão asfáltica correlacionado com o sistema de alimentação do agregado, de modo a assegurar perfeito controle do traço;

f) Sistema misturador pugmill, do tipo pás móveis a corpo fixo, capaz de processar uma mistura uniforme e de despejar a massa na caixa espalhadora em operação contínua, sem processo de segregação;

g) Caixa distribuidora, atrelada por correntes ao chassi, montada sobre borracha tipo neoprene, que vai se apoiar diretamente sobre a superfície a tratar, com largura regulável para o serviço em questão, devendo ser suficientemente pesada para garantir uniformidade, munida de um regulador de espessura e de uma borracha para acabamento.

- Equipamento para compactação

Rolo pneumático autopropulsor de pressão variável (35 a 120 psi ou 0,25 a 0,48MPa).

- Equipamento auxiliar

a) Betoneiras, com padiolas aferidas, para a mistura de agregados;

b) Tanques para recepção de emulsão asfáltica;

c) Moto-bomba para circulação de emulsão;

d) Moto-bomba para transferência de água;

e) Carro tanque para água e emulsão;

f) Pá carregadeira;

g) Vassouras mecânicas e trator de pneus';

h) Caminhão basculante de apoio;

i) Pás, enxadas, vassouras, rodos de borracha, lona para cobrir agregados, sinalizadores, etc.

4 EXECUÇÃO

4.1 Projeto da mistura asfáltica

O projeto geralmente dá apenas um anteprojeto da mistura, mais para efeito de quantitativos e orçamento. Deve-se, então, elaborar no laboratório de campo, juntamente com os testes do caminhão usina, o chamado projeto da mistura asfáltica, assim procedendo-se:

Do depósito da emulsão recebida e aprovada retira-se uma amostra para a mistura de projeto.

De cada componente dos agregados estocados (inclusive o filer se for o caso) retira-se para o ensaio de granulometria (DNER-ME 83), de modo a se determinar a % de cada componente na mistura seca dos agregados e dimensionamento das padiolas.

A dosagem da emulsão é geralmente feita no Laboratório quando – ensaia-se 5 teores de emulsão (geralmente entre 10 e 22% em relação ao peso da mistura seca), selecionando-se cerca de 3 teores de emulsão com os respectivos teores de água de mistura, escolhendo-se finalmente aquele teor que conduz ao menor desgaste WTAT.

No local da obra procura-se ajustar a composição dos agregados, o teor de água de mistura e o teor de emulsão indicados previamente pelo laboratório devendo-se realizar novo ensaio WTAT no traço ajustado para a aprovação final.

Serão entregues pela construtora à fiscalização, com o título PROJETO DA MISTURA ASFÁLTICA todos os resultados obtidos neste item. Os serviços de execução da LA só poderão ter início após a aprovação desse relatório pela fiscalização.

4.2 Sinalização, limpeza e preparo da pista

Nas rodovias com tráfego, os serviços com lama asfáltica exigem uma sinalização muito eficiente. Para as emulsões catiônicas, dependendo das condições de umidade e temperatura do ar, o prazo mínimo de interrupção, da faixa trabalhada, considerando o tempo de operação e o de ruptura da emulsão, deverá variar entre 1 a 4 horas. O uso de emulsões de ruptura controlada diminui esse intervalo de tempo.

O tráfego deverá ser desviado da faixa a ser trabalhada (meia pista), numa extensão mínima de 300m. A faixa deverá ser muito bem limpa, com vassouras mecânicas ou manuais. Ao mesmo tempo será feita inspeção da faixa, para assinalar qualquer trinca, fissura ou outros pequenos defeitos do pavimento, os quais deverão ser corrigidos com a própria lama asfáltica aplicada por irrigadores manuais do tipo bico de pato. No caso das faixas II e III, o preenchimento de fissuras e trincas deve ser feito com LA executada manualmente, como segue:

– a mistura é realizada em betoneiras, derramada diretamente sobre a pista e espalhada uniformemente por operários munidos de rodos e vassourões apropriados.

4.3 Espalhamento da lama asfáltica

Uma vez preparada e sinalizada a pista, o equipamento será colocado em posição, com a caixa distribuidora perfeitamente centrada em relação a faixa de trabalho. Com a mangueira d’água do equipamento umedece-se toda a superfície do pavimento, correspondente à área de distribuição da caixa, a fim de reduzir a avidez do revestimento e retardar a penetração da emulsão. A partir do início da operação, esse umedecimento é realizado pela barra espargidora do equipamento. Abrem-se todas as comportas de alimentação dos agregados, emulsão, água e filer, de acordo com o traço projetado e as tabelas de abertura do equipamento, acionando o “pugmill” até produzir quantidade de massa suficiente à alimentação de toda a área interna da caixa distribuidora.

Além do operador da máquina haverá um operário de cada lado da caixa, munido de rodo de borracha, promovendo, quando necessário, uniformidade de distribuição da massa dentro da caixa distribuidora.

Com velocidade uniforme, a mais reduzida possível, é dada a partida do veículo e iniciada a operação. Em condições normais, a operação se processa com bastante simplicidade. A maior preocupação requerida consiste em, da parte do operador, observar a consistência da massa, abrindo ou fechando a alimentação d'água, de modo a obter uma consistência uniforme e, da parte dos dois operários auxiliares, em manter a caixa distribuidora uniformemente carregada de massa.

4.4 Limpeza e preservação do equipamento

Logo após a descarga completa do equipamento, a máquina será retirada da pista e estacionada em local apropriado, para se proceder à sua indispensável limpeza, antes que se inicie o rompimento da emulsão retida nas suas diversas peças. As partes principais a serem limpas são a bomba de emulsão e as borrachas neoprene da caixa distribuidora. A bomba de emulsão é facilmente limpa com a introdução e circulação de pequena quantidade de óleo diesel.

As demais peças podem ser limpas com auxílio da mangueira d'água do equipamento, desde que ainda não se tenha processado a quebra da emulsão.

Além dessa limpeza especial, que deverá ser realizada logo após cada operação do equipamento, deverá haver uma limpeza geral, no final de cada dia de serviço, a fim de garantir a preservação do equipamento.

4.5 Correção de falhas e compactação com rolo e ou tráfego

As possíveis falhas de execução, tais como escassez ou excesso de massa, irregularidades na emenda de faixas etc., deverão ser corrigidas imediatamente após a execução. A escassez é corrigida com adição de massa e os excessos, com a retirada, por meio de rodos de madeira ou de borracha.

Após estas correções, a superfície áspera deixada será alisada com a passagem suave de qualquer tecido espesso, umedecido com a própria massa, ou com emulsão. Os sacos de aniagem são muito adequados para o acabamento final dessas operações.

Cerca de duas a três horas após o espalhamento (30 minutos com emulsão de ruptura controlada), quando a lama asfáltica tiver adquirido consistência suficiente para não se deixar desagregar pela passagem de rolos ou de veículos, a superfície tratada deve receber umas três coberturas (passadas no mesmo lugar) do rolo pneumático (≈ 35 a 70psi ou 0,25 a 0,48MPa) e em seguida, entregue ao tráfego. A critério da fiscalização poderá ser suprimida a rolagem e a superfície tratada ser entregue imediatamente ao tráfego. Entretanto, como revestimento em estradas de pequeno tráfego, a rolagem é obrigatória.

5 CONTROLE AMBIENTAL

A preservação do meio ambiente nos serviços de lama asfáltica envolve a obtenção e aplicação de agregados pétreos areia e estoque de materiais asfálticos.

Deve-se adotar os cuidados seguintes:

a) É vedada a instalação de depósitos de material betuminoso próximo a cursos d’água;

b) É vedado, também, o refugo de materiais já utilizados na faixa de domínio e áreas lindeiras, ou qualquer outro lugar que possa causar prejuízo ambiental:

1) A limpeza do equipamento de mistura e espalhamento deverá ser feita com o veículo estacionado sobre um plástico com tamanho suficiente para recolher todo material com asfalto das partes a serem levadas;

2) Os resíduos asfálticos resultante da limpeza do equipamento de mistura e espalhamento deverão ser conduzidos para sumidouro em terreno de topo, sem riscos de contaminação do lençol freático.

c) Na conclusão desta atividade, remover os depósitos de ligante e desmobilizar com limpeza o canteiro de obras e as instalações industriais, recompondo as áreas afetadas pelas atividades da construção

6. CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Materiais asfálticos (RL-1C – LA-1C – LA-2C – LA-E)

A condição essencial é que os materiais asfálticos empregados na lama asfáltica tenham características satisfazendo a essa especificação e às especificações complementares e particulares do projeto.

Em todo o carregamento de emulsão que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os ensaios especificados pelas normas ABNT P-EB 599 do anexo VI, que devem ser amplamente satisfatórios nos seguintes ensaios:

- Viscosidade Saybolt Furol (MB-581);
- Peneiração (MB-609) (DNER-ME 005);
- Carga de partícula (NBR-6567), (DNER-ME 002);
- % de CAP residual (determinação do resíduo asfáltico por evaporação).

Havendo indícios de má qualidade da emulsão asfáltica, deverão ser realizados os ensaios citados para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

A emulsão asfáltica que não atender as exigências especificadas não poderão ser utilizadas na lama asfáltica.

6.2 Agregado e Água

A condição essencial é que o agregado empregado na lama asfáltica seja limpo e atenda as exigências especificadas para durabilidade, resistência ao desgaste por abrasão, equivalente de areia e granulometria.

A água para lama asfáltica deve ser limpa e aprovada pela fiscalização, por inspeção visual de sua fonte.

6.2.1 Resistência a abrasão do agregado graúdo (DNER-ME 35)

O agregado graúdo (entre 12,7mm e 4,8mm) para lama asfáltica pode ter um desgaste por abrasão (ensaio Los Angeles) de no máximo 50%.

O projeto ao indicar a pedreira faz o ensaio Los Angeles para verificar o desgaste por abrasão do agregado.

Por ocasião da obra pode ser necessário se verificar o desgaste por abrasão, no início do serviço para confirmar o resultado da pedreira do projeto, a critério da fiscalização, ou no decorrer do serviço quando houver alteração na rocha da pedreira ou quando mudar a pedreira.

O agregado graúdo que apresentar desgaste por abrasão superior ao limite especificado não poderá ser utilizado na lama asfáltica.

6.2.2 Granulometria do filer artificial (DNER-ME 83)

A cada carregamento que chegar à obra será coletada uma amostra e realizado o ensaio de granulometria, devendo obedecer às seguintes percentagens mínimas passando:

PENEIRAS	% PASSANDO
N° 4 (0,42mm)	100
N° 80 (0,18mm)	95
N° 200 (0,074mm)	65

O filer artificial que não atender a granulometria especificada será rejeitado.

6.2.3 Equivalente de areia do agregado miúdo (DNER-ME 54)

A cada traço de lama asfáltica, prepara-se uma amostra da mistura seca de agregados + filer artificial, obedecendo a composição do traço de execução e realiza-se o ensaio de equivalente de areia com o agregado miúdo (passando na peneira n° 4 – 4,8mm).

O ensaio de equivalente de areia deverá ser repetido a cada dia de trabalho e a cada novo traço.

O equivalente de areia mínimo é de 40%.

Caso esta exigência especificada não seja atingida deve-se alterar as proporções dos materiais do traço de execução, ou mudar de agregados.

Toda alteração na composição dos agregados + filer exige a execução de novo ensaio WTAT para conferir o atendimento ao limite de perda máxima de 800g/m² em 1 hora.

6.2.4 Durabilidade (DNER-ME 89)

Quando o agregado pétreo é oriundo de rocha basáltica, diabásica ou de natureza mineralógica sujeita a alterações sob a ação de uma solução de sulfato de sódio ou de magnésio, em cinco ciclos, o projeto o submete ao ensaio de durabilidade.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir o ensaio de durabilidade para as rochas citadas, a título de conferência dos ensaios do projeto.

Havendo afetação das partículas superior a 12% por perda de peso, fendilhamento, quebra, esmagamento ou laminagem a pedreira terá que ser substituída.

6.3 Controle de execução da lama asfáltica

O controle de execução da lama asfáltica consta da conferência das proporções dos agregados e do filer artificial na mistura, a água de molhagem, o teor de emulsão, a taxa de espalhamento, a consistência da massa, a uniformidade do espalhamento, a granulometria dos agregados + filer, a rolagem (se houver) e a liberação ao tráfego.

O caminhão usina possui dois silos para agregados. Havendo 3 agregados, faz-se a mistura prévia de dois agregados afins. p/exemplo areia de campo e areia de rio ou pedrisco e pó de pedra.

6.3.1 Controle do teor de CAP residual e da granulometria

A frequência deste controle é a cada 250m de meia pista (ou faixa de espalhamento), com amostra coletada na caixa distribuidora do caminhão usina para realização dos seguintes ensaios:

a) Teor de CAP residual (DNER-ME 53 – rotarex deixando-se a amostra a 115 – 120°C por 24 horas ao invés de 1 hora).

A tolerância em relação ao teor de CAP residual do traço de execução é de $\pm$ 0,3%.

b) Granulometria da mistura (DNER-ME 83)

Após a extração do asfalto, seca-se o material em estufa e procede-se ao ensaio de granulometria, com as peneiras do item 2.3.

As tolerâncias passando da faixa de projeto do traço de execução são as seguintes

PENEIRAS	TOLERÂNCIAS DA FAIXA DE PROJETO
3/8" (9,5mm) a N° 8 (2,4mm)	± 8%
N° 10 (2,0mm) a N° 50 (0,31mm)	± 6%
N° 80 (0,18mm) a N° 200 (0,074mm)	± 3%

A amostra da mistura de agregado + filer deve atender concomitantemente a faixa granulométrica do projeto do traço de execução e se enquadrar na faixa do item 2.3 escolhida para a composição da mistura.

Caso não seja atendido o teor de CAP residual e/ou a granulometria da mistura, o caminhão usina será paralisado para se proceder aos ajustes necessários, não se aproveitando a mistura já produzida e não utilizada e para a lama asfáltica já espalhada a fiscalização decidirá pelo arranchamento ou pela superposição de outra camada, todos os ônus por conta do construtor.

6.4 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão do serviço sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O controle geométrico da lama asfáltica consiste em evitar o serviço em superfície irregular, fazendo-se os reparos antes de sua aplicação.

8 MEDIÇÃO

A lama asfáltica será medida pela área efetivamente executada, em metros quadrados, de acordo com o Projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, com base no teor de emulsão asfáltica do traço utilizado e da área de lama asfáltica executada.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço contratual para a área de lama asfáltica executada, medida conforme o item 8, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas de material betuminoso nos tanques de estocagem, misturas, mão de obra, encargos, impostos, transportes, materiais, inclusive ligante asfáltico, quando o mesmo não for fornecido pelo contratante e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Micro revestimento asfáltico a frio (MRAF) – consiste na mistura de emulsão asfáltica modificada com polímeros, agregados minerais, material de enchimento (filer) água e aditivos com consistência fluída, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.

Opcionalmente poderão ser incorporadas fibras inorgânicas ou orgânicas, tais como: fibra de vidro, fibra acrílica, fibra de poliester, fibra de polipropileno etc, com a finalidade de se aumentar a flexibilidade e a resistência mecânica a propagação de trincas do revestimento antigo.

O micro revestimento asfáltico à frio pode ser empregado como camada de selagem, impermeabilização e rejuvenescimento ou como camada anti-derrapante de pavimentos.

Não será permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação, em dias de chuva, ou quando a temperatura ambiente estiver abaixo de 10°C.

2 MATERIAIS

a. Ligante betuminoso

O ligante betuminoso será emulsão asfáltica RR-1C-E modificada com polímeros elastoméricos tipo SBS, com ruptura controlada por aditivos.

2.2 Aditivos

Podem ser utilizados aditivos para acelerar ou retardar o processo de ruptura da emulsão na execução do micro revestimento asfáltico à frio. O aditivo utilizado deverá ser compatível com todos os componentes da mistura.

2.3 Água

É responsável pela consistência inicial da mistura. Estará presente na emulsão, poderá estar presente no agregado, ou ainda, ser introduzida no sistema de acordo com o projeto da mistura. Deverá ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais a ruptura da emulsão asfáltica. Será empregada a quantidade necessária a promover consistência adequada.

2.4 Agregados

O agregado de micro revestimento asfáltico a frio é constituído geralmente de pedrisco britado entre as peneiras n° 4 (4,8mm) e n° 40 (0,42mm), pó de pedra, areia ou outro indicado no projeto.

Por inspeção visual, os agregados deverão possuir partículas sãs, duras, limpas, isentas de qualquer cobertura e de torrões de argila.

Deverão apresentar as seguintes características geotécnicas:

a) A resistência ao desgaste por abrasão Los Angeles: igual ou inferior a 40% (DNER-ME-035) no agregado antes da sua britagem;

b) Durabilidade: perda inferior a 12% (DNER-ME-089) só para basaltos e diabásios;

c) Equivalente de areia: igual ou superior a 55% (DNER-ME-054).

2.5 Filer

Deve ser constituído por materiais finamente divididos, tais como: cimento Portland, cal hidratada, pó calcário, etc. Ao ser usado, deve estar seco, isento de grumos e com a granulometria seguinte, sem nenhuma tolerância:

PENEIRA	% PASSANDO EM PESO
Nº 40	100
Nº 80	95 – 100
Nº 200	65 – 100

3 MISTURA ASFÁLTICA

A mistura asfáltica do micro revestimento asfáltico à frio será realizada com base nos ensaios recomendados pela “ISSA” – International Slurry Surfacing Association”.

ISSA – TB-100 – “Wet Track Abrasion” – perda máxima para 1 hora – 500g/m² - perda por abrasão em meio aquoso;

ISSA – TB-109 – “Loaded Wheel Tester e Sand Adhesion” – máximo – 538g/m² excesso de asfalto por efeito de roda e adesão de areia;

ISSA – TB-114 – “Wet Stripping Test” – mínimo – 90% - adesão por molhagem.

3.1 Granulometria da Mistura (DNER-ME 83)

São adotadas as seguintes faixas granulométricas:

Tabela 2 - ISSA A-143

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso			Tolerâncias da faixa de projeto
ASTM	mm	Faixas			
		I	II	III	
1/2"	12,7	-	-	100	-
3/8”	9,5	100	100	85-100	± 5
Nº 4	4,8	90-100	70-90	60-87	± 5
Nº 8	2,36	65-90	45-70	40-60	± 5
Nº 16	1,18	45-70	28-50	28-45	± 5
Nº 30	0,60	30-50	19-34	19-34	± 5
Nº 50	0,30	18-30	12-25	14-25	± 5
Nº 100	0,15	10-21	7-18	8-17	± 5
Nº 200	0,074	5-15	5-15	4-8	± 3
Asfalto residual (% em peso do agregado)		7,5-13,5	6,5-12,0	5,5-7,5	-
Filer (% em peso do agregado)		0-3	0-3	0-3	-
Polímero (% em peso do asfalto residual)		3 mín.	3 mín.	3 mín.	-
Taxa de aplicação (kg/m^2)		5-11	8-16	15-30	-
Espessura (mm)		4-15	6-20	12-37	-

Notas:

1) Quando devidamente justificadas, outras faixas granulométricas poderão ser adotadas.
2) As tolerâncias constantes do quadro são permitidas desde que os limites da faixa não sejam ultrapassados
3) Não serão aceitos agregados acima do tamanho nominal máximo, fora da graduação da mistura. Tais materiais quando da distribuição serão arrastados pela caixa distribuidora, gerando estrias longitudinais que comprometem a qualidade e o acabamento do serviço. Para tanto deverá ser instalada na obra, uma peneira com malha correspondente ao diâmetro máximo de projeto, para através de procedimento prévio eliminar esses agregados.

4) Não se admite que a curva granulométrica varie do máximo passando para o mínimo passando, ou vice versa faixa entre 2 peneiras consecutivas.

Sugestão para o uso:

- Faixa I – para rodovia de tráfego leve;
- Faixas II e III – para rodovias de tráfego pesado, recuperações funcionais, revestimentos fresados;
- A faixa III é usada como a 1ª camada de micro e para preenchimento de depressões, trilhas de roda, devendo ser recoberta com faixa II;
- Há um ganho de qualidade significativo quando o micro revestimento é aplicado em duas camadas, geralmente uma combinação das faixas III e II.

3.2 Características gerais da mistura

A dosagem adequada do micro revestimento asfáltico deve ser obtida com base nos ensaios recomendados pela ISSA - International Slurry Surfacing Association. Um ajuste de dosagem dos componentes do micro revestimento asfáltico pode ser feito nas condições de campo, antes do início do serviço. Os métodos e condições de dosagem são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Métodos e condições de dosagem

Características	Método de ensaio	Limites
Perda por abrasão em meio aquoso – uma hora de imersão (WTAT)	NBR 14746	538 g/m², máximo
Excesso de asfalto por efeito de roda e adesão de areia (LWT)	NBR 14841	538 g/m², máximo
Adesão por molhagem (adesividade)	NBR 14757	90%, mínimo
Coesão por molhagem (30 minutos)	NBR 14798	12 kg.cm, mínimo
Coesão por molhagem (60 minutos)	NBR 14798	20 kg.cm, mínimo
Tempo de mistura, 25 ± 1° C	NBR 14758	120 s, mínimo

O traço deverá ser fornecido em peso, considerando-se a mistura seca, indicando-se as percentagens em peso da água da mistura e da emulsão asfáltica indicada.

A quantidade de água do traço poderá ser ajustada na pista para adequar à trabalhabilidade.

4 EQUIPAMENTO

Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

- Equipamento de limpeza

Para a varredura da superfície a ser tratada é obrigado a disponibilidade de vassouras mecânicas rotativas, o que não exclui o uso complementar de vassouras manuais e de jatos de ar comprimido;

- Equipamento para mistura e espalhamento do micro revestimento.

O Caminhão deve ser equipado com:

a) Silo para agregado miúdo;
b) Silo de filer com alimentador automático;
c) Tanque d’água, munido de mangueira para espargimento d’água;
d) Depósitos separados de emulsão asfáltica e aditivos;
e) Sistema de circulação e alimentação de emulsão asfáltica ajustado com o sistema de alimentação do agregado miúdo, de modo a assegurar perfeito controle de traço;

f) Sistema misturador capaz de processar uma mistura uniforme e de despejar a massa na caixa espalhadora em operação contínua, sem processo de segregação;
g) Chassi – todo o conjunto descrito nos itens anteriores é montado sobre um chassi móvel autopropulsor, ou atrelado a um cavalo mecânico, ou trator de pneus;
h) Caixa distribuidora atrelado por correntes ao chassi, montada sobre borracha tipo neoprene, que se apoia diretamente sobre a superfície a tratar (pavimento), com largura regulável para o serviço em questão, devendo ser suficientemente pesada para garantir uniformidade de distribuição e bom acabamento;
i) Equipamentos manuais, tipo rodo, para correções de excesso e escassez de micro revestimento.

5 EXECUÇÃO

Nas rodovias com tráfego, a aplicação do micro revestimento asfáltico à frio exige uma sinalização muito eficiente. O tráfego deverá ser desviado da faixa a ser trabalhada (meia pista), numa extensão mínima de 300m. A faixa deverá ser muito bem limpa, com vassouras mecânicas ou manuais. Ao mesmo tempo será feita inspeção da faixa, para assinalar qualquer trinca, fissura ou outros pequenos defeitos do pavimento, os quais deverão ser corrigidos, antes da aplicação do micro revestimento asfáltico à frio.

A aplicação do micro revestimento asfáltico à frio deve ser realizada a velocidade constante, a mais reduzida possível, procurando-se observar a consistência da massa, abrindo ou fechando a alimentação d’água, de modo a obter uma consistência uniforme e manter a caixa distribuidora uniformemente carregada de massa. Qualquer defeito de aplicação deverá ser corrigido de imediato.

A falha por escassez é corrigida com a adição de massa e a falha por excesso com a retirada, utilizando-se rodos de madeira ou de borracha. Após as

correções a superfície deverá ser alisada com a passagem suave de um tecido espesso, umedecido com emulsão ou com a própria massa.

Liberação ao tráfego – após a mistura na pista adquirir consistência suficiente para não desagregar (cerca de 1 hora e meia após o espalhamento) pode-se liberar o micro revestimento ao tráfego, com velocidade controladamente reduzida por um período de 24 horas, que é suficiente para a total liberação ao tráfego.

Quando se verificar visualmente a necessidade de rolagem para a estabilização da massa de micro revestimento, deve-se fazê-la com o uso de Rolo de pneus com pressão uniforme de 60 psi (0,43 MPa)

6 PROTEÇÃO AMBIENTAL

A proteção ambiental referente aos serviços de micro revestimento asfáltico à frio, envolve a obtenção e aplicação de agregado pétreo miúdo, areia, estoque e aplicação de material betuminoso. Deve-se observar os seguintes cuidados:

6.1 Agregado

6.1.1 Quando for obtido mediante exploração de ocorrência indicada no projeto, deverão ser considerados os seguintes cuidados:

6.1.1.1 Os agregados somente serão aceitos após a contratada apresentar a licença para exploração da pedreira e/ou do areal à supervisão ambiental, que arquivará cópia da licença junto ao livro de ocorrências da obra;

6.1.1.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;

6.1.1.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;

6.1.1.4 Não provocar queimadas como forma de desmatamento;

6.1.1.5 Evitar que o pó de pedra produzido seja carreado para cursos d`água;

6.1.1.6 Caso o agregado seja adquirido a terceiros, exigir a documentação atestando a regularidade das instalações, bem como sua aprovação junto ao órgão ambiental competente;

6.1.1.7 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da SOP-ES-T 02/00 – Caminhos de serviço e DER-ISA 02/96 – Abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso.

6.2 Ligante asfáltico

6.2.1 O depósito de material asfáltico deve ser instalado em locais afastados de curso d`água;

6.2.2 É vedado o refugo de materiais já usados na faixa de domínio e áreas lindeiras, ou outros locais que possam causar prejuízos ambientais;

6.2.3 Na desmobilização desta atividade incluir a remoção dos depósitos de ligante e efetuar a limpeza do canteiro de obras, recompondo a área afetada pelas operações de construção/execução.

7 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Ligante Asfáltico

A condição essencial é que o ligante asfáltico indicado no micro revestimento asfáltico a frio atenda a essa especificação e às especificações complementares e particulares do projeto.

7.1.1 Emulsão asfáltica

A todo carregamento de emulsão RC-1C-E que chegar à obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os ensaios especificados conforme a seguir:

- Ensaio de viscosidade Saybolt Furol (DNER-ME 004) (ABNT-NBR 14491) – Limites para RC-1C-E: mínimo = 20 sSF, máximo = 100 sSF;

- Ensaio de resíduo por destilação (ABNT-NBR 6568) – Limite para RC-1C-E: mínimo 62% em peso;

- Ensaio de penetração para o resíduo (CAP) da emulsão (DNER-ME 003–Penetração: 100g; 5s; 25°C; 0,1mm) – Limites para RC-1C-E: Min.= 50 x 10^{-1}mm; Máx. = 100 x 10^{-1}mm;

- Recuperação elástica para o resíduo (CAP) da emulsão asfáltica polimerizada por SBS (DNER-ME 382 – 20cm; 25°C; %) – Limite para RC-1C-E polimerizada: mínimo = 75%.

Havendo qualquer indício de má qualidade do ligante asfáltico, deverão ser feitos os ensaios especificados para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

A emulsão asfáltica que não atender os limites especificados não poderá ser utilizada no serviço de MRAF.

7.1.2 Controle do teor de ligante (DNER-ME 53 – rotarex/soxhlet).

Em duas amostras por dia de trabalho, coletadas aleatoriamente na área executada, faz-se o controle do teor de ligante por extração feita no aparelho rotarex ou preferencialmente por refluxo no soxhlet.

A tolerância em relação ao teor indicado no projeto da mistura é de ± 0,3%.

7.2 – Agregados e água

A condição essencial é que o agregado pétreo, antes da britagem, atenda as exigências de resistência a abrasão (LA ≤ 40%) e de durabilidade (perda < 12%) e que o agregado miúdo (passando na peneira N° 4 – 4,8mm) satisfaça a exigência de equivalente de areia (EA ≥ 55%).

A água para MRAF deve ser limpa e aprovada pela fiscalização, por inspeção visual de sua fonte.

7.2.1 Resistência a abrasão do agregado pétreo (DNER-ME 35)

O projeto ao indicar a pedreira faz o ensaio Los Angeles para verificar o desgaste por abrasão do agregado pétreo.

Por ocasião da obra, pode ser necessário se verificar o desgaste por abrasão, no início do serviço, para confirmar o resultado da pedreira de projeto, a critério da fiscalização ou, no decorrer do serviço quando houver alteração na rocha da pedreira ou quando mudar de pedreira.

O agregado pétreo que apresentar desgaste por abrasão superior ao limite especificado não poderá ser utilizado no MRAF.

7.2.2 Durabilidade (DNER-ME 89)

Quando o agregado pétreo é oriundo de rocha basáltica, diabásica ou de natureza mineralógica sujeita a alterações sob a ação de uma solução de sulfato de sódio ou de magnésio, em cinco ciclos, o projeto o submete ao ensaio de durabilidade.

Durante a obra, a critério da fiscalização, pode-se repetir o ensaio de durabilidade para as rochas citadas, a título de conferência dos ensaios do projeto.

Havendo afetação das partículas superior a 12%, por perda de peso, fendilhamento, quebra, esmagamento ou laminagem a pedreira terá que ser substituída.

7.2.3 Equivalente de areia (DNER-ME 54)

Para o agregado da composição da mistura passando na peneira n° 4 (4,8mm) o controle é feito através de 1 ensaio de EA por dia de trabalho. A amostra é coletada nos silos, nas proporções da mistura de projeto, sem o filer artificial e o equivalente de areia mínimo tolerado é de 55%.

7.2.4 Granulometria (DNER-ME 83)

São dois ensaios de granulometria por dia de trabalho. as amostras de agregados + filer são provenientes da extração do ligante pelo rotarex ou soxhlet, após serem secas em estufa, e ensaiadas nas peneiras da faixa granulométrica de projeto, conforme tabela 2 – ISSA A – 143 do Item 3.1.

As duas amostras de agregados + filer devem atender à faixa de projeto e as tolerâncias da faixa de projeto concomitantemente.

7.2.5 Controle de acabamento da superfície

O desempeno da superfície que receberá o MRAF deverá ser corrigido antecipadamente, através de preenchimento de trilhas de roda, panelas, recalques, etc.

O controle do acabamento da superfície tratada com micro revestimento é visual, devendo-se observar a uniformidade da textura e se há escassez de massa.

7.2.6 Condição de aceitação ou rejeição dos serviços

Os serviços serão aceitos se forem atendidas todas as exigências do controle tecnológico, em caso contrário o serviço será rejeitado, devendo a fiscalização indicar a solução que poderá ser a aplicação de uma nova camada de micro revestimento, após decorridos 24 horas da aplicação da camada não aprovada, todos os ônus por conta do construtor.

7.3 – Textura de segurança

A textura de segurança do micro revestimento asfáltico a frio é medida através do ensaio de mancha de areia (ASTM E 1845) realizado aleatoriamente em pontos da superfície tratada.

A espessura de areia no ensaio será considerada com textura de segurança quando estiver entre 0,3mm e 1,2mm.

7.4 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes a performance dos serviços de modo que na conclusão do serviço sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado pela construção.

8 MEDIÇÃO

O micro revestimento asfáltico à Frio será medido pela área efetivamente executada, em metros quadrados de acordo com o projeto.

O ligante asfáltico será medido pelo peso em toneladas efetivamente aplicado, com base no teor de emulsão asfáltica do traço utilizado e da área de micro revestimento asfáltico a frio executada.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço contratual para área executada, medida conforme o item 8, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, armazenamento e perdas de material asfáltico nos tanques de estocagem, misturas, mão de obra, encargos, impostos, transportes, materiais, inclusive o ligante asfáltico, quando o mesmo não for fornecido pelo contratante e lucro.

1 DEFINIÇÃO

A reciclagem de um revestimento asfáltico envelhecido e oxidado compreende a operação de retirada parcial ou total do revestimento e reutilização do mesmo, com adição de agente rejuvenescedor, objetivando reconstituir suas características originais ou melhorá-las e atender aos alinhamentos, greide e seção transversal do projeto.

No projeto será indicada a espessura a ser fresada com os teores do agente rejuvenescedor e a incorporação ou não de novos agregados.

O processo da reciclagem poderá ser executado no local com equipamento apropriado para esta finalidade e poderá ser feito a frio e/ou a quente.

Na reciclagem a frio utiliza-se um agente rejuvenescedor derivado do petróleo, tendo como veículo uma emulsão asfáltica, preferencialmente de ruptura lenta (RL). Na reciclagem a quente utiliza-se um agente rejuvenescedor à base de hidrocarbonetos puros ou misturados com cimento asfáltico de petróleo (CAP).

O material asfáltico reciclado pode ser empregado como revestimento, base, regularização ou reforço na restauração de pavimentos.

2 MATERIAL

Os materiais constituintes do revestimento reciclado no local são a mistura asfáltica a reciclar, o agregado mineral adicional, o ligante betuminoso adicional, material de enchimento (filer) e o agente de reciclagem, quando necessário, os quais devem satisfazer estas especificações e as condições específicas do projeto.

a) Ligante asfáltico adicional

O ligante asfáltico poderá ser cimento asfáltico de petróleo (CAP) para a reciclagem à quente e emulsão asfáltica para a reciclagem a frio, puros ou misturados com agente de reciclagem, satisfazendo as especificações e as condições indicadas no projeto.

b) Agente de rejuvenescimento

Podem ser empregados agentes rejuvenescedores capazes de recuperar o ligante da antiga mistura asfáltica a reciclar, restabelecendo suas características físicas e químicas iguais ou próximas do ligante original, ou outro tipo de ligante definido no projeto.

A quantidade a ser adicionada na mistura asfáltica a reciclar será definida no projeto.

O agente de rejuvenescimento para reciclagem a quente é composto de hidrocarbonetos, podendo ser empregados hidrocarbonetos puros ou misturados com cimento asfáltico de petróleo (CAP) ao ser incorporado ao material fresado. Para reciclagem a frio emprega-se a emulsão asfáltica preferencialmente de ruptura lenta (RL).

c) Agregados

Os agregados adicionados na reciclagem devem obedecer às especificações previstas para utilização de agregados nas misturas asfálticas em função do tipo da mistura definida no projeto.

Os agregados adicionais devem apresentar boa adesividade ao ligante betuminoso quando submetidos aos ensaios: DNER-ME 078 e DNER-ME 079 (adesividade de agregado graúdo e miúdo).

d) Filer (material de enchimento)

Deve ser constituído por materiais finamente divididos, tais como, cimento Portland, cal extinta, pó calcário, etc., que atendam a seguinte granulometria (DNER –ME 083).

PENEIRA	% MÍNIMA PASSANDO
N^0 40	100
N^0 80	95
N^0 200	65

e) Revestimento asfáltico a reciclar

O revestimento asfáltico a reciclar é obtido da remoção a quente ou a frio da camada asfáltica existente do pavimento.

f) Composição da mistura reciclada

A composição da mistura reciclada deve satisfazer as faixas granulométricas previstas para a nova camada asfáltica, conforme projeto.

3 EQUIPAMENTO

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado e estar de acordo com esta especificação. Os equipamentos para execução dos serviços de fresagem e reciclagem são os seguintes:

3.1 Equipamento para remoção da camada asfáltica

A camada asfáltica antes da reciclagem deverá ser removida por um dos seguintes processos.

3.1.1 Por fresagem mecânica a quente

A fresagem da camada asfáltica deverá ser feita por aquecimento a uma temperatura suficiente e necessária para remoção com o emprego de dispositivo que não provoque degradação ou oxidação do ligante residual;

3.1.2 Por fresagem mecânica a frio

A fresagem da camada asfáltica deverá ser feita com o emprego de dispositivo capaz de efetuar o corte no revestimento asfáltico a reciclar de acordo com a espessura indicada no projeto.

O equipamento para remoção do pavimento deverá ter dispositivo de reciclagem compatível com a espessura da camada que será removida.

3.2 Equipamento para reciclagem

A reciclagem do revestimento asfáltico poderá será realizada no local com equipamento apropriado para esta finalidade ou em usina móvel tipo rolo-secador-misturador.

No equipamento para reciclagem ou na usina tipo rolo-secador-misturador autopropelida, o material removido do pavimento será misturado com agregado mineral ou mistura asfáltica adicional, ligante asfáltico adicional e, se necessário, agente de reciclagem de acordo com o projeto.

3.3 Tanque para ligante asfáltico

O tanque de ligante asfáltico para a reciclagem a quente deverá possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas indicadas no projeto. O aquecimento deverá ser feito através e dispositivos que evite qualquer superaquecimento localizado. Deverá ser instalado sistema de recirculação para o

ligante asfáltico, de modo a garantir a circulação contínua do depósito ao misturador durante todo o período de operação.

3.4 Espalhamento

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadora automotriz acoplada ao conjunto de reciclagem da mistura, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento previstos no projeto.

3.5 Compactação

O equipamento para compactação será constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos autopropelidos devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem da pressão variável dos pneus de 0,25MPa a 0,84MPa (25 a 120 psi).

O equipamento deverá ser suficiente para compactar o revestimento à densidade do projeto, enquanto esta se encontra em condições de trabalhabilidade.

4 EXECUÇÃO

Deverá ser realizada pintura de ligação antes da aplicação da mistura reciclada quando no processo da reciclagem a superfície do pavimento não foi previamente aquecida para sua remoção.

As quantidades de agregados, ligante asfáltico e agente de reciclagem a serem adicionados na mistura deverão estar de acordo com as especificações estabelecidas no projeto.

As operações de execução obedecerão às especificações indicadas para cada tipo de revestimento reciclado e aplicado, de acordo com o projeto.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Para execução de revestimento asfáltico reciclado são necessários trabalhos envolvendo a utilização de ligantes asfálticos e agregados, além da operação de usina misturadora.

Os cuidados a serem observados para fins de proteção ambiental envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque e a operação da usina, conforme indicação de projeto.

Sendo assim, devem ser obedecidas todas as recomendações de proteção ambiental referente aos serviços de revestimento, conforme as especificações estabelecidas no projeto.

6 CONTROLE

6.1 Material

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório e deverão atender as especificações indicadas no projeto.

6.2 Execução

O controle de execução deve ser seguido de acordo com as especificações para cada tipo de revestimento reciclado.

6.3 Controle geométrico e critérios de aceitação

Após a execução da reciclagem do revestimento asfáltico, proceder-se-á ao controle geométrico com verificação final da qualidade do revestimento reciclado envolvendo medida de espessura do revestimento, alinhamento do eixo e bordos, acabamento da superfície e as condições de segurança do revestimento reciclado.

Os controles devem obedecer às especificações pertinentes para cada tipo de revestimento reciclado, caso contrário não será aceito o serviço. Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

7 MEDIÇÃO

O revestimento reciclado será medido pela área executada, em metros quadrados, considerando-se a área efetivamente executada, distinguindo-se as faixas de espessuras de fresagem projetadas.

O ligante asfáltico adicional será medido pelo peso em toneladas com base no traço da mistura efetivamente executada.

O agente de reciclagem quando utilizado será medido pelo peso em quilograma efetivamente de acordo com o projeto.

8 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para as quantidades medidas conforme o item 7, estando nele incluído todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, ferramentas, mão-de-obra, encargos sociais, materiais, transportes, eventuais bem como a indenização de materiais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

O revestimento asfáltico reciclado em usina fixa é composto de uma mistura realizada em usina utilizando-se como agregado o material asfáltico removido do pavimento existente, ligante asfáltico e agregados adicionais e, se necessário, material de enchimento (filer) e agente de reciclagem misturado, espalhado e compactado à quente e/ou à frio.

Na reciclagem à frio utiliza-se um agente rejuvenescedor derivado do petróleo, tendo como veículo uma emulsão asfáltica, preferencialmente de ruptura lenta (RL).

Na reciclagem à quente utiliza-se um agente rejuvenescedor a base de hidrocarbonetos puros ou misturados com cimento asfáltico de petróleo (CAP).

O material reciclado pode ser empregado como revestimento, base, regularização e reforço na restauração de pavimentos.

2 MATERIAL

Os materiais constituintes do revestimento reciclado em usina fixa são: misturas asfálticas a reciclar, agregado mineral adicional, ligante asfáltico adicional, material de enchimento (filer) e agente de reciclagem, quando necessário, os quais devem satisfazer estas especificações e as condições específicas do projeto.

a) Ligante asfáltico adicional

O ligante asfáltico poderá ser cimento asfáltico de petróleo (CAP) para a reciclagem à quente e emulsão asfáltica para a reciclagem a frio, puros ou misturados com agente de reciclagem, satisfazendo as especificações e as condições indicadas no projeto.

b) Agente de rejuvenescimento

Podem ser empregados agentes rejuvenescedores capazes de recuperar o ligante da antiga mistura asfáltica a reciclar, restabelecendo suas características físicas e químicas iguais ou próximas do ligante original, ou outro tipo de ligante definido no projeto.

A quantidade a ser adicionada na mistura asfáltica a reciclar será definida no projeto.

O agente de rejuvenescimento para reciclagem a quente é composto de hidrocarbonetos, podendo ser empregado puro ou misturado com cimento asfáltico de petróleo (CAP) ao ser incorporado ao material fresado. Para reciclagem a frio emprega-se a emulsão asfáltica preferencialmente de ruptura lenta (RL).

c) Agregados

Os agregados graúdos e miúdo adicionados na reciclagem devem obedecer às especificações previstas para utilização de agregados nas misturas betuminosas em função do tipo da mistura definida no projeto.

O agregado graúdo pode ser brita e seixo rolado britados ou outro material indicado nas especificações complementares. O agregado graúdo deve ser constituído por fragmentos sãos, duráveis, livres de torrões de argila e das substâncias nocivas e apresentar as seguintes características:

- desgaste Los Angeles igual ou inferior a 45% (DNER-ME 035)
- índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086)
- durabilidade, apresentar perda inferior a 12% (DNER-ME 089), para basaltos e diabásios

- a granulometria dos agregados deve obedecer às faixas granulométricas especificadas em função do tipo da mistura definida no projeto.

O agregado miúdo pode ser areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes e apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila, raízes e de substâncias nocivas. Deverá ainda apresentar:

- equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 079)

d) Adesividade satisfatória

Os agregados graúdos e miúdo adicionais devem apresentar boa adesividade ao ligante asfáltico quando submetidos aos ensaios: DNER-ME 078 e DNER-ME 079 (Adesividade de Agregados Graúdos e Miúdos).

e) Filer (material de enchimento)

Deve ser constituído por materiais finamente divididos, tais como, cimento portland, cal extinta, pós calcários, etc., que atendam a seguinte granulometria (DNER –ME 083).

PENEIRA	% MÍNIMA PASSANDO
Nº 40	100
Nº 80	95
Nº 200	65

Quando da aplicação deverá estar seco e isento de grumos.

f) Revestimento asfáltico a reciclar

O revestimento asfáltico a reciclar é obtido da remoção a quente ou a frio da camada asfáltica existente do pavimento.

g) Composição da mistura reciclada

A composição da mistura reciclada deve satisfazer as faixas granulométricas previstas para cada tipo de revestimento reciclados, conforme projeto.

3 EQUIPAMENTOS

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado e estar de acordo com esta especificação. Os equipamentos para execução dos serviços de fresagem e reciclagem são os seguintes:

3.1 Equipamento para remoção da camada asfáltica

A camada asfáltica antes da reciclagem deverá ser removida.

3.1.1 Por fresagem mecânica a quente

A fresagem da camada asfáltica deverá ser feita por aquecimento a uma temperatura suficiente e necessária para remoção com o emprego de dispositivo que não provoque degradação ou oxidação do ligante residual;

3.1.2 Por fresagem mecânica a frio

A fresagem da camada asfáltica deverá ser feita com o emprego de dispositivo capaz de efetuar o corte no revestimento asfáltico a reciclar, de acordo com a espessura indicada no projeto.

O equipamento para remoção do pavimento deverá ter dispositivo da fresagem compatível com a espessura da camada que será removida.

3.2 Usina para reciclagem

A reciclagem de material asfáltico será feita em usina do tipo rolo-secador-misturador ou poderá ser realizada no local, com equipamento apropriado para esta finalidade.

Na usina o material asfáltico removido do pavimento será misturado com agregado mineral adicional, ligante asfáltico adicional e, se necessário agente de reciclagem, de acordo com o projeto.

A pulverização do revestimento asfáltico a reciclar se dá durante as etapas do processo de fresagem e usinagem.

3.3 Tanque para ligante asfáltico

O tanque de ligante asfáltico para a reciclagem a quente deverá possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas indicadas no projeto. O aquecimento deverá ser feito através de dispositivos que evite qualquer superaquecimento localizado. Deverá ser instalado sistema de recirculação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a circulação desembaraçada e contínua do depósito ao misturador, durante todo o período de operação.

3.4 Espalhamento

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadora automotriz tipo vibroacabadora, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento previstos no projeto. No caso de base o espalhamento pode ser feito com motoniveladora.

3.5 - Compactação

O equipamento para compactação será constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos autopropelidos devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem da pressão variável dos pneus de 0,25MPa a 0,84MPa (25 a 120 psi).

O equipamento utilizado na compactação do revestimento reciclado deverá ser suficiente para comprimir o revestimento à densidade do projeto, enquanto este se encontrar em condições de trabalhabilidade.

4 EXECUÇÃO

Deverá ser realizada pintura de ligação antes da aplicação da mistura reciclada, quando no processo da reciclagem a superfície do pavimento não foi previamente aquecida para sua remoção.

As quantidades de agregados, ligante asfáltico e agente de reciclagem a serem incorporados na mistura deverão estar de acordo com as especificações estabelecidas no projeto.

As operações de execução obedecerão às especificações indicadas para cada tipo de revestimento reciclado e aplicado, de acordo com o projeto.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Para execução de revestimento asfáltico reciclado são necessários trabalhos envolvendo a utilização de ligantes betuminosos e agregados, além da instalação de usina misturadora.

Os cuidados a serem observados para fins de proteção ambiental envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque de ligantes e operação da usina, conforme indicação de projeto.

Sendo assim, devem ser obedecidas todas as recomendações de proteção ambiental referente aos serviços de revestimento, conforme as especificações estabelecidas no projeto.

6 CONTROLE

6.1 Materiais

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório e deverão atender as especificações indicadas no projeto.

6.2 Execução

O controle de execução deve ser seguido de acordo com as especificações para cada tipo de revestimento reciclado.

6.3 Controle geométrico e critérios de aceitação

Após a execução da reciclagem do revestimento asfáltico, proceder-se-á ao controle geométrico com verificação final da qualidade do revestimento reciclado envolvendo medida de espessura do revestimento, alinhamento do eixo e bordos, acabamento da superfície e as condições de segurança do revestimento reciclado.

Os controles devem obedecer às especificações pertinentes para cada tipo de revestimento reciclado, caso contrário não será aceito o serviço. Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

7 MEDIÇÃO

O revestimento reciclado será medido em m^2, considerando-se a área efetivamente executada, distinguindo-se as faixas de espessuras de fresagem projetadas.

O ligante asfáltico adicional e o agente de rejuvenescimento serão medidos pelo peso efetivamente utilizados, em toneladas e em quilogramas respectivamente, conforme previsto no projeto.

8 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual de cada quantidade medida conforme item 7, estando neles incluídos todos os custos das fases de execução, tais como: utilização de equipamentos, ferramentas, mão-de-obra, encargos sociais, materiais, estocagem, transportes, eventuais, bem como a indenização de materiais e lucro.

FRESAGEM A FRIO DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO

1 DEFINIÇÃO

Fresagem a frio é o serviço de corte ou desbaste de uma ou mais camadas do revestimento asfáltico por meio de processo mecânico, sem qualquer pré-aquecimento, tendo por finalidade a remoção previa de um revestimento com defeitos para posterior execução de novo revestimento ou para permitir a reciclagem com melhoramento de camadas do pavimento.

Ela geralmente é executada em revestimentos asfálticos com remendos, em mau estado, áreas adjacentes a panelas, rupturas plásticas, corrugações, costelas ou ondulações transversais, áreas com grande concentração de trincas e outros defeitos.

2 MATERIAIS

Os materiais resultantes da fresagem podem ser destinados à reciclagem ou à mistura com outros materiais ou depositados em locais de bota-fora conforme a indicação do projeto.

3 EQUIPAMENTO

3.1 Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço. O equipamento mínimo é o fixado em contrato.

3.2 Máquina fresadora

3.2.1 - Material permanente

A máquina fresadora deverá ter capacidade mecânica e dimensões que permitam: a execução da fresagem de maneira uniforme; possua comando hidráulico

que permita variações na espessura de fresagem; largura indicada no projeto (mínimo 0,20 e máximo 3,80m); capacidade de nivelamento automático para se ter a inclinação transversal do projeto; dispositivo para a remoção do material fresado simultaneamente à operação da fresagem; elevador do material para a caçamba do caminhão basculante; aspersor de água para controlar a emissão de poeira. Os dentes do tambor fresador devem ser cambiáveis e permitir que sejam extraídos e montados por procedimentos simples, visando o controle da largura de corte.

3.2.2 Material de consumo

São também considerados como materiais de consumo da máquina fresadora:

- Porta dente para fresadora;
- Apoio do porta dente p/fresadora;
- Dente p/fresadora

3.3 Caminhão basculante, com capacidade de 12 m³.

3.4 Caminhão tanque, com capacidade 6.00 litros.

3.5 Carregadeira de pneus, com potência de 111 HP.

4 EXECUÇÃO

A fresagem a frio é feita através de cortes por movimento rotativo contínuo, seguido da elevação do material fresado para a caçamba do caminhão basculante.

A profundidade ou espessura da fresagem é estabelecida no projeto. Quando a camada a ser fresada tiver espessura variável e resultar placas instáveis no fundo da fresagem, estas placas instáveis deverão ser removidas por processos

manuais ou pelo aumento da profundidade de fresagem para eliminação desses resíduos.

Quando o material fresado for destinado à reciclagem, toda área a ser fresada deverá ter a sua superfície antecipadamente limpa por meio de varrição mecânica.

Durante a fresagem deve ser mantida a operação de jateamento de água para resfriamento dos dentes da fresadora e controle da emissão de poeira.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados no serviço de fresagem são referentes a segurança viária, estacionamento dos equipamentos e áreas de bota-foras dos materiais não aproveitáveis.

5.1 A segurança viária envolve a sinalização de obra porque a fresagem é feita geralmente conciliando-se o serviço com o tráfego usuário. É também obrigatório o uso de EPI (equipamentos de proteção individual) pelos trabalhadores.

5.2 As áreas destinadas ao estacionamento dos equipamentos deverão se situar fora da rodovia para não interferir com o tráfego e deverão ser tomados todos os cuidados para que resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para cursos d'água.

5.3 Nos locais de bota-fora de materiais fresados, a área deverá ser regularizada favorecendo a drenagem natural.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

No caso de reciclagem do material fresado, o controle será feito pela limpeza prévia da superfície do revestimento para evitar contaminações indesejáveis.

6.2 Controle de execução

6.2.1 Controle da superfície e da profundidade

A fresagem será controlada pela conferência das dimensões da área indicada no projeto e pela profundidade ou espessura de fresagem, admitindo-se uma variação de ± 10mm na espessura de projeto.

Se por qualquer motivo resultar placas instáveis do revestimento asfáltico após a fresagem estas placas instáveis deverão ser removidas antes da execução do novo revestimento.

6.2.2 Controle do desempeno e textura da superfície fresada

O desempeno da superfície é controlado visualmente, sendo considerado satisfatório quando se observar caimento irregular.

A textura da superfície deverá ser uniforme, sendo que os sulcos não podem ultrapassar 5mm.

6.2.3 Aceitação dos serviços

Os serviços de fresagem serão aceitos quando atenderem o desempeno da superfície, a textura superficial, as dimensões da área e a profundidade ou espessura do projeto.

7 MEDIÇÃO

A fresagem a frio do revestimento asfáltico é medida pelo volume (V) da camada executada, em metros cúbicos, calculado conforme as dimensões do projeto.

8 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para o volume de revestimento fresado, medido conforme o item anterior estando nele incluído todos os custos de execução, tais como equipamentos, veículos, ferramentas, mão de obra, encargos, transporte, impostos, eventuais e lucro.

1 DEFINIÇÃO

Calçamento é a camada de um pavimento constituído de blocos de pedra justapostos, cravados de topo por percussão e apoiados em colchão de areia confinado lateralmente por peças prismáticas de pedra ou de concreto – tipo guia – seu comportamento estrutural sendo definido como intertravado.

Considera-se nesta especificação apenas os blocos de pedra reservando-se nomes especiais para outros tipos de materiais. O calçamento pode ser:

- de pedra tosca, quando os blocos de pedra têm dimensões limitadas, mas são de formas irregulares. É também chamado de calçamento de pedra poliédrica irregular;

- de paralelepípedos, quando os blocos de pedra têm dimensões limitadas e possuem formato de paralelepípedo retângulo.

Na estrutura de um pavimento o calçamento funciona geralmente como revestimento ou como base (no caso de receber uma camada sobrejacente, geralmente asfáltica). Mais raramente, o calçamento de pedra tosca pode funcionar como uma sub-base. No caso de um bom subleito o calçamento sozinho pode constituir o pavimento.

2 MATERIAIS

2.1 Rocha

A rocha deverá ser homogênea, sem fendilhamento, sem alterações, possuir boas condições de dureza e de tenacidade e apresentar um desgaste Los Angeles (DNER-ME 35) inferior a 40%.

As rochas graníticas são as mais apropriadas.

2.2 Blocos de pedra

As pedras toscas serão amarroadas de forma a apresentar uma face plana, que será a face superior, e ter dimensões que possam se inscrever num círculo de 10 a 20cm de diâmetro e tenham alturas variando entre 10 e 15cm.

Os paralelepípedos devem se aproximar o mais possível da forma prevista, com faces sem saliências nem reentrâncias acentuadas e com arestas em linhas retas perpendiculares entre si. Os limites das dimensões dos paralelepípedos são os seguintes:

LARGURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ALTURA (cm)
14 a 17	17 a 23	11 a 14

Observação: em média um milheiro de paralelepípedo cobre cerca de 30m^2, ou seja, são precisas 33 peças por metro quadrado.

2.3 Guias

As guias de pedra ou de concreto simples devem ter as seguintes dimensões:

LARGURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ALTURA (cm)
10 a 15	80 a 100	40 a 50

Quando a guia for de concreto simples, este deverá apresentar uma resistência mínima aos vinte e oito dias de Rc $\geq$ 15 MPa e obedecer a especificação SOP-ES-OAE 02/19 (concretos e argamassas) no tocante a materiais, equipamentos, execução e controle.

Quando as guias são assentadas com face superior ao nível do meio-fio elas são denominadas, meio-fio tipo guia. Quando essa face fica ao nível do calçamento a guia é denominada de cordão.

2.4 Areia

A areia para o colchão, de onde os blocos de pedras serão apoiados, poderá ser de rio ou de campo. Ela deverá ser constituída de partículas limpas, duras e duráveis, apresentar índice de plasticidade nulo e ter a seguinte granulometria.

PENEIRA	% PASSANDO
Nº 4 (4,8mm)	100
Nº 80 (0,16mm)	20 – 30
Nº 200 (0,074mm)	2 – 12

Essa areia poderá ser empregada também no preenchimento de vazios deixados pelas juntas entre os blocos de pedra.

3 EQUIPAMENTOS

Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço. O equipamento é o fixado no contrato.

- Motoniveladora com potência suficiente para espalhar, destorroar, misturar e homogeneizar o colchão de areia.
- Rolo Liso Metálico autopropulsor, com peso de 10 a 12 toneladas.
- Ferramentas Manuais: maço, martelo de calceteiro, ponteiro de aço, pás, picaretas, carrinhos de mão, réguas, nível de pedreiro, colher de pedreiro, cordel, vassouras.
- Caldeira para Cimento Asfáltico de Petróleo.

4 EXECUÇÃO

As obras de terraplenagem, de bueiros, de drenagem profunda e a regularização e estabilização da camada que servirá de base do calçamento

(geralmente uma camada de solo obedecendo as especificações de sub-base, SOP-ES-P 03/19) deverão estar concluídas.

a) Assentamento das Guias

A vala para assentamento das guias (ou cordões) deverá obedecer ao alinhamento, perfil e dimensões estabelecidas no projeto. O fundo da vala deverá ser apiloado e regularizado, deixando-o na cota desejada. Sobre o fundo da vala regularizado será lançado um lastro com espessura de 10cm que poderá ser de brita (diâmetro máximo = 19mm) ou de concreto magro (Rc28 $\approx$ 10 MPa).

As guias serão assentes nas valas, sobre o lastro, com a face que não apresente falhas para cima, obedecendo o alinhamento e as cotas do projeto. As guias serão rejuntadas com argamassa de cimento e areia no traço 1:3.

O material escavado da vala deverá ser reposto e apiloado ao lado da guia, após o assentamento da mesma. No caso de cordão o material da escavação se constituirá bota-fora.

b) Colchão de areia

A areia, satisfazendo as especificações, deverá ser transportada em caminhões basculantes, enleiradas na pista e espalhadas regularmente na área contida pelas guias, devendo a camada de areia ficar com espessura de 7cm a 10cm.

c) Assentamento dos blocos de pedra

Tanto os blocos de pedras toscas como os paralelepípedos podem ser transportados de caminhões basculantes ou de carroceria. Sua distribuição será feita ao longo do intervalo a ser calçamentado, de preferência ao lado da pista. Caso tenha-se que distribuí-los dentro da pista, faz-se em fileiras longitudinais (paralelas

ao eixo), interrompidas a cada 2,50m para permitir a implantação das linhas de referência para o assentamento dos blocos de pedra.

Os blocos de pedra toscas e os de paralelepípedos serão assentes sobre o colchão de areia em linhas perpendiculares ao eixo da pista, obedecendo as cotas e abaulamentos do projeto. Em tangente, o abaulamento será feito por duas rampas, opostas a partir do eixo, com declividade variando entre 3% e 4%, salvo outra indicação do projeto. Nas curvas, a declividade transversal será a indicada pela superelevação projetada.

As juntas de cada fiada de pedra deverão ser alternadas com relação às das duas fiadas vizinhas de tal modo que cada junta fique em frente ao bloco de pedra, no seu terço médio.

A colocação dos blocos de pedras deverá ser feita da seguinte maneira:

c.1 Para o calçamento de pedra tosca:

Pedras mestras – são as primeiras pedras assentes espaçadamente, de conformidade com o greide e abaulamento transversal do projeto, destinadas a servir de referência para o assentamento das demais pedras.

Inicialmente assentam-se cinco linhas de pedras mestras, paralelas ao eixo da rodovia, nos seguintes locais: eixo da pista, bordo esquerdo, bordo direito, meio da faixa de tráfego esquerda, meio da faixa de tráfego direita. Em cada linha as pedras mestras são espaçadas de 2,50m uma das outras. A distância entre dois alinhamentos de pedras mestras não deve ser superior a 2,50m. A cota de cada pedra mestra, antes da compressão, deverá ficar 1cm acima da cota de projeto.

No assentamento das demais pedras, sempre em fileiras perpendiculares ao eixo, deve-se proceder da seguinte maneira: o operário escolhe

a face de rolamento e, com o martelo, fixa a pedra no colchão de areia, com essa face para cima. Após o assentamento da primeira pedra, assenta-se igualmente a segunda, escolhendo-se convenientemente a face de rolamento e a face que vai encostar na pedra já assentada. As pedras devem se tocar com suas vizinhas, formando-se as juntas pelas irregularidades das duas faces, não podendo essas juntas serem alinhadas nem exceder a 1,5cm para não reduzir o intertravamento.

As demais pedras serão assentes com os mesmos cuidados.

Como as pedras são irregulares, a boa qualidade do assentamento depende muito da habilidade do calceteiro. Mesmo com os cuidados necessários, sempre aparecerão juntas mais alargadas, devendo nestes casos serem preenchidas (acunhadas) com pedras menores.

Igualmente às pedras mestras, as demais pedras antes da compressão ficarão 1cm acima das cotas de projeto.

c.2 Para o calçamento de paralelepípedos

Inicialmente cravam-se três pares de ponteiros de aço, cada ponteiro distanciado do seu par em no máximo 10 metros, nos seguintes alinhamentos de referência: eixo da rodovia, bordo esquerdo e bordo direito do calçamento.

Marca-se com giz nestes ponteiros, as cotas superiores da camada de acordo com o projeto. Distende-se fortemente cordéis longitudinais a rodovia entre ponteiros do mesmo alinhamento. Transversalmente ao eixo, com uso de ponteiros auxiliares, distende-se a cada 2,50m, ou menor se for necessário, cordéis do eixo para cada bordo.

Colocada a rede de cordéis, inicia-se o assentamento da primeira fileira de paralelepípedos, ao lado de um dos cordéis transversais. O paralelepípedo é assentado sobre o colchão de areia, de modo que sua face superior fique cerca de 1cm acima do cordel, em seguida o calceteiro golpeia o paralelepípedo, o segundo será colocado ao seu lado, tocando nos seus vizinhos, formando uma junta apenas pelas irregularidades das faces dos paralelepípedos, sendo assentado igualmente ao primeiro. A fileira deve progredir pelo alinhamento do cordel até encontrar a guia (ou cordão) de confinamento. A segunda fileira deverá ser assente fazendo-se coincidir as juntas entre pedras com o terço médio dos paralelepípedos da 1ª fileira, e assim por diante, procurando-se tanto quanto possível fazer a coincidência das juntas entre pedras das fileiras alternadas.

No encontro com as guias, o paralelepípedo de uma fileira deve ter comprimento aproximadamente igual à metade do paralelepípedo da fileira vizinha.

As juntas longitudinais e transversais não poderão exceder a 1,5cm.

Nos trechos em curva com grande raio, deve-se manter as fileiras normais ao eixo, jogando-se com os tamanhos das pedras e com a abertura das juntas entre fileiras. Por exemplo: para uma pista de 7 metros de largura, curvas com raio acima de 86m permitem esse procedimento sem que a junta ultrapasse 1,5cm de largura.

Nos trechos em curva de pequeno raio, há necessidade de se produzir algumas pedras com base de formato trapezoidal, conforme ilustração N^0 3 adiante.

Consumo médio: 1 milheiro de pedras para 30m^2 de calçamento em paralelepípedo

d) Compressão

Tanto para o calçamento em pedras toscas como para o calçamento de paralelepípedo, a compressão é feita com a utilização de rolo de cilindro metálico autopropulsor, com peso entre 10 e 12 toneladas.

Antes da compressão com o rolo metálico, joga-se areia sobre o calçamento, na quantidade suficiente para preencher as juntas e formar uma camada sobre o calçamento de aproximadamente 2cm. Para ajudar no preenchimento das juntas deve-se utilizar vassouras no espalhamento da areia de compressão. As pedras sob a camada de areia devem ser batidas inicialmente com compactador manual tipo placa vibratória ou com soquete manual tipo maço e em seguida passa-se rolo compressor, começando-se pelo ponto de menor cota para o de maior cota na seção transversal.

Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, em pelo menos metade da largura rolada. O número de passadas, assim executadas, é de 3 vezes no mínimo.

Terminada a compressão, o excesso de areia sobre o calçamento é retirado com vassouras. Se o calçamento for receber um revestimento com mistura asfáltica, além da varredura, deve-se lavar a pista com passadas rápidas do carro pipa, antes da execução da pintura de ligação do calçamento com o revestimento.

e) Rejuntamento

O calçamento de pedra tosca é rejuntado simplesmente com areia.

O calçamento de paralelepípedos é rejuntado simplesmente com areia ou com areia encimada com cimento asfáltico, nos últimos 3 a 4cm superiores das juntas.

São utilizados os cimentos asfálticos de petróleo: CAP-30/45 ou CAP-50/70 (classificação por penetração) que são colocados a quente nas juntas, com auxílio de

regadores tipo bico de pato. A temperatura de aplicação varia com o tipo de CAP, mas deve ser tal que proporcione ao ligante a viscosidade necessária à sua penetração nas juntas dos paralelepípedos, sem falhas no seu enchimento.

f) Proteção e entrega ao tráfego

Durante todo período de construção e até a sua conclusão, deverão ser construídas valetas provisórias e outras providências que desviem as enxurradas e danos causados por águas de chuva.

Não será permitido o tráfego de veículos sobre o calçamento em construção.

Entrega ao tráfego:

- calçamento em pedra tosca – logo após concluída a operação de compressão;
- calçamento em paralelepípedos - quando o rejuntamento for feito com areia, logo após concluída a operação de compressão;
- quando o rejuntamento for feito com cimento asfáltico, só após a compressão e o completo endurecimento do material betuminoso.

g) Ilustrações

Os princípios para o assentamento dos blocos de pedra são os seguintes:

- sua maior dimensão, o comprimento, deve ficar perpendicular à direção do tráfego.
- a menor dimensão da pedra deve ser a sua altura.

Logicamente, as pedras especiais de acunhamento, cantoneiras, etc, não estão obrigadas a obedecer a esses princípios.

Apresenta-se ao final dessa especificação seis ilustrações com exemplos de assentamentos de pedras de calçamento em paralelepípedos, que com menor rigor, devido as irregularidades das pedras, devem ser também seguidas no assentamento dos Calçamentos de Pedra Tosca.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Os cuidados com a preservação do meio ambiente nos serviços de calçamentos, envolvem a obtenção e aplicação de pedras poliédricas, paralelepípedos e areia.

5.1 Pedras poliédricas / paralelepípedos

a) Somente serão aceitas as pedras poliédricas/paralelepípedos mediante aprovação da licença ambiental para exploração da pedreira;

b) Evitar a localização da pedreira e das instalações industriais de obtenção dos materiais pétreos em área de preservação ambiental;

c) Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;

d) Não provocar queimadas como forma de desmatamento;

e) Exigir documentação atestando a regularidade das instalações, bem como sua operação junto a órgão ambiental competente, quando o material pétreo for fornecido por terceiros;

f) As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da SOP-ES-T-02/18 e DERT-ISA 02/99 – Abertura de trilhas, caminhos de serviços e estradas de acesso.

5.2 Areia

a) A areia somente será aceita após apresentação da licença ambiental de exploração do areal;

b) Evitar a exploração do areal em área de preservação ambiental;

c) Planejar adequadamente a exploração do areal de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

d) Não provocar queimadas como forma de desmatamento;

e) Exigir documentação atestando a regularidade das instalações, bem como sua operação junto a órgão ambiental competente, quando a areia for fornecida por terceiros;

f) As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da SOP-ES-T-02/18 e DERT-ISA 02/96 – Abertura de trilhas, caminhos de serviços e estradas de acesso.

6 CONTROLE

6.1 Controle de Materiais

a) Areia

Dois ensaios de granulometria (DNER-ME 83), LL (DNER-ME 122) e IP = LL - LP (DNER-ME 82) com amostra das primeiras carradas de areia que chegar na pista. A areia que não obedecer às especificações será rejeitada, com ônus para a construtora.

Repetir esses ensaios toda vez que mudar a fonte de areia, ou quando houver mudança visual na areia da fonte em utilização.

Por inspeção visual, a fiscalização fará a rejeição da areia que apresentar contaminações com materiais impróprios para o colchão de areia.

b) Blocos de pedras e guias

As dimensões dos blocos de pedra serão controladas visualmente e por medições diretas com trena. Numa mesma fileira será tolerado no máximo 10% dos blocos de pedras com qualquer das dimensões fora dos limites especificados.

As dimensões das guias serão controladas visualmente e por medições diretas, com trena, nas peças suspeitas. As guias que não apresentarem as dimensões, dentro dos limites especificados serão rejeitadas.

Por inspeção visual, a fiscalização fará a rejeição dos blocos de pedras ou das guias que apresentarem depressões ou saliências acentuadas nas faces, ou outra deformação prejudicial a qualidade do calçamento.

6.2 Controle de compressão

A rolagem com o rolo compressor só será suspensa após a constatação visual da ausência de deformações ou acomodações, verificadas pelo acompanhamento do rolo em duas passadas em toda área a ser liberada.

6.3 Controle geométrico

a) Alinhamento e perfil das guias

O alinhamento das guias será controlado com base no eixo locado da rodovia e medidas a trenas em cada estaca, perpendiculares ao eixo.

O perfil das guias será controlado por nivelamento, com base na rede de RN, nos pontos correspondentes a cada estaca.

Tolerâncias: para o alinhamento, e para o perfil das guias: serão tolerados desvios máximos de 2cm em relação ao projeto.

b) Controle de espessura da camada

Será verificada após a compressão da camada e será controlada por nivelamento do eixo e bordos, em cada estaca locada, antes e depois da execução do calçamento.

Tolerâncias - para valores individuais de espessura, o intervalo (h – 2) cm a (h + 4) cm, sendo h = espessura do projeto.

- para a espessura mínima estatística do segmento a ser controlado, hmin $\geq$ (h – 1,00) cm, calculando-se hmin pela seguinte fórmula:

$$hmin = \overline{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s$$

onde: $\overline{X} = \frac{\Sigma Xi}{N}$ e $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / N - 1}$

N = número de valores (N $\geq$ 9)

Não será tolerado nenhum valor individual de espessura fora do intervalo especificado e de espessura mínima estatística inferior a espessura do projeto em mais de 1cm.

O serviço não aprovado (NAP) será refeito.

7 MEDIÇÃO

A medição do calçamento em pedra tosca e do calçamento em paralelepípedos (rejuntamento com areia ou com rejuntamento asfáltico) será feita através da área executada, em metros quadrados, obedecendo a seção tipo do projeto.

A medição das guias será feita através do comprimento executado, em metros lineares.

8 PAGAMENTO

O calçamento de pedra tosca e o calçamento de paralelepípedos serão pagos pelos preços contratuais para a execução do calçamento e para a execução da guia, pelas quantidades medidas conforme o item 7.

Estão incluídos nos preços todos os custos da fase de execução, tais como: utilização de equipamentos, veículos, ferramentas, custos de agregados, blocos de pedra, guias, ligantes betuminosos, armazenamento, aquecimento, rejuntamento, transportes dos materiais, mão de obra, encargos, eventuais e lucro.

9 ILUSTRAÇÕES

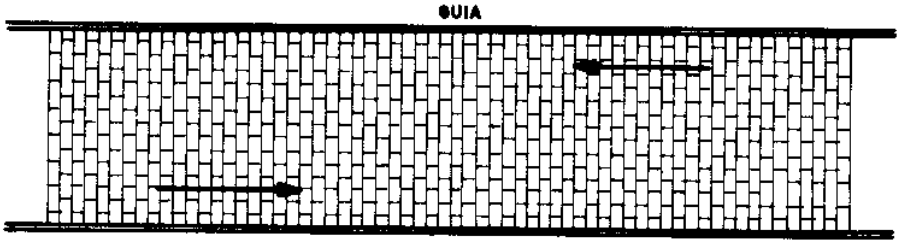


Ilustração Nº 1
Assentamento de Calçamento – Trecho em Tangente

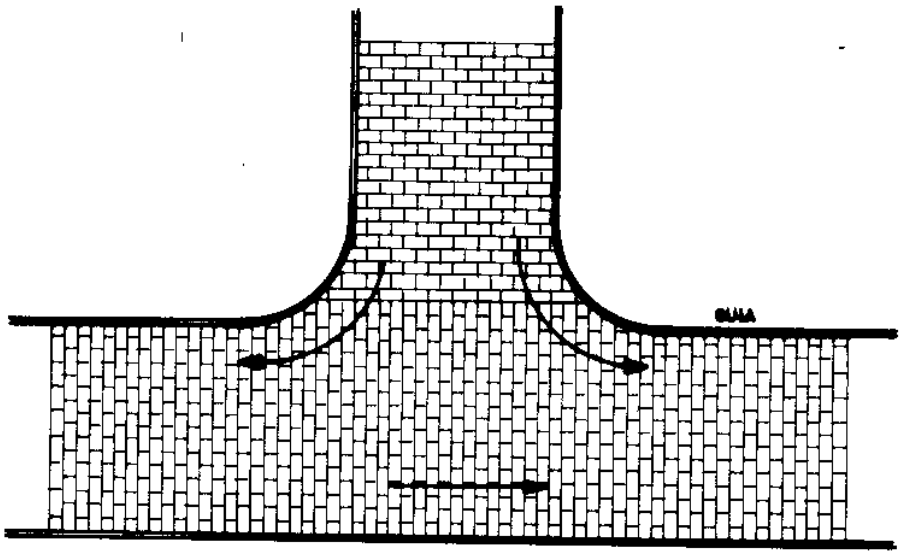
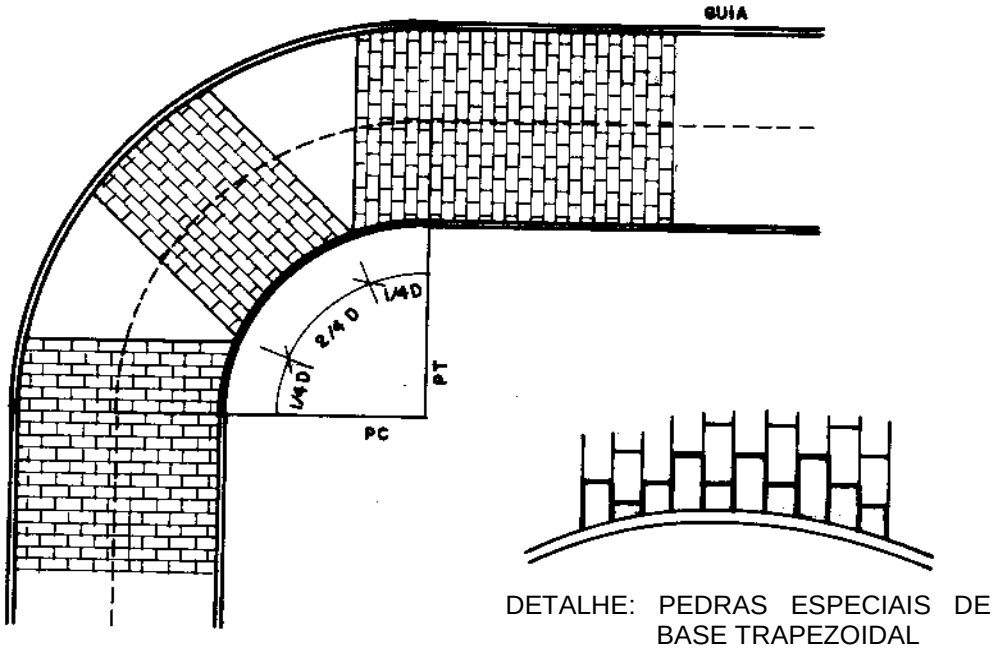


Ilustração Nº 2
Assentamento de Calçamento – Entroncamento Normal



DETALHE: PEDRAS ESPECIAIS DE BASE TRAPEZOIDAL

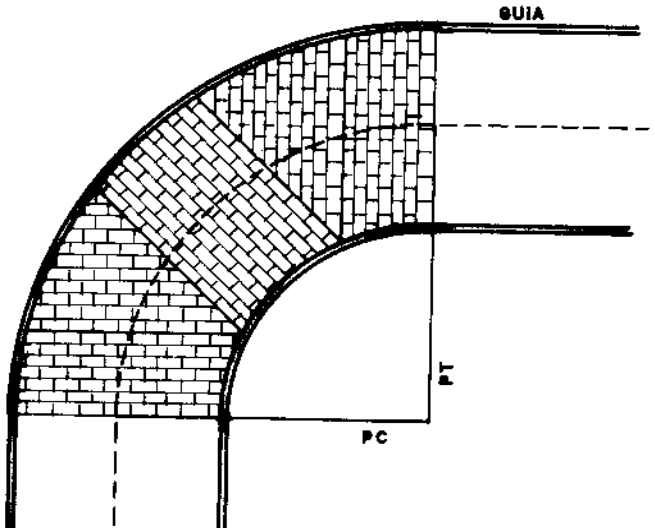


Ilustração Nº 3
Assentamento de Calçamento – Trecho em Curva de Pequeno Raio

Curva de Pequeno Raio.

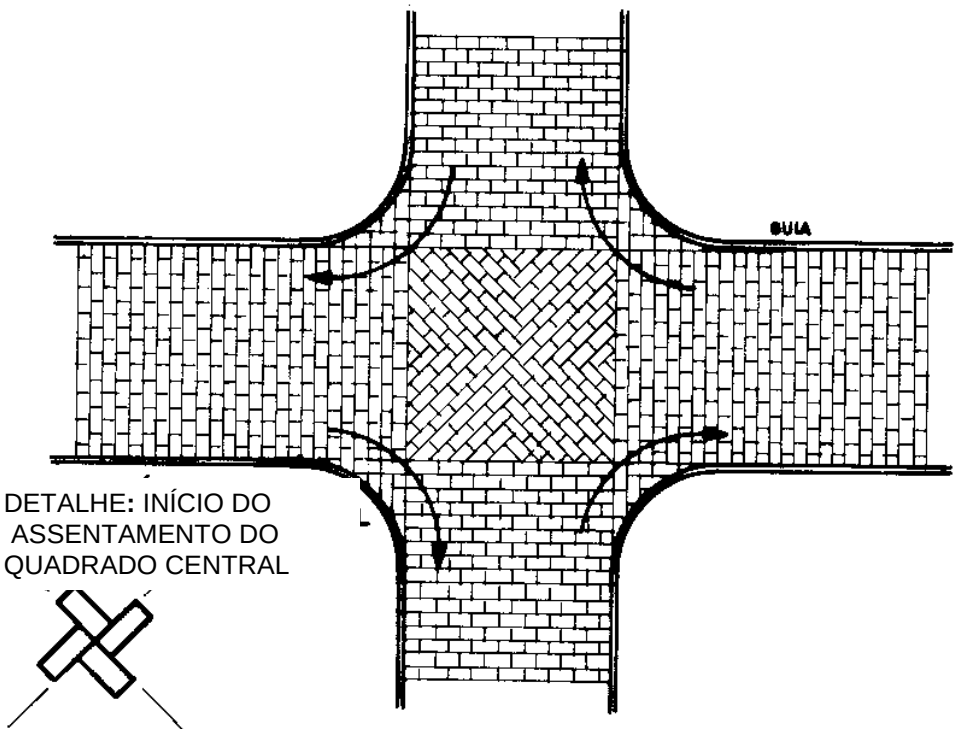


Ilustração Nº 4
Assentamento de Calçamento – Cruzamento Normal de Vias

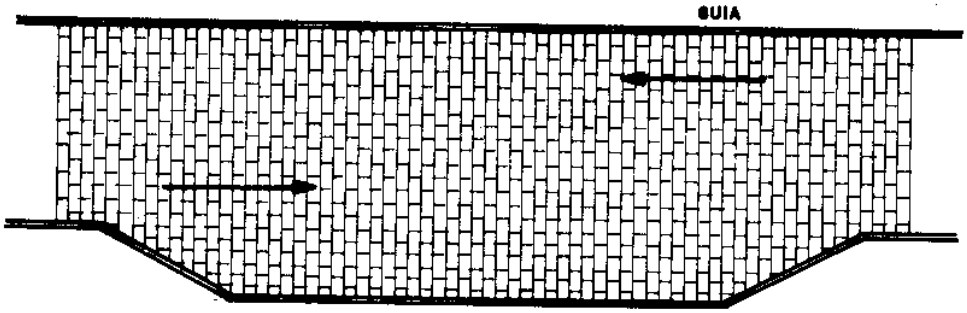


Ilustração Nº 5
Assentamento de Calçamento – Trecho com Alargamento para Estacionamento

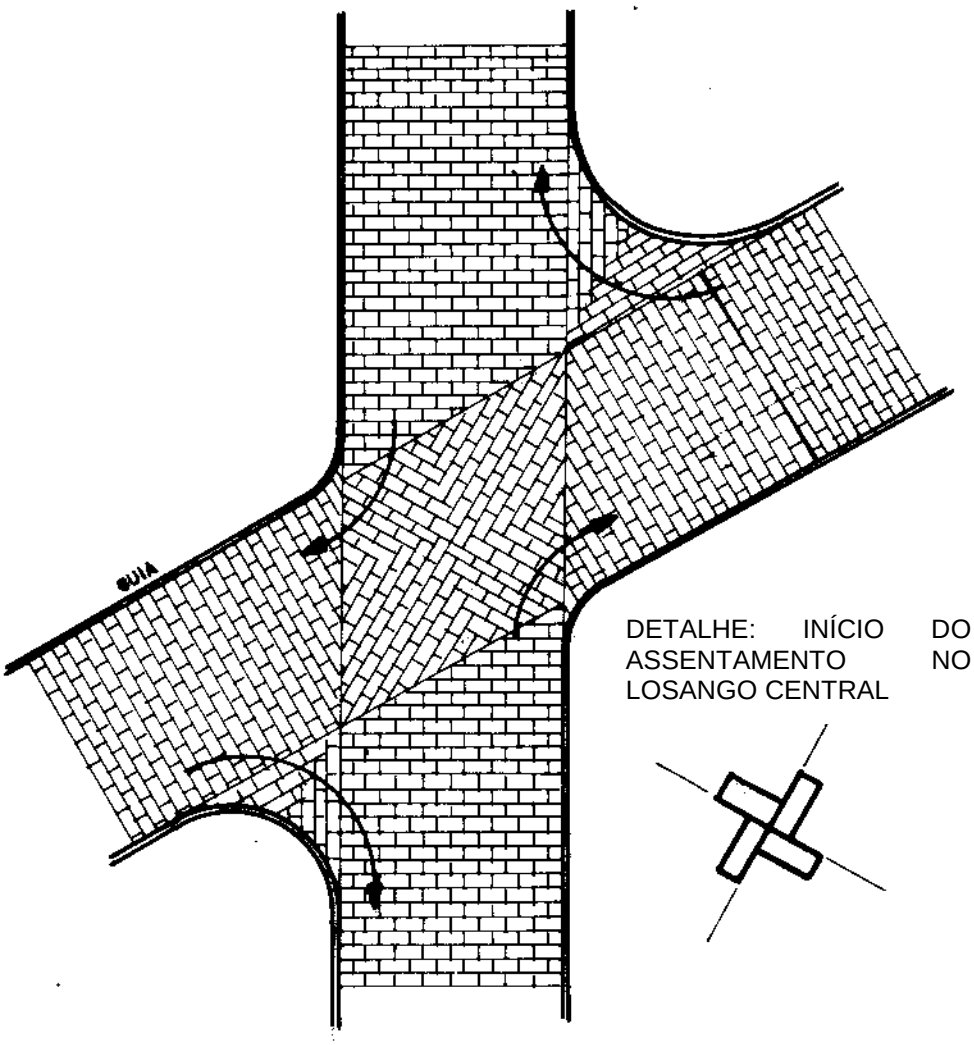


Ilustração Nº 6
Assentamento de Calçamento – Cruzamento Esconso de Vias

1 DEFINIÇÃO

Base de solo cimento (BSC) é a camada do pavimento asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de revestimento, constituída de uma mistura íntima e compactada de solos selecionados, cimento e água em proporções previamente determinadas em peso, por processo próprio de dosagem em laboratório.

2 MATERIAIS

2.1 Cimento Portland

Poderão ser usados o cimento Portland comum ou o cimento Portland de alto forno que deverão obedecer respectivamente às exigências das normas da ABNT 5732/91, NBR-5735/91 de recebimentos de cimentos comum e de alto forno.

2.2 Água

Deverá ser isenta de teores nocivos de: sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

2.3 Solo

O solo ou mistura de solos empregados na execução de solo cimento (BSC) serão provenientes de ocorrências de materiais, devendo apresentar as seguintes características quando submetidos aos ensaios DNER-ME 080 (granulometria), DNER-ME 082 (LP) e DNER-ME 122 (LL):

• passando na peneira de 2” - 100%	tolerâncias de projeto
• passando na peneira de n^0 4 - 50 a 100%	± 5%
• passando na peneira de n^0 40 - 15 a 100%	± 5%
• passando na peneira de n^0 200 - 5 a 35%	± 5%
• limite de liquidez (LL), máximo - 40%	
• limite de plasticidade (LP), máximo - 18%	

2.4 Mistura de solo cimento

A mistura é dosada em peso, nas proporções do projeto, devendo apresentar uma resistência à compressão diametral (DNER-ME 201/94) de no mínimo 2,1 MPa aos 7 (sete) dias de cura, em corpo de prova cilíndrico moldado conforme o DNER-ME 202/94.

3 EQUIPAMENTO

3.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela fiscalização, devendo receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço.

O equipamento mínimo é o fixado no contrato.

3.2 A usina de solos ou central de mistura deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

Silos – para os diversos componentes, inclusive o cimento, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento;

Transportadores de esteiras – que transportam os componentes da mistura, já nas devidas proporções, até a unidade misturadora;

Unidade misturadora transportadora – tipo “pug-mill”, constituído usualmente de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída da unidade;

Reservatório de água e canalização – que permitam armazenar e espargir a água sobre o solo, durante o processo de mistura;

Unidade de carregamento – constituída de um silo abastecido por transportadores de correia ou elevadores de canecas, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

Em suma, a usina de solos deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solos e cimento, no teor de umidade requerido, e de depositá-la sem segregação no caminhão transportador. Deve-se exigir uma capacidade de produção horária entre 150 a 500 toneladas.

3.3 Distribuidor de solos deve ser capaz de receber a mistura dos caminhões basculantes e espalhá-la na pista, sem segregação e numa espessura constante tal que, após a compactação, atenda ao dimensionamento da camada do projeto.

3.4 A motoniveladora deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar misturas.

3.5 A grade de discos, rebocada por um conveniente trator de pneus deve ser capaz de complementar os trabalhos de destorroamento, mistura e homogeneização do teor de água iniciados pela motoniveladora. Poderão ser usados dispositivos tipo “pulvimixer”. Como, também, poderão ser usadas enxadas rotativas (agrícolas).

3.6 Os caminhões distribuidores d’água deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

3.7 Deverão ser usados os seguintes tipos de rolos compactadores: rolo liso vibratório, pé-de-carneiro vibratório (pata-curta), pneumáticos e outros tipos aprovados pela fiscalização. Os rolos compactadores deverão ter dimensões, forma e peso adequados, de modo a se obter a massa específica aparente máxima prevista para a mistura de projeto.

4 EXECUÇÃO

4.1 Mistura em central (usina de solos)

A mistura do solo, cimento e água nas proporções em peso indicadas no projeto deverá ser preparada em centrais de mistura.

A uniformidade obtida na mistura em usinas é praticamente perfeita, desde que se mantenha um controle rigoroso nas saídas dos silos, evitando variações que possam afetar a uniformidade da mistura.

As centrais de mistura devem ser instaladas preferencialmente dentro da própria jazida de solo, com objetivo de reduzir os custos de transporte inicial.

Todas as operações necessárias ao preparo da mistura final serão processadas na central, restando apenas o transporte da mistura, já pronta, para a pista, onde será espalhada de modo a conduzir a uma camada de espessura constante, que, após a compactação atenda a espessura especificada no projeto.

O solo empregado na mistura, na usinagem, deverá sofrer um processo de pulverização, exigindo-se que, excluído o material graúdo, no mínimo 80% em peso do material miúdo estejam reduzidos a partículas de diâmetro inferior a 4,8mm (peneira n^0 4).

4.1.1 Transporte

A mistura é transportada em caminhões basculantes, da usina para pista, tomando-se precaução para que não perca umidade, portanto, deve-se prever um ligeiro excesso no teor de umidade em relação ao ótimo para compensar as perdas por evaporação durante as operações de espalhamento e compactação.

4.1.2 Compactação

O tempo decorrido entre a mistura pronta na central e o início da compactação não deve ser superior a 1 hora, a menos que, a critério do projeto, comprovado por ensaios, seja verificada a inexistência de inconveniente na adoção de tempo maior.

O equipamento de compactação deve satisfazer às condições exigidas quanto ao tipo e peso, necessários à obtenção das massas específicas previstas para a mistura de solo-cimento.

A operação de compactação deve se processar a partir das bordas para o centro da pista, de modo que a faixa de execução seja uniformemente compactada em toda a largura.

Preferencialmente, devem ser empregados os seguintes tipos de rolos compactadores:

- rolo pneumático – para solos arenosos ou pouco argilosos e para acabamento;
- rolo pé-de-carneiro vibratório (pata-curta) – para solos argilosos início de compactação e término com os rolos liso vibratório.
- rolo pneumático – usado para acabamentos.

Quando iniciada por rolo pé de carneiro, a operação de compactação deve ser conduzida de modo que a espessura a ser compactada na fase final, pelos rolos pneumáticos ou lisos, seja a maior possível, nunca com menos que 5cm, após a compactação.

Na fase final de compactação o solo-cimento deve ser mantido na umidade ótima, ou ligeiramente acima, recorrendo-se a pequenas adições de água, se preciso for, e procedendo nova homogeneização com equipamento adequado.

O grau de compactação deverá ser no mínimo, 100% em relação à massa específica aparente seca, máxima, obtida no ensaio DNER-ME 216 (determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente).

A mistura de solo-cimento deverá apresentar o valor mínimo de 2,1 MPa para a resistência à compressão aos 7 (sete dias – DNER-ME 201), em corpos de prova moldados segundo o prescrito no método DNER-ME 202. O valor da resistência à compressão referido é um valor mínimo, devendo-se obter na dosagem um valor médio que conduza aquele resultado durante a fase de execução, tendo em vista a dispersão encontrada.

4.1.3 Acabamento

A operação deve ser executada imediatamente após a compactação com o uso de motoniveladora e rolo compactador pneumático, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o projeto.

Essa operação deve ser obtida por corte, de modo a eliminar eventuais saliências. Todo o material cortado será removido para fora da pista. Não é permitido adicionar material para correção da superfície, que na fase final de compactação deve encontrar-se dentro das tolerâncias especificadas.

4.1.4 Proteção e cura

Todo o trecho, logo que concluído o acabamento, de acordo com estas especificações, será submetido a um processo de cura, devendo para este fim ser protegido contra a perda rápida de umidade durante período de, pelo menos, sete dias, pela aplicação de qualquer um dos seguintes processos:

- Cobertura da pista pela aplicação de uma camada de areia, capim, ou de outro material, conforme indicado no projeto, a ser mantida úmida durante 7 (sete) dias;
- Pintura asfáltica que, garanta a formação de uma película impermeável capaz de reter a umidade durante a fase de cura. Esta aplicação deverá ser usada de acordo com a SOP-ES-P 10. Esta

pintura só poderá ser usada como pintura de ligação se, por ocasião da aplicação do revestimento asfáltico, se encontrar em condições de cumprir os requisitos necessários e livre de pó ou material estranho.

Não será permitido o trânsito de equipamentos pesados sobre os segmentos recém-concluídos, excluem-se os veículos de pneus para transporte de

água ou cimento, e outros, cujo trânsito será permitido desde que a superfície tenha endurecido suficientemente, de modo a evitar danos.

Os segmentos concluídos serão abertos ao tráfego, transcorrido o período de no mínimo sete dias de cura, e uma vez testado que a superfície endureceu suficientemente.

4.2 Mistura na pista

No caso de utilização do solo do próprio subleito ou material importado espalhado no subleito, com mistura na pista, deverão ser obedecidas as seguintes etapas de execução:

- Preparo da faixa

Antes de iniciar a operação de construção devem estar concluídos todos os trabalhos de drenagem, dentro das exigências do projeto. As ocorrências de materiais inadequados, devem ser removidos e substituídos por material de boas características, devidamente indicado no projeto.

- Pulverização e homogeneização do solo local ou importado

No processo de pulverização e homogeneização exige-se que, no mínimo, 80% em peso do material miúdo seja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8mm (peneira n^0 4).

- Distribuição de cimento

O cimento deve ser distribuído uniformemente na superfície, em toda a largura da faixa e na espessura indicada pelo cálculo, segundo o teor especificado pelo projeto.

A partir do espalhamento do cimento, todas as operações até o acabamento deverão estar concluídas no máximo dentro de 6 (seis) horas.

Quando se empregar a distribuição em sacos, ela é feita colocando-os em posição equidistante, de modo a permitir espalhamento uniforme, quando se utilizar a distribuição a granel, por processo mecânico, o equipamento deve ser aferido e aprovado pela fiscalização.

Enquanto a operação de mistura estiver em processamento, nenhum equipamento, exceto os que operam nessa fase, poderá trafegar sobre o solo-cimento.

Imediatamente após a distribuição, o cimento será misturado ao solo pulverizado em toda a espessura da camada. A mistura será repetida continuamente pelo tempo necessário para assegurar completa, uniforme e íntima mistura do solo com o cimento, até que seja conseguida tonalidade uniforme em toda extensão.

- Umedecimento

Considerada satisfatória a mistura seca, é então iniciada a incorporação da água, até atingir a umidade ótima, obedecendo as seguintes recomendações:

- A adição de água deverá ser feita progressivamente, não sendo aconselhável que em cada passada do carro pipa o teor de umidade do solo aumente mais de 2%. A cada aplicação de água, deve-se proceder de imediato a operação de envolvimento para evitar acúmulo na superfície;
- Esta operação deverá ser feita sem interrupção e a incorporação completa da quantidade total de água deverá estar concluída, no máximo, dentro de 3 horas;
- De acordo com as condições do tempo deve-se prever um ligeiro excesso no teor de umidade em relação ao ótimo, para compensar as perdas por evaporação durante as operações de misturas e compactação.

- Compactação, proteção, cura e acabamento

Todas essas etapas de execução são idênticas as referidas para o caso de mistura utilizando-se central de mistura.

4.3 Juntas de Emenda de Jornadas

Ao final de cada jornada de trabalho, ou na interrupção dos serviços, deve-se deixar a face final de topo verticalizada, mediante corte transversal na camada com equipamento apropriado.

As juntas de dois panos adjacentes devem ser desencontradas e não coincidir com juntas de camadas inferiores.

A área da junta deve ser compactada transversalmente ao eixo da pista.

Ao se dar continuidade à camada, deve-se umedecer a face da junta antes da colocação da camada subsequente.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As recomendações a serem observadas visando a proteção ambiental, no decorrer das etapas destinadas à execução da camada de base de solo-cimento são as seguintes:

5.1 Na exploração de jazidas

Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola, bem como é proibida em reservas florestais, ecológicas ou de preservação ambiental, ou mesmo nas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas.

As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser reconformadas com abrandamento de taludes, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser sequenciada pelo espalhamento dos solos orgânicos, que poderão ser provenientes dos refugos do desmatamento da própria jazida ou da faixa de domínio, previamente estocados.

Disciplinar o trânsito de veículos de serviço e equipamentos para evitar a formação de trilhas desnecessárias e que acarretam a destruição da vegetação.

5.2 Na Execução

Nas Etapas de execução devem ser atendidas as seguintes recomendações:

- Proibir o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências no sistema de drenagem;

- Evitar por ocasião dos serviços de manutenção dos equipamentos que os resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis e outros materiais provoquem poluição dos cursos d'água.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Materiais

A condição essencial é que os materiais empregados na base de solo cimento tenham características satisfazendo a esta especificação e às especificações complementares e particulares adotadas no projeto.

6.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland pode ser adquirido em sacos ou a granel. No primeiro caso o fiscal de usina fará um exame visual em todos os sacos que chegarem ao canteiro da obra, armazenando-os em lugar abrigado, sobre um piso de madeira, em pilhas de no máximo 10 sacos. No caso a granel o cimento será transportado em caminhões especiais dotados de equipamento para carga e descarga, sendo armazenado junto à usina em silos especiais que possam alimentar o silo dosador da usina através de tubulação hermética.

Em quaisquer dos casos, havendo suspeição sobre a qualidade do cimento, serão colhidas amostras para ensaios de cimento em laboratórios especializados. Os resultados das observações do fiscal de usina e dos ensaios de laboratório serão comparados com a NBR-5732 (cimento Portland comum) e da NBR 5735 (para o cimento de alto forno). Deverão ser executados na obra ensaios de determinação da finura (ABNT, NBR 7224 – Blaine), a fim de verificar se o cimento não está empedrado. Deve ser feito um ensaio por dia de trabalho ou sempre que houver dúvida sobre a sanidade do cimento.

6.1.2 Solos

Os solos a serem empregados na confecção da mistura solo-cimento, tanto na mistura em usina quanto na pista, deverão ser analisados através dos ensaios de caracterização (DNER-ME 080 – Granulometria; DNER-ME 082 – LP e DNER-ME 122 – LL) com o objetivo de verificar se estão de acordo com o projeto de mistura e as tolerâncias especificadas para cada ensaio.

6.1.3 Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis e matéria orgânica.

O controle da água será visual, em caso de dúvida, a água deve ser analisada quanto a composição química.

6.2 Controle de Execução

6.2.1 Mistura de Solo-Cimento

Tanto na mistura de usina quanto na pista deverão ser analisadas de uma maneira aleatória:

- Antes da aplicação do cimento

Verificação do grau de pulverização do solo através de peneiramento na peneira n^0 4 com exclusão do material graúdo (acima da peneira 3/8”).

- Depois da adição do cimento

  - Verificação da quantidade do cimento adicionado (por peso ou volume);
  - Ensaio de compactação para cada determinação da massa específica aparente máxima – DNER-ME 216;

- Determinação do teor de umidade depois da adição da água e homogeneização da mistura (DNER-ME 052 – Umidade pelo speedy ou DNER-ME 088 - Álcool).

6.2.2 Compactação da mistura de solo-cimento na pista

Tanto para mistura usinada e mistura na pista são verificadas aleatoriamente:

- Imediatamente antes da compactação
  - Verificação da umidade da mistura (DNER-ME 052 ou DNER-ME 088) quando necessário;
  - Ensaios de compactação e moldagem de corpos de prova cilíndricos para determinação da resistência a compressão simples, após 7 (sete) dias de cura (DNER-ME 201 – Compressão axial de CP e DNER-ME 202 – Moldagem e cura de CP) com material coletado na pista.

- Após a Compactação

Determinação da massa específica aparente “in situ” na pista compactada para o cálculo do grau de compactação – GC (DNER-ME 092 – Densidade in situ/frasco de areia).

O grau de compactação, (GC) deverá ser igual ou superior a 100%.

Este valor é obtido comparando-se com a massa específica aparente in situ na pista e a massa específica aparente seca de laboratório.

O número de ensaios para verificação do grau de compactação será executado a cada 100m de pista, na ordem: bordo direito – eixo – bordo esquerdo – bordo direito, etc., a 40cm do bordo da plataforma de base.

Para que um certo segmento de base de solo-cimento seja considerado aprovado (AP) é necessário que em todos os seus "N" pontos ensaiados tenha-se GC $\geq$ 100%. Em caso contrário o segmento é considerado não aprovado (NAP), não sendo liberado a execução da camada sobrejacente. Nesse caso, o engenheiro fiscal mandará repetir os ensaios e, continuando a desaprovação dever-se-á escarificar e recompactar a extensão de influência de cada ponto considerado deficiente, todos os ônus por conta da construtora.

Após a obtenção de cada N = 9 resultados, calcular-se-á o desvio padrão - $\boxed{s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / N-1}}$, considerando-se a compactação homogênea se $\boxed{s \leq 1{,}6}$.

Se após cada conjunto de N = 9 resultados, consecutivos, a inequação acima não for satisfeita, o engenheiro fiscal paralisará o serviço de compactação e procederá a um minucioso exame dos equipamentos e da técnica de execução empregadas, tomando então as medidas julgadas cabíveis.

6.3 Critérios de aceitação

- Os valores dos ensaios de caracterização do cimento, dos solos e da água deverão estar de acordo com esta especificação e com o projeto.

- A análise dos resultados de controle do material da execução da base de solo-cimento deverá atender ao seguinte:

  - Para os ensaios de granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade do solo antes da adição do cimento, no qual são especificadas faixas de valores mínimos e máximos, com as respectivas tolerâncias, deve-se verificar as seguintes fórmulas:

$$X_{min} = \overline{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s \qquad \text{onde } \overline{X} - \frac{\Sigma X_i}{N}$$

$$X_{máx} = \overline{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s \ , \qquad s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / N - 1}$$

sendo:

X_i = valores individuais

$\overline{X}$ = média da amostra

s = desvio padrão da amostra

$N \geq 9$ (número de ensaios)

Observação: na pista serão colhidas amostras para os ensaios de GR, LL e IP com espaçamento máximo de 300m.

Para os ensaios e determinação do grau de compactação e da resistência a compressão simples de corpos de prova moldados na pista e curados após 7 (sete) dias da mistura solo-cimento, em que é especificado um valor mínimo a ser atingido, deve-se verificar a condição seguinte:

$$X_{min} = \overline{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s \quad \text{onde } \overline{X} - \frac{\Sigma X_i}{N} \quad \text{e}$$

$$s = \sqrt{\Sigma (X_i - \overline{X})^2 / N - 1}$$

Não sendo tolerado nenhum valor individual fora do intervalo especificado, portanto os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

Os resultados do controle estatístico deverão ser registrados em relatórios de acompanhamento de serviços.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle geométrico

Após a execução da camada de base de solo-cimento, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo e dos bordos que deverão ser comparadas com as cotas do projeto, obedecendo-se as tolerâncias seguintes:

- ± 10cm, quanto a largura da plataforma;
- até 20% em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- ±10%, quanto a espessura do projeto.

No caso de rodovia com mais de duas faixas de tráfego, o controle geométrico da base de solo-cimento será feito nos bordos de cada faixa de tráfego.

8 MEDIÇÃO

A base de solo-cimento será medida pelo volume em metros cúbicos de material compactado na pista, conforme a seção transversal do projeto.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelo preço contratual para o volume compactado da camada de solo-cimento, medido conforme o critério de medição, estando nele incluídos todas as operações de limpeza e expurgo de ocorrências e materiais, escavações, fornecimento de materiais, transportes, estocagem de materiais, operações referentes a central de mistura, operações referentes a mistura na pista, quando especificada, compactação, cura, acabamento, proteção da base, mão de obra, encargos sociais, impostos, taxas, lucros e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

O revestimento de blocos intertravados é composto por peças de concreto, assentadas sobre uma camada de areia e travadas entre si por contenções laterais confinantes.

O intertravamento é a capacidade que os blocos de concreto adquirem de resistir a movimentos de deslocamento individual, seja ele no sentido vertical, horizontal ou de rotação em relação aos blocos vizinhos. O intertravamento é a base para o bom desempenho e a durabilidade do revestimento de blocos de concreto.

Para ocorrer o intertravamento são necessários contenção lateral e juntas preenchidas com areia. A contenção lateral é feita geralmente por meios fios tipo guia, com largura de 10 a 15cm, comprimento de 80 a 100cm e altura ou profundidade de 40 a 50cm.

O revestimento de blocos de concreto intertravados é apropriado para o tráfego de veículos dotados de pneumáticos. Quando este revestimento integra um pavimento com base e sub-base, o conjunto tem o comportamento de um pavimento flexível.

2 MATERIAIS

2.1 Blocos de concreto

O concreto dos blocos é constituído de cimento Portland, agregados e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos.

Os agregados podem ser naturais, industriais ou reciclados, devendo obedecer a norma ABNT-NBR 7.211/2009 (agregado para concreto).

A água deve obedecer a norma ABNT-NBR 15.900-1/2009 (água para amassamento do concreto).

A resistência característica à compressão aos 28 dias do concreto dos blocos, determinada conforme a norma ABNT-NBR 9780/2013 (peças de concreto para pavimentação – Determinação da resistência à compressão), deve atender ao especificado na tabela a seguir.

SOLICITAÇÃO	fck aos 28 dias (MPa)
Tráfego de veículos leves e veículos comerciais em rodovias sem grandes esforços tangenciais oriundos de curvas e rampas acentuadas e com número $N \leq 5 \times 10^6$	≥ 35 (Espessura do bloco = 8cm)
Tráfego de veículos leves e veículos comerciais em rodovias com grandes esforços tangenciais ou com $5 \times 10^6 <$ Número $N \leq 5 \times 10^7$	≥ 50 (Espessura do bloco = 10cm)

a. Forma e dimensões dos blocos

Os blocos de concreto intertravados são vendidos no mercado com dimensões e formas retangulares variadas ou do tipo com 16 faces, mas com a maior dimensão, o comprimento, não passando de 25cm, a largura mínima é de 9,7cm e para rodovias as espessuras são de 8cm e 10cm.

São fabricadas também peças complementares, necessárias para preencher as frações da paginação na superfície do revestimento, junto ao meio fio confinante.

b. Espaçador de junta

São saliências laterais de 3mm incorporadas à peça de concreto, no momento de sua fabricação, para promover a uniformidade da espessura das juntas entre os blocos.

2.2 Areia de assentamento e selagem

A areia de assentamento e a de selagem são de mesma faixa granulométrica, sendo constituída de uma mistura de areia média, entre as peneiras N° 10 (2,0mm) e N° 40 (0,42mm) e de areia fina, entre as peneiras N° 40 (0,42mm) e N° 200 (0,074mm). Quando não houver disponibilidade de areia, poderá ser utilizado produtos de britagem com as mesmas granulometrias, sempre como uma segunda opção.

A faixa granulométrica do material do colchão e de selagem é a seguinte:

PENEIRAS	% PASSANDO
N° 4 (4,8 mm)	100
N° 10 (2,0 mm)	90 a 100
N° 40 (0,42 mm)	40 a 60
N° 200 (0,074mm)	0 a 10

Para evitar a presença de grãos maiores que 4,8mm, a areia (ou pó de pedra) poderá carecer de um peneiramento em tela industrial com abertura da malha da peneira N° 4.

2.3 – Meio fio tipo guia

O meio fio tipo guia é feito de concreto pré-moldado, com resistência à compressão aos 28 dias de fck = 25 MPa. O meio fio pode ser enterrado até o nível do revestimento intertravado, é chamado de “cordão”, ou pode ficar com 15cm acima do nível do revestimento, para funcionar como banqueta de drenagem, neste caso a sua altura terá que ter 50cm, para ficar enterrado 35cm. O meio fio de bordo externo

do pavimento terá que ser arrimado com, no mínimo, um metro de largura de solo apiloado ou calçada lateral.

3 EQUIPAMENTOS

A execução do colchão de areia, assentamento dos blocos, areia de selagem e compressão do intertravado envolve os seguintes equipamentos básicos:

- carrinhos de mão para transportes de areia e blocos de concreto;
- réguas metálicas (ou de madeira) para rasar a areia;
- vassouras e rodos;
- pás e enxadas;
- marreta de borracha;
- alavanca;
- fios de nylon e trena;
- nível de pedreiro;
- equipamento para corte de blocos;
- placas vibratórias;
- soquetes manuais;
- caminhão de carroceria fixa;
- caminhão de caçamba basculante;
- rolo metálico liso de 10 a 12 ton.

Para uma distribuição mecanizada dos blocos de concreto utiliza-se garras de marca óptimas para coleta em montes arrumados de blocos e para distribuição deles na plataforma estradal.

4 EXECUÇÃO

4.1 Implantação dos meios fios tipo guia

A vala para a implantação dos meios fios tipo guia deverá obedecer ao alinhamento, ao perfil e às dimensões estabelecidas no projeto. O fundo da vala deverá ser regularizado e apiloado. Sobre o fundo da vala será lançado um lastro com espessura de 10cm que poderá ser de brita (Dmáx. = 12,7mm) ou de concreto magro (fck 28dias = 10 MPa). As guias pré-moldadas serão implantadas na vala com lastro, obedecendo ao alinhamento e as cotas do projeto. Elas serão fixadas no solo com intensa compactação de reaterro e serão rejuntadas com argamassa de cimento e areia, no traço 1:3.

O solo excedente da escavação da vala deverá ser apiloado no lado externo das guias de bordo da plataforma estradal, para auxiliar no confinamento.

.

4.2 Colchão de areia

A areia atendendo a granulometria especificada é transportada até a pista em caminhão basculante, enleirada e cuidadosamente espalhada sobre a plataforma que receberá os blocos, de maneira que ao final do espalhamento resulte uma espessura uniforme de 4cm.

4.3 Assentamento dos blocos

4.3.1 Empilhamento dos blocos

Os blocos de concreto serão transportados e depositados em pilhas devendo o empilhamento na pista ser feito em local que não interfira com a marcação das linhas de assentamento, feitas com a utilização de ponteiros cravados na pista e fios de nylon definidores dos alinhamentos e cotas dos blocos.

4.3.2 Colocação das linhas de referência

Cravam-se ponteiros de aço ao longo do eixo da pista, com espaçamento máximo de 10 metros. Em seguida cravam-se ponteiros em linhas

paralelas ao eixo, distando estas linhas do espaço necessário ao assentamento de 5 a 10 fileiras de blocos, perpendiculares ao eixo, em função da taxa de abaulamento transversal ou superelevação projetada, acrescentando-se os espaços de 3mm das juntas intermediárias (por exemplo: blocos com 20cm de comprimento, espaçamento entre linhas para 6 fileiras é de 6 x 20cm + 6 x 0,3cm = 121,8 cm = 1,22m).

Os meios fios tipo guia já devem estar implantados obedecendo ao alinhamento e às cotas da nota de serviço do projeto.

Tomando-se como referência as cotas das guias, marcam-se com giz nos ponteiros, ao longo das linhas paralelas ao eixo da pista, as marcas das cotas que resultem no abaulamento transversal da seção de projeto. Esta marcação com giz é feita com auxílio do nível de pedreiro. Em seguida distende-se fortemente um fio pelas marcas de giz, de ponteiro a ponteiro, paralelamente ao eixo da pista, passando este fio a ser a referência do alinhamento e das cotas dos blocos.

4.3.3 Assentamento

Em princípio o assentamento dos blocos retangulares é feito coincidindo-se as juntas de uma fileira com a metade de cada bloco da fileira vizinha e por consequência haverá coincidência de juntas entre fileiras alternadas.

Para melhorar o confinamento/intertravamento dos blocos, pode-se implantar uma fiada de guias, tipo cordão, no eixo da pista, além dos meios fios tipo guia dos bordos da plataforma estradal. Nos segmentos da rodovia com rampas longitudinais acima de 5%, são obrigatórios os meios fios tipo guia dos bordos, o cordão longitudinal no eixo e cordões transversais, de bordo a bordo, a cada 40 metros do segmento em rampa.

Terminada a implantação das linhas de referência de cotas, inicia-se o assentamento dos blocos a partir do eixo da rodovia em direção aos bordos, com os blocos perpendiculares ao eixo.

Devido a obrigatoriedade de desencontro das juntas entre blocos, haverá sempre necessidade de se cortar peças junto aos meios fios ou junto a cordões, que têm face reta, sendo que para os blocos de 16 faces todas as peças terão que ser cortadas, devido as suas faces curvas.

As peças são assentadas sobre o colchão de areia de modo que sua face superior fique um pouco acima do cordel de referência, na posição correta da paginação projetada para as juntas e para o arremate com as guias e cordões.

As cotas finais do revestimento de blocos intertravados serão alcançadas após o assentamento, os ajustes com a marreta de borracha, a compressão inicial com placas vibratórias e a compactação final mecanizada.

4.3.4 Compressão inicial

A compressão inicial é feita com placas vibratórias ainda para ajustes dos blocos, antes do espalhamento da areia para o preenchimento as juntas entre os blocos. Essa compressão inicial tem como funções o nivelamento da superfície com os blocos já assentados, promover uma compactação inicial do colchão de areia sobre a base, fazendo com que uma parcela dessa areia preencha de baixo para cima uma parte das juntas entre blocos, dando-lhes um primeiro estágio de travamento. A compressão inicial consistirá em no mínimo duas passadas da placa vibratória, havendo um cobrimento de pelo menos 20cm sobre a faixa da passagem lateral anterior.

Não pode haver compressão dos blocos numa faixa de 1,50m antecedendo uma frente de serviço, ainda sem o arremate de um meio fio tipo guia ou um cordão, devido a não existência do confinamento.

4.3.5 Compactação final

Após a compressão inicial faz-se novo espalhamento de areia, na quantidade suficiente para o preenchimento das juntas entre blocos e ainda encobrir toda área de revestimento com uma camada de 2cm de espessura que terá a função de distribuir igualmente a pressão do rolo liso de 10 a 12 toneladas que fará a compactação final através de no mínimo duas passadas, com cobertura de 0,60m sobre a faixa da passada lateral anterior. O rolo liso deve operar com uma velocidade de 3 km/h, começando sempre da cota mais baixa para a cota mais alta.

Após a compactação final, faz-se a varredura da areia da superfície do revestimento, podendo-se aproveitar esta areia na frente de serviço seguinte.

4.3.6 Substituição de blocos danificados

Eventualmente, poderão se partir ou ser danificados alguns blocos de concreto durante as operações de compressão inicial ou de compactação final. Os blocos danificados serão substituídos por novos blocos, utilizando-se nesta operação equipamentos manuais tipo colher de pedreiro ou pequenas alavancas.

4.4 Liberação ao tráfego

Após a substituição de eventuais blocos de concreto danificados, o preenchimento das juntas e a varredura da areia da superfície pode-se liberar o revestimento de blocos intertravados ao tráfego, nos segmentos totalmente concluídos. É terminantemente proibido o tráfego de veículos em áreas de blocos ainda sem rejuntamento e sem confinamento.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades do serviço de revestimento de blocos intertravados que podem causar danos ao meio ambiente são a exploração de areia de rio ou obtenção

de pó de pedra através de britagem, que são as opões para o material de assentamento e de rejuntamento dos blocos de concreto.

5.1 Opção por areia de rio

Na exploração de areal de rio deve-se evitar que as escavações dos bancos de areia formem bacias capazes de alterar o escoamento natural das águas e deve-se também evitar a contaminação das águas por derramento de óleos, graxas ou combustíveis dos equipamentos.

5.2 Opção por pó de pedra

A exploração de pedreira para obtenção de pó de pedra deverá ser planejada para a recuperação ambiental da área de instalação do britador após o término do serviço e retirada de todas as instalações provisórias.

5.3 Caminhos de serviços

As estradas de acesso às fontes de materiais deverão obedecer às recomendações da norma DER-ISA 02/96 (Abertura de trilhas, caminhos de serviço e estradas de acesso).

5.4 Licenciamento

A exploração de fontes de materiais naturais só poderá ser iniciada após a apresentação pelo construtor do licenciamento ambiental expedido pelo órgão competente.

5.5 Sinalização de obra e equipamentos de segurança

A execução do revestimento de blocos intertravados na rodovia requer uma conveniente sinalização de obras para alertar os motoristas usuários e disciplinar

o tráfego. Os trabalhadores terão que estar protegidos com equipamentos de proteção individuais e dispor de ferramentas apropriadas para os trabalhos manuais.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Areia de assentamento e de rejuntamento

A cada 250 metros de meia pista, ou faixa de revestimento, será coletada amostra da areia (ou pó de pedra) para o controle da granulometria, tanto

para o colchão de areia com também para a areia de rejuntamento e compactação do revestimento.

A presença de raízes ou outros materiais indesejáveis será verificada por inspeção visual ao longo de toda área de trabalho.

A espessura da camada de areia será controlada por inspeções aleatórias, espaçadas no máximo em 250m de meia pista ou faixa de revestimento, utilizando-se de uma escala métrica. Havendo falta ou excesso deverá ser corrigido antes do assentamento e antes da compactação.

6.2 Blocos de concreto

Os blocos de concreto deverão ser adquiridos de empresa idônea, conhecida no mercado, devendo cada lote de peças vir acompanhado do respectivo certificado de fábrica contendo os resultados do controle tecnológico indicado na norma ABNT NBR 9.781/2013 (Peças de concreto para pavimentação – Especificação e método de ensaio), em particular atendendo ao item 7 (Aceitação e rejeição) da norma que trata da inspeção visual, dimensões e tolerâncias das peças, resistência à compressão e absorção de água.

Caso o lote de peças não venha acompanhado do certificado de fábrica, a construtora deverá coletar uma amostra das peças e levar para um laboratório idôneo que realizará os ensaios referidos na norma, tudo acompanhado pela fiscalização da obra.

Os critérios de aceitação especificados são os seguintes:

a) Inspeção visual: os blocos devem ter aspecto homogêneo, arestas regulares em ângulos retos, devem ser livres de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação.

b) Dimensões e tolerâncias: as peças deverão apresentar as dimensões do projeto, podendo ter uma tolerância de ± 3mm em qualquer das três dimensões (comprimento, largura e altura).

c) Resistência a compressão: deverá ser determinada pela metodologia descrita no Anexo A da norma NBR 9781/2013 (Determinação da resistência característica à compressão) devendo os blocos da amostra de cada lote de fabricação apresentar a resistência mínima aos 28 dias especificada no projeto.

d) Absorção de água: deverá ser determinada pela metodologia descrita no Anexo B da norma NBR 9781/2013 (Determinação da absorção de água), devendo o bloco da amostra apresentar absorção máxima de 7% em peso, sob pena de rejeição do lote.

6.3 - Deflexões reversíveis de pavimento flexível

O controle das deflexões recuperáveis nos pavimentos flexíveis será realizado através da viga benkelman, pelo método de ensaio DNER-ME 24/94, combinado com o procedimento DNER-PRO 11/79 no tocante ao cálculo estatístico das deflexões recuperáveis e correção sazonal do valor das deflexões.

As deflexões serão determinadas a cada 20 metros, alternando-se em cada faixa de tráfego a trilha de roda externa e a trilha de roda interna.

As deflexões são medidas em centésimos de milímetros (0,01mm).

A deflexão característica (Dc) de um segmento homogêneo (SH) em função dos valores obtidos nos pontos de prova (Do) obedece a seguinte sequência de cálculo:

- Número de deflexões do SH: N
- Deflexão média: $\bar{D} = \frac{\Sigma Do}{N}$
- Desvio padrão: $s = \sqrt{\Sigma (Do - \bar{D})^2 / N - 1}$
- Elimina-se os valores foram do intervalo $\bar{D} \pm Z.S$, sendo:

N	Z
3	1
4	1,5
5 e 6	2
7 a 19	2,5
≥ 20	3

- Fator de correção sazonal (Fs):

SUBLEITO	Fs (VERÃO)	Fs (NVERNO)
Arenoso/Permeável	1,1 a 1,3	1,0
Argiloso sensível a água	1,2 a 1,4	1,0

- Deflexão característica: Dc = $(\bar{D} + s) \times Fs$

A deflexão característica terá que ser inferior à deflexão admissível acrescida da tolerância, ambas estabelecidas pelo projeto.

Quando ocorrer deflexões superiores à prevista no projeto, inclusive as deflexões fora do intervalo $\bar{D} \pm Zs$, deverão ser pesquisadas e corrigidas as causas, que poderão estar na camada de base e/ou camadas inferiores de sub-base, reforço (se houver), regularização do subleito, corpo de aterro ou fundo de corte, tais como a

existência de material lamelar, como mica malacacheta, solo compressível ou compactação insuficiente.

O raio de curvatura da bacia de deformação, medido em metros (m) é dado pela fórmula.

$$R = \frac{6.250}{2\,(D_0 - D_{25})}$$

Sendo D_{25} = Deflexão a 25cm do ponto de prova.

O raio de curvatura (R) é um parâmetro da eficiência estrutural do pavimento, podendo indicar uma fase de fadiga quando $R < 100$ m e o produto do raio (R) pela deflexão no ponto de prova (Do) indica a boa ou má distribuição das cargas do tráfego sobre a estrutura. Para pavimentos com base estabilizada granulometricamente a boa distribuição das cargas sobre o pavimento fica evidenciada quando $R \times Do > 5500m \times 10^{-2}mm$.

6.4 Registro do controle tecnológico

Todos os resultados obtidos no controle tecnológico serão anotados, acompanhados das observações pertinentes à performance dos serviços, de modo que na conclusão da pavimentação sejam preenchidas as fichas e gráficos de acordo com os modelos fornecidos pela SOP-CE, assinados pelo engenheiro fiscal e pelo engenheiro encarregado da construção.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Controle de acabamento da superfície

Em cada dia de serviço, deverá ser feito o controle de acabamento da superfície do revestimento de blocos intertravados, com auxílio de duas réguas, com

comprimentos de 3,00m e 0,90m, colocadas em ângulos reto, alternando cada uma em posição paralela ao eixo da rodovia. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm em qualquer das réguas e em qualquer das duas posições do conjunto.

Os locais da verificação do acabamento da superfície serão escolhidos pela fiscalização e o número de verificações diárias variará entre 1 (um) e 5 (cinco), a critério da fiscalização.

Se o acabamento da superfície não atender à tolerância especificada, o serviço será considerado não aprovado (NAP), devendo o revestimento de blocos intertravados ser removido e refeito.

8 MEDIÇÃO

Os meios fios tipo guia e os cordões serão medidos pela extensão implantada, em metros lineares, conforme a profundidade da peça pré-moldada de concreto.

O revestimento de blocos intertravados será medido pela área, em metros quadrados, executada e aprovada.

9 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços contratuais dos quantitativos medidos conforme o item 7, estando incluídas todas as etapas de execução, equipamentos, ferramentas, materiais, transportes, mão de obra, encargos sociais, acabamentos, impostos, lucro e eventuais.

10 ILUSTRAÇÕES

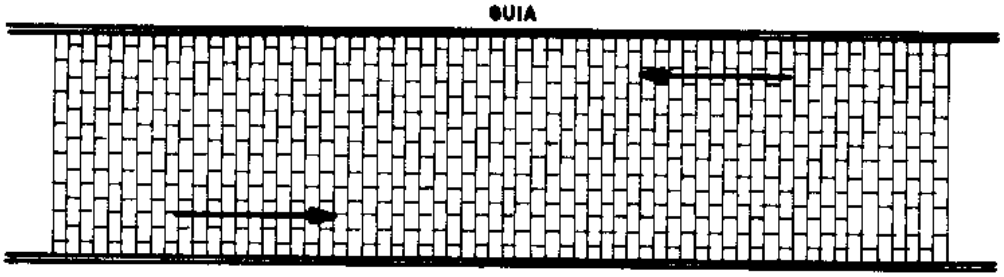


Ilustração Nº 1

Assentamento – Trecho em Tangente

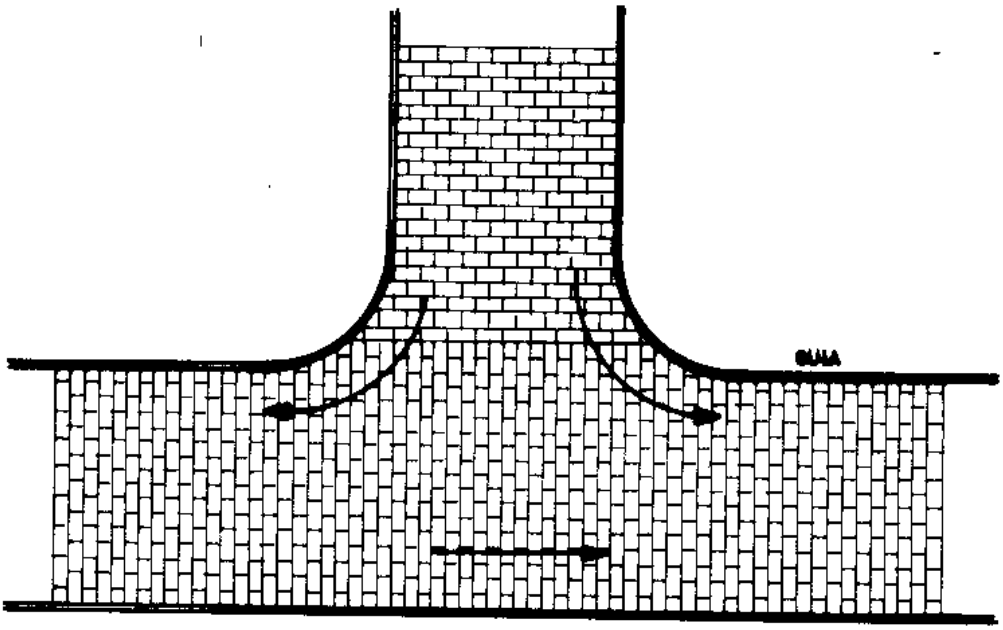
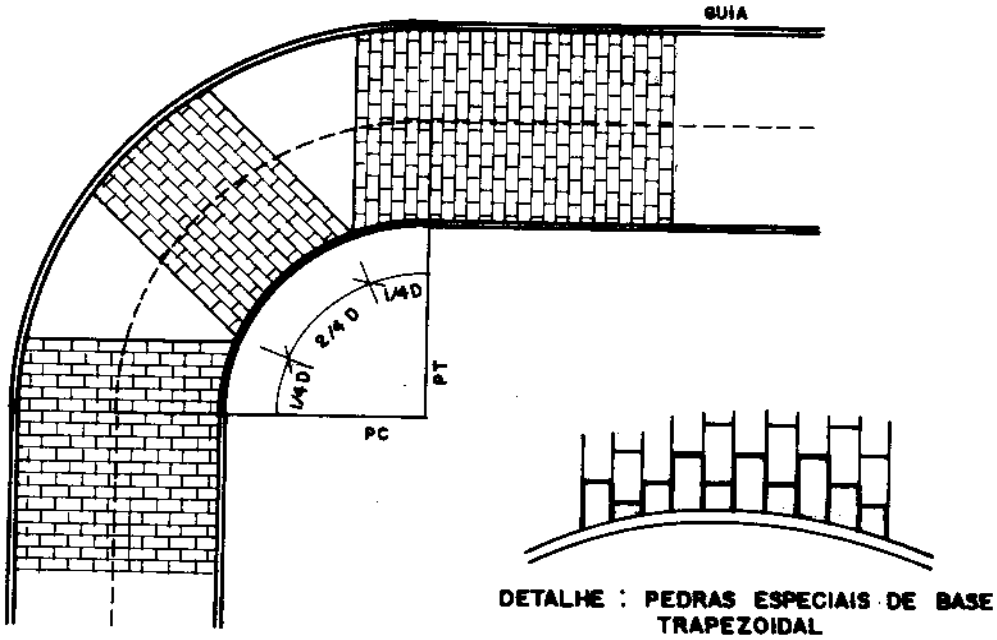


Ilustração Nº 2

Assentamento – Entroncamento Normal



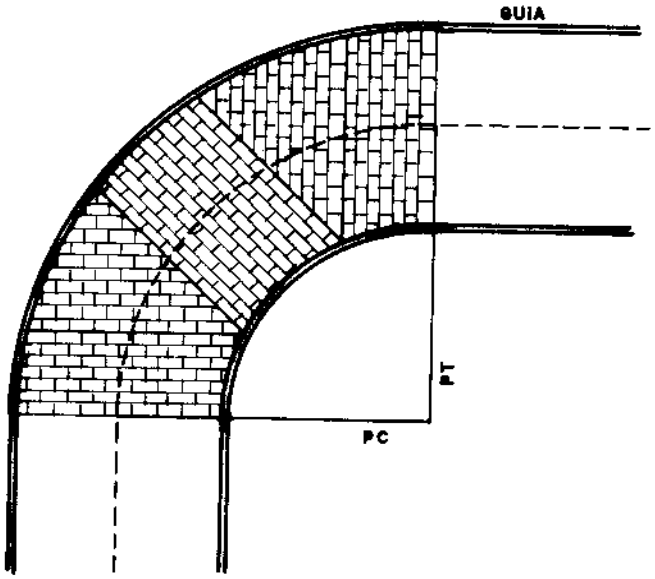


Ilustração Nº 3

Assentamento – Trecho em Curva de Pequeno Raio

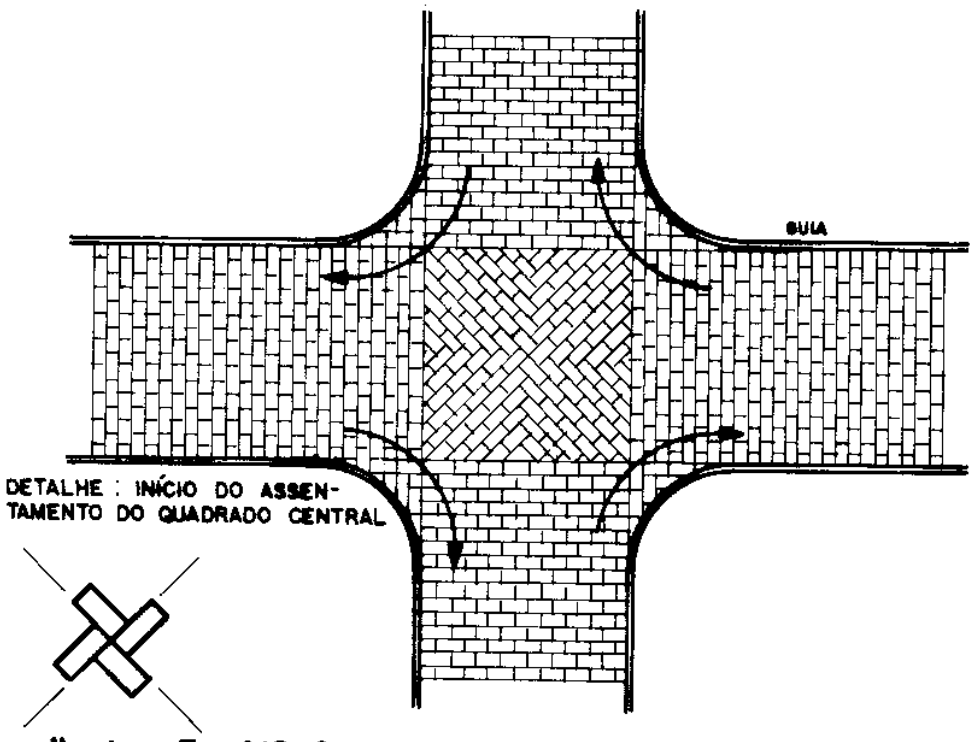


Ilustração Nº 4

Assentamento – Cruzamento Normal de Vias

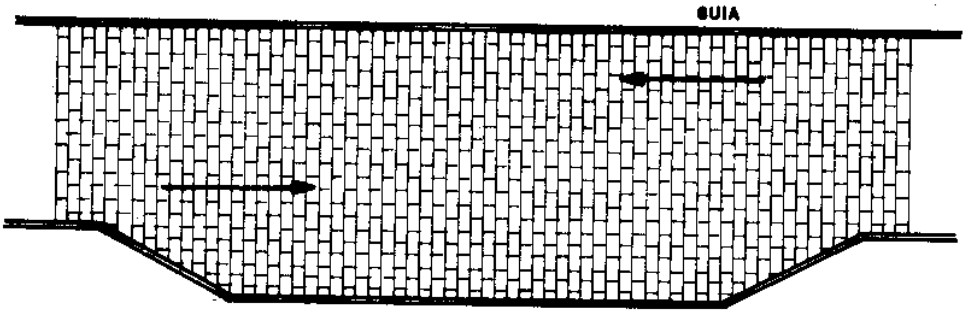


Ilustração Nº 5

Assentamento – Trecho com Alargamento para Estacionamento

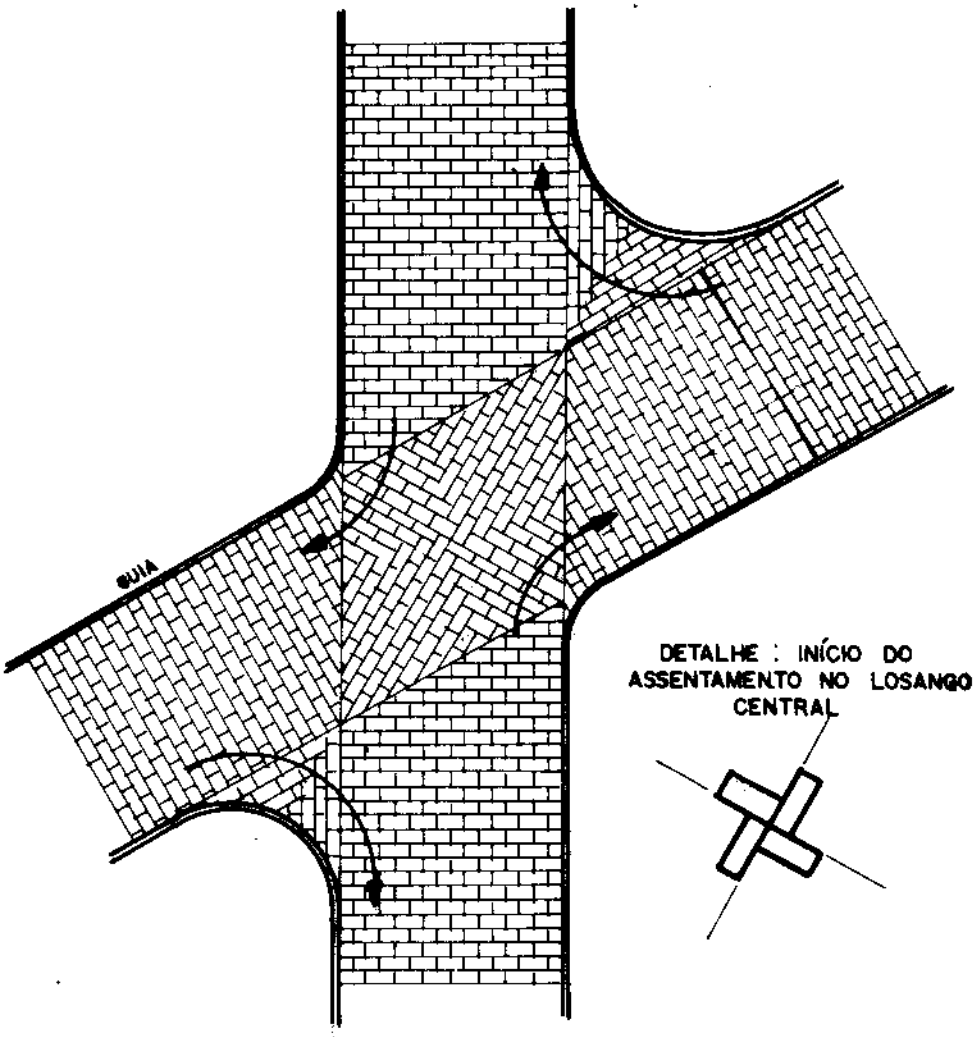


Ilustração Nº 6

Assentamento – Cruzamento Esconso de Vias

Ilustração N° 7

Assentamento de blocos intertravados – Detalhe da coincidência de juntas de fileiras alternadas

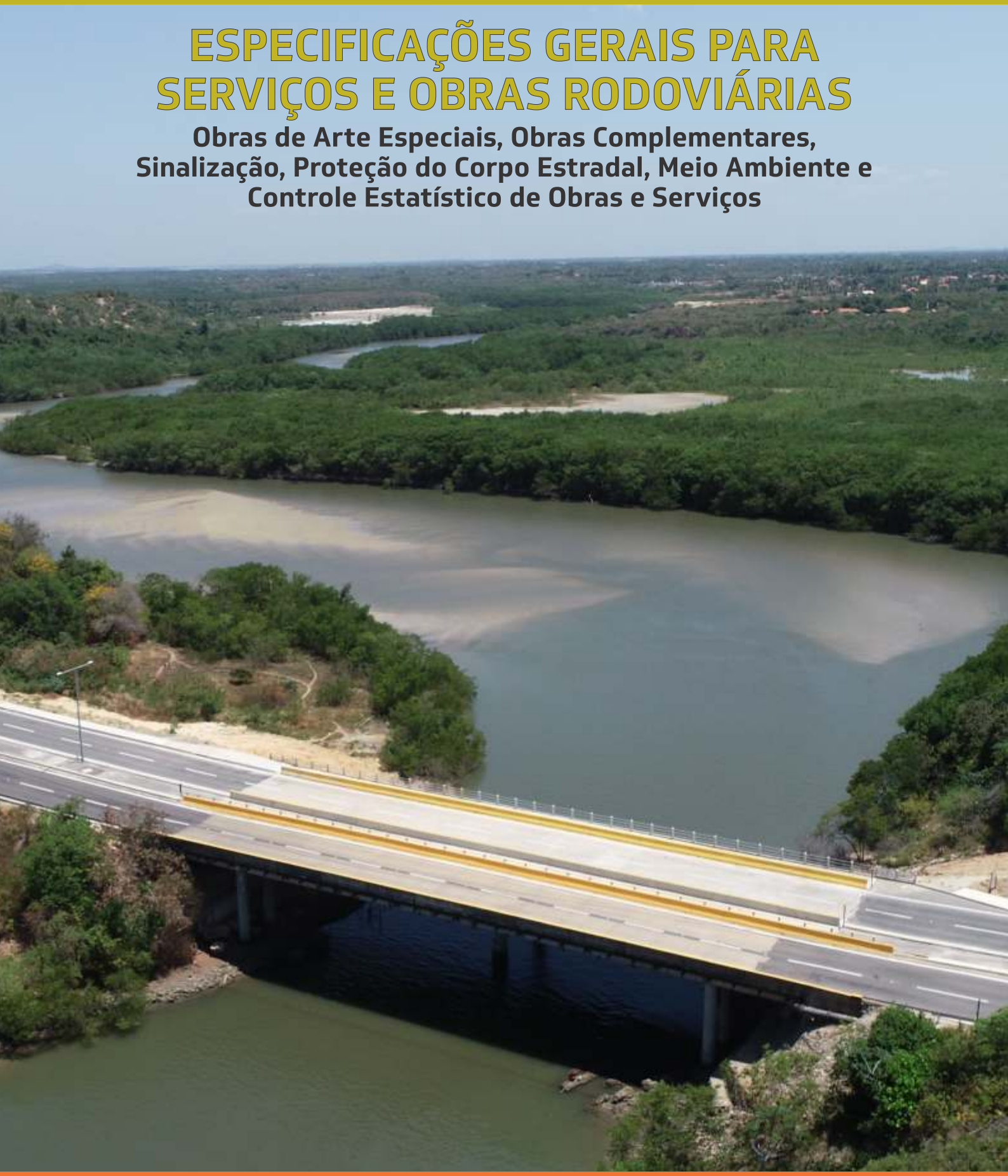
SOP-CE | SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

Av. Alberto Craveiro, 2775 Térreo | Castelão | Fortaleza/CE
CEP: 60.861-211 | CNPJ: 33.866.288/0001-30
Horário de Atendimento: 08 às 17 Horas
Contato: (85) 3108.2800 / 2801
Disponível no site: www.sop.ce.gov.br

VOLUME 3

ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA SERVIÇOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

Obras de Arte Especiais, Obras Complementares, Sinalização, Proteção do Corpo Estradal, Meio Ambiente e Controle Estatístico de Obras e Serviços



SOP-CE | SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria das Cidades

EXPEDIENTE

Camilo Santana
Governador

Zezinho Albuquerque
Secretário das Cidades

Francisco Quintino Vieira Neto
Superintendente da SOP

Ilo Santiago
Superintendente Adjunto de Rodovias

Celso Lelis
Superintendente Adjunto de Edificações

Walter Batista
Assessor de Controle Interno e Ouvidoria

Mayana Freitas
Assessora Jurídica

Ana Flávia Gomes
Assessoria de Comunicação

Hermano Zenaide Filho
Diretor de Engenharia Rodoviária

Sérgio Azevedo
Diretor de Infraestrutura Rodoviária e Aeroportuária

Aline Cordeiro
Diretora de Projetos de Edificações

Cláudio Brito
Diretor de Engenharia de Edificações

Silvio Campos
Diretor de Articulação Técnica e Obras Especiais

Arnoudo Alves
Diretor de Planejamento e Gestão

3ª EDIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA SERVIÇOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

CRÉDITOS

Gerência
Geólogo Francisco Quirino Rodrigues Ponte
Coordenador do Programa BID

Comissão Fiscalizadora
Engenheiro Civil Galdino Lins Ribeiro
Geológo José Furtado Pinto
Engenheiro Civil Roberto Xavier de Lima
Engenheira Civil Larissa Augusto e Silva

Redação
Engenheiro Civil Hermano Zenaide Filho

Colaboração/Diagramação
Engenheiro Civil Daniel Zenaide
Publicitário Diego Castelo Branco

CAPÍTULOS

VOLUME 1
NOTAS INTRODUTÓRIAS
INSTRUÇÕES GERAIS DE OBRAS
T – TERRAPLENAGEM
D – DRENAGEM
OAC – OBRAS DE ARTE CORRENTES

VOLUME 2
P – PAVIMENTAÇÃO

VOLUME 3
OAE – OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
OC – OBRAS COMPLEMENTARES
S – SINALIZAÇÃO
PCE – PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL
MA – MEIO AMBIENTE
CE – CONTROLE ESTATÍSTICO DE OBRAS E SERVIÇOS

VOLUME 4
ANEXOS

ÍNDICE | VOLUME 3

1 – APRESENTAÇÃO.....4

2 – ESPECIFICAÇÕES DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS.....5
SOP-ES-OAE – 01/19 - Serviços Preliminares.....6
SOP-ES-OAE – 02/19 - Concretos e Argamassas.....9
SOP-ES-OAE – 03/19 - Armaduras para Concreto Armado.....25
SOP-ES-OAE – 04/19 - Armaduras para Concreto Protendido.....33
SOP-ES-OAE – 05/19 - Formas e Cimbres.....41
SOP-ES-OAE – 06/19 – Fundações.....46
SOP-ES-OAE – 07/19 - Estruturas Complementares de O.A.E.de Concreto.....67
SOP-ES-OAE – 08/19 - Alvenaria de Pedra Argamassada.....75
SOP-ES-OAE – 09/19 – Passagem Molhada.....81

3 – ESPECIFICAÇÕES DE OBRAS COMPLEMENTARES.....87
SOP-ES-OC-01/19 - Cercas.....88
SOP-ES-OC-02/19 - Defensas Metálicas.....94

4 – ESPECIFICAÇÕES DE SINALIZAÇÃO.....102
SOP-ES-S 01/19 – Sinalização Horizontal.....103
SOP-ES-S 02/19 – Sinalização Vertical.....143
SOP-ES-S 03/19 – Dispositivos Auxiliares de Sinalização.....157

5 – ESPECIFICAÇÕES DE PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL.....197
SOP-ES-PCE 01/19 – Proteção Vegetal.....198
SOP-ES-PCE 02/19 – Impermeabilização Asfáltica de Taludes.....205
SOP-ES-PCE 03/19 – Estrutura de Gabião Para Arrimo de Proteção de Corpo Estradal.....212

6 – ESPECIFICAÇÕES DE MEIO AMBIENTE.....222
SOP-ES-MA 01/19 – Proteção Acústica de Áreas Lindeiras a Rodovia.....223
SOP-ES-MA 02/19 – Tratamento de Taludes com Solos Inconsistentes.....227
SOP-ES-MA 03/19 – Cerca de Tela para Proteção da Fauna.....232

7 –ESPECIFICAÇÕES DE CONTROLE ESTATÍSTICO.....235
SOP-ES-CE 01/19 – Controle Estatístico de Obras e Serviços.....236
SOP-ES-CE 02/19 – Controle Estatístico de O.A. Especiais e Pavimentos de Concreto.....240

APRESENTAÇÃO

Com o objetivo de atualizar e aprimorar a tecnologia rodoviária no Estado do Ceará, a Superintendência de Obras Públicas (SOP-CE) tem a satisfação de apresentar esta 3ª Edição das Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias, que foram revistas, atualizadas e complementadas a partir da 2ª edição publicada no ano de 2000.

O trabalho de revisão, atualização e complementação das especificações gerais teve início no antigo Departamento Estadual de Rodovias (DER-CE), como parte do Programa Viário de Integração e Logística – Ceará IV, implementado pelo Governo Estadual através do Empréstimo 3395/OC – BR, firmado com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) no ano de 2019, na gestão do Engenheiro José Sérgio Fontenele de Azevedo, e foi concluído e editado pela Superintendência de Obras Públicas, que incorporou e sucedeu ao DER-CE.

A revisão das especificações foi realizada por uma equipe de alto nível, composta por engenheiros servidores do Estado, de consultoras e de construtoras, através do contrato nº 060/2018, firmado entre SOP-CE/DER-CE e a Consultora de Engenharia HMD Ltda. Os trabalhos foram gerenciados pelo Geólogo Francisco Quirino Rodrigues Ponte, coordenador do Programa BID, tendo como comissão fiscalizadora os servidores públicos Engenheiro Civil Galdino Lins Ribeiro, o Geológo José Furtado Pinto e o Engenheiro Civil Roberto Xavier de Lima. A Engenheira Civil Larissa Augusto e Silva também prestou valorosa e determinante contribuição para a elaboração deste documento.

Apresentam-se neste Volume 3 as Especificações de Obras de Arte Especiais, de Obras Complementares, de Sinalização, de Proteção do Corpo Estradal, de Meio Ambiente e de Controle Estatístico.

Eng° Civil Francisco Quintino Vieira Neto
Superintendente da SOP/CE

2 – ESPECIFICAÇÕES DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

1 DEFINIÇÃO

Serviços preliminares são operações que precedem o início de qualquer obra compreendendo os seguintes serviços: desmatamento, destocamento e limpeza, remoção de estruturas, implantação de instações do canteiro de obras que permitam boas condições de habitabilidade dos empregados, correto armazenamento de materiais, operação de equipamento e vias de acesso para o perfeito abastecimento do canteiro

2 MATERIAIS

Os materiais a serem empregados, deverão ser adequados aos tipos de serviço a serem executados e atender as especificações respectivas adotadas pela SOP/CE.

3 EQUIPAMENTO

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado, serão função do tipo e das dimensões dos serviços preliminares a executar.

4 EXECUÇÃO

4.1 Preparo do terreno

Antes de iniciar qualquer serviço correlacionado diretamente com a execução da obra de arte deverá o executante proceder a limpeza do terreno em toda a área a ser ocupada pela obra e pelas instalações necessárias à execução, retirando a vegetação existente e removendo os detritos e obstáculos encontrados para local que não afete a segurança das instalações e da futura obra.

4.2 Instalações

Ao executante cabe providenciar instalações adequadas para escritório, almoxarifado, alojamento e alimentação de funcionários, oficinas, depósitos de materiais e combustíveis, preparo de formas e armações, produções de

concreto e fabricação de pré-moldados, se houve, bem como para operações de equipamentos necessários ao controle tecnológico da obra. As instalações deverão ser executadas em compartimentos independentes e submetidos à aprovação da fiscalização, quando concluídas.

4.3 Remoção de obras de arte ou obstáculos

As obras de arte ou obstáculos que impeçam a boa execução dos serviços deverão ser removidos pelo executante e o mamterial resultante da demolição dever ser transportado para locais previamente determinados, a fim de minimizar os danos inevitáveis e possibilitar a recuperação ambiental.

4.4 Locação da obra

A locação geral da obra será indicada no projeto compreendendo o eixo longitudinal e as referências de nível. Ao executante cabe verificar e complementar a locação da obra.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

A disponibilidade de água potável, a disposição de esgotos em fossas sépticas instaladas a distâncias seguras de poços de abastecimento d’água e de talvegues naturais, são condições básicas para a instalação do canteiro. As áreas utilizadas como canteiro de serviço deverão ter os efluentes, como graxas e óleos utilizados na limpeza e manutenção de equipamentos das oficinas de campo, controlados através de dispositivos de filtragem e contenção.

Deverão ser adotados cuidados para evitar represamento e empoçamento d’água que possam produzir áreas insalubres proliferadoras de mosquitos e outros vetores. Os solos vegetais da área destinada à instalação do canteiro de obra serão estocados em local não sujeito à erosão e reincorporados à origem após a desmobilização, abrangendo a recuperação de uso da área de origem após conclusão da obra.

6 CONTROLE E CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO

6.1 – Controle

O controle dos serviços preliminares será realizado com base nos elementos de projeto e nas especificações aplicáveis.

7 MEDIÇÃO

A preparação do terreno envolve serviços medidos pela área executada, em metros quadrados, tais como: corte de capoeira fina a foice, a limpeza mecanizada de terreno com remoção de camada vegetal utilizando trator de esteiras, a raspagem e limpeza do terreno e envolve um serviço medido por unidade que é a retirada de árvores.

A construção do canteiro de obra envolve serviços medidos por unidades tais como: barracão para escritório com tipos padronizados, fossa sumidouro para barracão, instalação provisória de água, esgoto, luz, força, telefone e lógica e de sanitário. Envolve também serviços medidos por área, em metros quadrados, tais como: abrigo provisório para alojamento e depósito, com 1 ou 2 pavimentos, só alojamento, barracão aberto, refeitórios, sanitários e chuveiros e placas padrão de obra.

A mobilização e a desmobilização de equipamentos feitas em caminhão equipado com guindaste ou em cavalo mecânico com prancha de 3 eixos são medidas pela extensão percorrida pelo veículo transportador, em Km.

8 PAGAMENTO

O pagamento dos serviços preliminares será feito pelos preços unitários contratuais de cada item de serviço efetivamente realizado, medido conforme o item 7, estando incluído todas as etapas de execução, mão de obra, encargos sociais, equipamentos, ferramentas, transportes, limpeza, desmatamento, destocamento, retirada de árvores, materiais, construções, placas, instalações, mobilização e desmobilização de equipamentos, lucro e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Concretos e argamassas: são misturas em proporção pré-fixadas de aglutinante (cimento portland) com água e agregados, podendo conter eventualmente certos aditivos, conforme projeto, de tal modo que venha formar uma massa homogênea e de consistência mais ou menos plástica e que endureça com o tempo.

2 MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente as especificações em vigor na SOP-CE para execução de concretos e argamassas.

2.1 - Cimento

Não havendo indicação em contrário, o cimento a empregar será o Portland comum ou de alto forno, devendo satisfazer as prescrições das normas ABNT-NBR 5732/91 (Cimento Portland comum) e NBR 5735/91 (Cimento Portland de alto forno). Caberá à fiscalização aprovar o cimento a ser empregado, podendo exigir a apresentação de certificado de qualidade, quando julgar necessário. Todo cimento deverá ser entregue no local da obra, em sua embalagem original. O cimento deverá ser armazenado em local seco e abrigado, por tempo e forma de empilhamento que não comprometam a sua qualidade. Será permitido o uso de cimento a granel, desde que, em cada silo, seja depositado cimento de uma única procedência. O cimento, em silo, só poderá ficar armazenado por período tal que não venha a comprometer a sua qualidade.

2.2 - Agregados

Os agregados para a confecção de concreto ou argamassa deverão ser materiais resistentes e inertes, de acordo com as definições a seguir. Deverão

ser armazenados separadamente, isolados do terreno natural, procurando-se evitar qualquer contaminação.

2.2.1 - Agregado miúdo

O agregado miúdo é areia natural quartzosa ou produto de britagem de diâmetro menor ou igual a 4,8mm. Deve ser limpo e não apresentar substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica, etc., obedecendo ao prescrito na especificação de material DNER-EM 38/97 (Agregado miúdo para concreto de cimento).

2.2.2 - Agregado graúdo

Consistirá de pedra britada, seixo rolado britado ou não, de diâmetro máximo superior a 4,8mm e inferior a 75mm isento de partículas aderentes, e não podendo apresentar substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica, etc., obedecendo ao prescrito na especificação de material DNER-EM 37/97 (Agregado graúdo para concreto de cimento).

O agregado graúdo será constituído pela mistura de partículas de diversos diâmetros, em proporções convenientes, de acordo com os traços indicados.

2.2.3 - Pedra de mão

A pedra de mão para concreto ciclópico, de granito, gnaisse ou outra rocha estável, deverá ter qualidade idêntica a exigida para a pedra britada a empregar na confecção do concreto.

Deverá ser limpa e isenta de incrustações nocivas e sua máxima dimensão não inferior a 7,6cm, nem superior a 25cm (DNER – Terminologia rodoviária).

2.3 - Água

A água para preparação dos concretos e argamassas deverá ser razoavelmente clara e isenta de óleos, ácidos, álcalis, matéria orgânica, etc., e obedecer a especificação de material DNER-EM 34/97 (Água para concreto).

2.4 - Aditivos

O uso de aditivos, dispersantes, arejadores, aceleradores, retardadores de pega, etc., só será permitido quando indicados no projeto ou mediante autorização expressa da fiscalização.

Para o concreto protendido os aditivos que contenham cloreto de cálcio ou quaisquer outros halogenetos serão rigorosamente proibidos. Não deverão conter ainda ingredientes que possam provocar a corrosão do aço, as mesmas recomendações para calda de injeção.

3 EQUIPAMENTOS

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado dependerão do tipo e dimensões do serviço a executar. Para os concretos preparados na obra poderá ser utilizada betoneira estacionária de no mínimo 320 litros, com dosador de água, central de concreto ou caminhão betoneira. Para o lançamento poderão ser utilizados carrinhos-caçambas, caçambas, bombas.

4 EXECUÇÃO

4.1 Concreto

O concreto pode se apresentar quanto a sua densidade como concreto normal, com massa específica entre 2000 e 2800 kgf/m³, como concreto leve, cuja massa específica não ultrapassa 2000 kgf/m³ e como concreto pesado com massa

específica maior que 2800 kgf/m³. O concreto deve apresentar uma massa fresca trabalhável com os equipamentos disponíveis na obra, para que depois de endurecido se torne um material homogêneo e compacto.

4.1.1 Dosagem

O concreto consistirá na mistura de cimento Portland, agregados e água.

O concreto para fins estruturais deverá ser dosado racionalmente a partir da tensão de ruptura estabelecida no projeto, do tipo de controle do concreto e das características físicas dos materiais componentes. O executante não poderá alterar essa dosagem sem autorização expressa da fiscalização, devendo adotar as medidas necessárias à sua manutenção.

Serão consideradas também, na dosagem dos concretos, condições peculiares, como impermeabilização, resistência ao desgaste, ação de águas agressivas, aspectos das superfícies, condições de colocação, névoa salina, etc.

O concreto para outros fins que não o estrutural, ou que não se destine a um emprego que requeira características especiais, poderá ser dosado empiricamente, devendo, neste caso, satisfazer às exigências da ABNT-NBR 6118/80 (Projeto e execução de obras de concreto armado).

A operação de medida dos materiais componentes do traço deverá, sempre que possível, ser realizada em peso, em instalações gravimétricas, automáticas ou de comando manual, prévia e corretamente aferidas.

Quando a dosagem do concreto for por processo volumétrico, deverão ser empregados caixotes de madeira ou de metal, de dimensões corretas, indeformáveis pelo uso, e identificados pelo tipo de material, em obediência ao traço fixado.

Por ocasião do enchimento dos caixotes, o material não poderá ultrapassar o plano da borda, não sendo permitido, em hipótese alguma, a formação de abaulamentos, para o que deverá ser procedido sistematicamente o arrasamento das superfícies finais.

Atenção especial deverá ser dada à medição da água de amassamento, devendo ser previsto o dispositivo de medida capaz de garantir a exatidão do volume da água com um erro inferior a 3% do fixado na dosagem.

4.1.2 Preparo

O concreto poderá ser preparado no local da obra ou recebido pronto para emprego imediato, quando preparado em outro local, e transportado.

O preparo do concreto no local da obra deverá ser feito em betoneira de tipo e capacidade aprovados pela fiscalização e somente será permitida a mistura manual em casos de emergência, com a devida autorização da fiscalização. A mistura manual deverá ser enriquecida com pelo menos 10% do cimento previsto no traço adotado. Em hipótese alguma a quantidade total de água de amassamento será superior à prevista na dosagem, havendo sempre um valor fixo para o fator água/cimento.

Os materiais serão colocados no tambor de modo que uma parte da água de amassamento seja admitida antes dos materiais secos; a ordem de entrada na betoneira será: parte do agregado graúdo, cimento, areia, e o restante da água de amassamento e, finalmente, o restante do agregado graúdo. Os aditivos deverão ser adicionados à água em quantidades certas, antes do seu lançamento no tambor, salvo recomendações de outro procedimento, pelo fabricante do aditivo.

O tempo de mistura, contado a partir do instante em que todos os materiais tiverem sido colocados na betoneira, dependerá do tipo da betoneira e não deverá ser inferior a:

- Para betoneiras de eixo vertical.....1 minuto
- Para betoneira basculantes.....2 minutos
- Para betoneiras de eixo horizontal.....1,5 minutos

A mistura volumétrica do concreto deverá ser sempre preparada para uma quantidade inteira de sacos de cimento. Os sacos de cimento que, por qualquer razão, tenham sido parcialmente usados, ou que contenham cimento endurecido, serão rejeitados. O uso de cimento proveniente de sacos usados ou rejeitados não será permitido.

Todos os recipientes, destinados à medição para preparo do concreto deverão estar sujeitos à aprovação da fiscalização.

Quando a mistura for feita em central de concreto, situada fora do local da obra, a betoneira e os métodos usados deverão estar de acordo com os requisitos desta especificação.

O concreto deverá ser preparado somente nas quantidades destinadas ao uso imediato. O concreto que estiver parcialmente endurecido não deverá ser remisturado.

4.1.3 Transporte

Quando a mistura for preparada fora do local da obra, o concreto deverá ser transportado para o canteiro de serviço em caminhões betoneiras. O fornecimento do concreto deverá ser regulado de modo que a concretagem seja feita continuamente, a não ser quando retardada pelas operações próprias da concretagem. Os intervalos entre as entregas deverão ser tais que não permitam o endurecimento parcial do concreto já colocado, não devendo exceder a 30 minutos.

4.1.4 Lançamento

O lançamento do concreto só poderá ser iniciado após o conhecimento dos resultados dos ensaios, mediante autorização da fiscalização. Para isso será necessário, também, verificar se a armadura está montada com distribuição e afastamento para recobrimento corretos e se as formas, quando de madeira, foram suficientemente calafetadas e molhadas, removendo-se de seu interior os cavacos e serragem de madeira e outros resíduos das operações de carpintaria.

O lançamento do concreto de uma altura superior a dois metros, bem como o acúmulo de grande quantidade em um ponto qualquer e o seu posterior deslocamento, ao longo das formas, não serão permitidos.

Calhas, tubos ou canaletas poderão ser usados como auxiliares no lançamento do concreto. Deverão estar dispostos e ser usados de modo que eles próprios não provoquem segregação do concreto.

Todas as calhas, canaletas e tubulões deverão ser mantidas limpas e isentas de camada de concreto endurecido, devendo ser preferencialmente feitas ou revestidas com chapas metálicas.

Cuidados especiais deverão ser tomados para manter a água parada no local do lançamento. O método de lançar o concreto deverá ser regulado de modo a que sejam obtidas camadas aproximadamente horizontais.

4.1.5 Adensamento de concreto

O concreto deverá ser bem adensado mecanicamente dentro das formas, usando-se para isso vibradores de tipo e tamanho aprovados pela fiscalização. Somente será permitido o adensamento manual em caso de interrupção no fornecimento de força motriz aos aparelhos mecânicos empregados, e por período de tempo mínimo indispensável ao término da moldagem da peça em execução, devendo-se, para este fim, elevar o consumo de cimento de 10%, mantido o fator água/cimento.

Para a concretagem de elementos estruturais, serão empregados, preferivelmente, vibradores de imersão com diâmetro da agulha vibratória compatível com às dimensões da peça, e com a densidade de ferros da armadura metálica, a fim de permitir a sua ação em toda a massa a vibrar sem provocar, por penetração forçada, o afastamento das barras de suas posições corretas.

A posição correta de emprego de vibradores de imersão é a vertical, devendo ser evitado seu contato demorado com as paredes das formas ou com as barras da armadura, assim como sua permanência demasiada em um mesmo ponto, o que poderá causar refluxo excessivo da pasta em torno da agulha.

O afastamento de dois pontos contíguos de imersão do vibrador, deverá ser de no mínimo 30cm.

A consistência dos concretos deverá satisfazer às condições de adensamento com a vibração e à trabalhabilidade exigida pelas peças a moldar.

4.1.6 Cura e proteção do concreto

O concreto para atingir sua resistência total, deverá ser curado e protegido eficientemente contra o sol, vento e chuva. A cura deve continuar durante um período de 7 (sete) dias após o lançamento, caso não existam indicações em contrário.

Para o concreto protendido, a cura deverá prosseguir até que todos os cabos estejam protendidos. Quando for usado cimento de alta resistência inicial, este período poderá ser reduzido.

A água para cura deverá ser da mesma qualidade da usada para a mistura do concreto.

4.1.7 Juntas de concretagem

As juntas de concretagem deverão obedecer, rigorosamente, ao disposto no plano de concretagem previsto no projeto. O número de juntas de concretagem deverá ser o menor possível.

4.2 Concreto ciclópico

Onde for necessário o emprego de concreto ciclópico, deverá ser adicionado a um concreto preparado como antes descrito, um volume de 30% de pedras de mão (dimensões entre 7,6 cm e 30,0 cm).

Nenhum concreto a ser empregado em concreto ciclópico deverá ter tensão de ruptura à compressão inferior a 10MPa.

As pedras de mão deverão ser distribuídas de modo que sejam completamente envolvidas pelo concreto, não tenham contato com pedras adjacentes e não possibilitem a formação de vazios. Deverão ficar no mínimo 5 cm afastados das formas.

4.3 Argamassa

Salvo autorização em contrário dada pela fiscalização, as argamassas deverão ser preparadas em betoneira. Sendo permitida a mistura manual, a areia e o cimento deverão ser misturados a seco até a obtenção de mistura com coloração uniforme, quando então será adicionada a água necessária a obtenção da argamassa de boa consistência de modo a permitir o manuseio e espalhamento fáceis com a colher de pedreiro. A argamassa que não tiver sido empregada dentro de 45 minutos após a sua preparação, será rejeitada não sendo permitido o seu aproveitamento, mesmo que a ela seja adicionado mais cimento.

Para as alvenarias de pedras argamassadas as argamassas terão o traço em peso, de cimento e areia na proporção de 1:4.

4.4 Calda de cimento para injeção

É o produto da mistura conveniente de cimento e água e, eventualmente, de aditivos, para preenchimento de bainhas ou dutos de armadura de protensão de peças de concreto protendido, a fim de proteger armadura contra a corrosão e garantir a aderência posterior ao concreto da peça.

Recomenda-se a injeção da calda de cimento até, no máximo, 08 (oito) dias após a protensão dos cabos.

O cimento utilizado deve ser o cimento Portland comum, ou outro tipo de cimento que satisfaça as seguintes exigências:

1) Teor de cloro proveniente de cloreto: máximo igual a 0,10%;

2) Teor de enxofre proveniente de sulfetos máximo de 0,20%, determinado pela ABNT-NBR 5746/92 (Cimento Portland – Determinação de enxofre na forma de sulfeto).

A água será considerada satisfatória se atender ao constante do item 2.3, desta especificação.

Não será permitido aditivos que contenham halogenetos ou reatores ao material da calda, ou materiais que ataquem o aço. O fator água/cimento não deverá ser superior a 0,45 em massa.

As argamassas destinadas ao nivelamento das faces superiores dos pilares e preparo do berço dos aparelhos de apoio deverão ter resistência característica à compressão de 25 MPa.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle do material

A ABNT-NBR 12.654/92 (Controle tecnológico dos materiais componentes do concreto) fixa as condições exigíveis para o controle dos materiais.

5.1.1 – Cimento

Apenas quando houver indícios de má qualidade do cimento, deverão ser procedidos aos seguintes ensaios previstos pela ABNT:

a) NBR-5740/77 (Análise química de cimento Portland – Disposições gerais);
b) NBR-7215/91 (Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão);
c) NBR-7224/84 (Cimento Portland – Determinação da área específica);
d) NBR-11580/91 (Cimento Portland – Determinação da água da pasta de consistência normal);
e) NBR-11581/91 (Cimento Portland – Determinação do tempo de pega);
f) NBR-11582/91 (Cimento Portland – Determinação da expansibilidade de Le Chatelier).

Controle do peso do saco de cimento; tolerância de 2%, com a frequência de verificação a cada lote de 50 sacos.

5.1.2 Agregados miúdo e graúdo

Deverão obedecer a ABNT NBR 7211/83 (Agregado para concreto – Recepção de agregados).

5.1.3 Água

Controle da água, apenas quando apresenta aspecto ou procedência duvidosa para utilização em concreto armado ou protendido será considerada satisfatória se apresentar PH entre 5,8 e 8,0 e respeitar os limites máximos, abaixo:

a) Matéria orgânica: 3mg/l (oxigênio consumido);
b) Resíduo sólido: 5.000mg/l;
c) Sulfatos: 300mg/l (ions 50l);
d) Cloretos: 50mg/l (ions l)
e) Açúcar: 500mg/l

Para casos especiais considerar outras substâncias prejudiciais.

O gelo a ser utilizado, quando necessário para resfriamento da mistura (concreto ou calda de cimento) deverá obedecer também aos requisitos acima.

5.2 Controle da execução do concreto

5.2.1 Controle da execução do traço do concreto

Tem a finalidade de assegurar durante a execução do concreto, o cumprimento dos valores fixados na dosagem, sendo para isto, indispensável o controle gravimétrico do traço, controle da umidade dos agregados, da sua composição granulométrica e o do consumo de cimento, para a introdução das correções que se fizerem necessárias à manutenção da dosagem recomendada.

A frequência das operações do controle acima indicado é função do tipo da obra e do volume de concreto a executar; deverá ficar a critério da fiscalização, e ser capaz de assegurar a continuidade da qualidade exigida.

5.2.2 Controle da resistência mecânica do concreto

Tem por finalidade verificar se o concreto foi convenientemente dosado de modo a assegurar a tensão mínima de ruptura fixada no cálculo. Este controle será feito pela ruptura de corpos de prova cilíndricos, conforme a norma ABNT-NBR 5739/94 (Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos).

O número de corpos de prova a serem moldados nunca será inferior a 4 por obra ou para cada trinta metros cúbicos de concreto. Deverão também, ser moldados pelo menos 4 corpos de prova sempre que houver modificação do traço ou do tipo de agregado.

5.2.3 Controle estatístico dos resultados

O ensaio de resistência mecânica é feito com dois corpos de prova, considerando-se sempre o de maior resistência.

Com os resultados obtidos de pelo menos 16 ensaios, ou seja, 32 corpos de prova, procede-se à determinação do coeficiente de variação do canteiro de serviço.

O traçado do gráfico de controle dos resultados permitirá uma visão do conjunto dos valores obtidos e a observação das dispersões que ocorrem na qualidade de execução do concreto.

Para fins de classificação do tipo de canteiro de serviço que o executante estiver mantendo na obra, deverá ser empregado o seguinte critério:

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO %	**CONTROLE DE EXECUÇÃO**
$\leq$ 10	Excelente
10 a 15	Bom
15 a 20	Regular
$>$ 20	Fraco

Com os valores de coeficiente de variação do canteiro de serviço, diretamente determinados, e da tensão de ruptura fixada no cálculo, determina-se a tensão de dosagem apropriada e procede-se ao ajustamento dos traços empregados, ficando a critério da fiscalização a necessidade ou não de serem feitos novos estudos de dosagem racional.

A frequência do controle estatístico deverá ser determinada pela fiscalização.

5.3 Controle de execução do concreto ciclópico

O controle do concreto ciclópico é feito pelo controle do concreto simples utilizado, seguindo o mesmo procedimento dos itens 5.2.1, 5.2.2 e 5.2.3.

5.4 Controle de execução da argamassa

As argamassas serão controladas pelos ensaios de qualidade da água e da areia, bem como do controle das proporções do traço estabelecido.

5.5 Calda de cimento

O controle da calda de cimento deve ser realizado antes da injeção, inclusive o referente a resistência à compressão.

5.6 Critérios de aceitação e rejeição

O acabamento satisfatório das peças concretadas é controlado por inspeção visual após a retirada das formas.

A resistência a compressão dos diversos concretos é controlada pelos resultados aos 28 dias, devendo-se considerar aprovado quando fck do concreto for

igual ou superior ao fck do projeto e quando o controle estatístico indicar um coeficiente de variação satisfatório.

As peças que não forem aprovadas deverão ser demolidas e refeitas ou, quando possível, se fazer uma peça de reforço, consultado obrigatoriamente o projetista.

6 MEDIÇÃO

6.1 Concretos

Os concretos, simples, armado, protendido ou ciclópico, serão medidos pelo volume em metros cúbicos de concreto lançado no local, sendo o volume calculado em função das dimensões indicadas no projeto ou, quando não houver indicação no projeto, pelo volume medido no local de lançamento. Inclui o fornecimento dos materiais, preparo, mão de obra, utilização de equipamento, ferramentas, lançamento, adensamento, cura, controle e qualquer outro serviço necessário a concretagem.

Os transportes dos agregados e cimento serão medidos pelas fórmulas de transportes locais e comerciais, com base no peso em toneladas e na distância em Km.

6.2 Argamassa

A argamassa será medida por metro cúbico aplicado, em função das dimensões indicadas no projeto. Não caberá a medição em separado quando se tratar de alvenaria de pedra argamassada.

Os transportes da areia e do cimento serão medidos pelas fórmulas de transportes locais e comerciais, com base no peso em toneladas e na distância em Km.

6.3 Alvenaria de pedra argamassada

A alvenaria de pedra argamassada será medida por metro cúbico executada, volume este em função das dimensões indicadas no projeto ou, quando não houver indicação no projeto, pelo volume medido no local de execução. Não caberá a medição de argamassa quando se tratar de execução de alvenaria de pedra argamassada.

Os transportes de pedra, areia e cimento serão medidos pelas fórmulas de transportes locais e comerciais, com base no peso em toneladas e na distância em Km.

6.4 Calda de cimento

Será medida em conjunto com a protensão.

7 PAGAMENTO

O concreto simples, armado, protendido ou ciclópico, a argamassa e alvenaria de pedra argamassada serão pagos aos preços contratuais para a quantidades aceitas e medidas conforme o item 6 e deverá incluir o custo do fornecimento dos materiais, preparo, mão de obra com os encargos sociais, utilização de equipamentos, ferramentas, transportes, lançamento, adensamento, cura, controle e qualquer outro serviço necessário a concretagem.

1 DEFINIÇÃO

Armaduras para concreto armado são barras e fios de aço que imersas em massa de concreto de cimento Portland, formam peças, que de acordo com o projeto, destinam-se a suportar carregamentos preestabelecidos dentro de deformações previstas.

Somente poderão ser usados em obras de arte correntes/especiais as barras, fios e telas de aço que atendam às condições estabelecidas nas ABNT-NBR 7480/85 (Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado) e ABNT-NBR 7481/90 (Telas de aço soldadas para armadura de concreto). Outros aços poderão ser utilizados em casos especiais após análise em laboratório nacional idôneo e aprovação do projetista.

2 MATERIAIS

2.1 Barras e fios de aço

A qualidade das barras e fios de aço a empregar, será especificado no projeto e deverá atender às prescrições da ABNT citadas.

As barras e os fios de aço são classificados nas categorias CA-25, CA-40 e CA-50, além de CA-60 para os fios. Pelo projeto de fabricação são classificados em barras de aço classe A e barras e fios de aço classe B.

2.2 Telas de aço

As telas de aço são fabricadas com fios de categoria CA-50B ou CA-60. As tabelas dos fabricantes deverão conter, no mínimo, o nome da fábrica, o tipo de aço, a designação da tela, a área de seção dos fios longitudinais e transversais, em cm², o diâmetro dos fios longitudinais, em mm, o espaçamento entre os fios

longitudinais e transversais ou entre feixes longitudinais, em cm, e a massa por unidade de área, em kgf/m².

3 EQUIPAMENTO

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado, dependerão do tipo e dimensões de cada serviço a executar. Assim, o executante apresentará a relação detalhada do equipamento para cada obra, ou para um conjunto de obras.

4 EXECUÇÃO

4.1 Corte e dobramento

O corte e dobramento das barras devem ser executados a frio, de acordo com os detalhes do projeto, respeitando-se rigorosamente os raios de curvatura indicados e as prescrições do projeto.

4.2 Amarração

Os ferros colocados nas formas deverão ser amarrados entre si por meio de arame preto nº 18.

4.3 Emendas

As emendas serão especificadas no projeto e obedecerão às especificações da ABNT-NBR 6118/80 (Projeto e execução de obras de concreto armado), poderão ser por transpasse, com luvas rosqueadas, com soldas e outros dispositivos, como luvas com preenchimento metálico.

Cada barra tracionada não poderá ter emendas afastadas de menos de quatro metros. Não será permitida emenda por transpasse, para barras de bitola

menor que 25mm, nem para tirantes e pendurais, bem como, rosquear barras de aço de classe B.

As emendas com solda poderão ser: de topo, por caldeamento, para bitola não menor que 10mm, de topo, com eletrodo, para bitola não menor que 20mm; por transpasse, com pelo menos dois cordões de solda longitudinais ou barras justapostas, com cordões de solda longitudinais. As barras de aço classe B só poderão ser soldadas com eletrodo, executando-se a solda, por etapas e aquecimento controlado. As soldas de barra de aço classe A deverão ser feitas com eletrodos adequados, pré-aquecimento e resfriamento gradual.

4.4 Colocação

As amadura deverão ser colocadas nas formas, nas posições indicada no projeto, sobre calços de argamassa de cimento e areia, pedaços de vergalhões ou ainda sobre peças especiais (caranguejos), quando for o caso, de modo a garantir os afastamentos necessários das formas.

As armaduras deverão ser limpas, sendo removidas ferrugens, argamassas, manchas de óleo e graxa, antes de introduzidas em formas para moldagem do concreto. Devem ser verificadas as dimensões, as posições indicadas no projeto, os espaçamentos, os transpasses e os cobrimentos de todas as armaduras.

4.5 Cobrimento e proteção da armadura

Como indicado no projeto, sendo no mínimo de 2,5cm para peças ao ar livre, 3,0cm para concreto em contato com o solo, e 4,0cm para meio fortemente agressivo. Se o solo sob a estrutura não for rochoso, será executada uma camada de concreto simples, com o consumo mínimo de 250kgf de cimento por metro cúbico e espessura mínima de 5,0cm.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Condições gerais

Serão consideradas armaduras para concreto armado, unicamente as que satisfizerem às NBRs da ABNT de números 7480/85 e 7481/90 citadas.

.

As barras não deverão apresentar defeitos prejudiciais, tais como: fissuras, esfoliações, bolhas, oxidação excessiva e corrosões.

Deverão ser rejeitadas as barras que não satisfizerem esta especificação. Se a porcentagem de barras defeituosas for elevada de modo a tornar praticamente impossível sua superação, todo o fornecimento deverá ser rejeitado.

5.2 Tolerância

O diâmetro médio no caso de barras lisas de seção circular, poderá ser determinado com o auxílio de um paquímetro. No caso de barras com mossas ou saliências, ou de seção não circular, considera-se como diâmetro médio de seção transversal de uma barra de aço fictícia, de seção circular com peso por metro igual ao da barra examinada (peso específico de aço: 7,85kgf/cm³).

O peso nominal das barras é o que corresponde a seu diâmetro nominal. O peso real das barras com diâmetro nominal igual ou superior a 10 mm, deve ser igual a seu peso nominal, com a tolerância de 6%. Para as barras com diâmetro inferior a 10mm a tolerância é de 10%. Em cada fornecimento de barras, de mesma seção nominal deve ser verificado se são respeitadas as tolerâncias indicadas.

5.3 Amostragem

Cabe ao comprador em cada fornecimento de barras de mesma seção nominal e da mesma categoria: verificar o peso do material fornecido e se são preenchidas as condições gerais do item 5.1, rejeitando as barras que não as preencham; repartir as barra não rejeitadas em lotes aproximadamente do mesmo peso, de acordo com o critério a seguir indicado, não se permitindo no entanto, menos de dois lotes; separar ao acaso, de cada lote uma barra, e providenciar a extração de uma das extremidades dessa barra, de um segmento com aproximadamente 2 metros de comprimento, o qual será considerado como amostra representativa do lote; efetuar a remessa dessa amostra devidamente autenticada, a um laboratório convenientemente aparelhado para execução dos ensaios de recebimento.

O peso de cada lote expresso em toneladas; será igual a 0,5 ϕ, sendo o ϕ o diâmetro nominal expresso em milímetros, arredondando-se esse peso para um número inteiro de toneladas. Quando um grupo de barras puder ser identificado como proveniente de uma única corrida de aço, o peso de cada lote poderá ser aumentado para o dobro desses valores.

5.4 Ensaios

Cabe ao laboratório, recebida a amostra representativa do lote e verificada a sua autenticidade, submetê-la aos ensaios de tração e dobramento, obedecendo respectivamente as normas ABNT-NBR 6152/92 (Materiais metálicos – Determinação das propriedades mecânicas à tração) e ABNT-NBR 6153/88 (Produto metálico – Ensaio de dobramento semi-guiado), utilizando-se corpos de prova constituídos por segmentos da barra, e tomando-se como área de seção transversal, no caso de barras com mossas ou saliências, a área da seção transversal de uma barra de aço fictícia, de seção circular, que tenha o mesmo peso por metro linear que a barra ensaiada. Ao comprador será fornecido pelo laboratório o certificado desses ensaios.

5.5 Aceitação ou rejeição do lote

Ao comprador compete cotejar para cada lote do fornecimento, os resultados obtidos nos ensaios de recebimento, com as exigências desta especificação. O lote só será aceito caso todos os ensaios referentes à amostra sejam satisfatórios.

5.5.1 Critério da contraprova

Caso um ou mais desses resultados não satisfaçam às referidas exigências, a barra da qual foi retirada a amostra é separada e rejeitada e são retiradas para contraprova, de duas outras barras do mesmo lote, novas amostras uma de cada barra, as quais serão submetidas aos ensaios a que se refere o item 5.4. O lote será aceito caso todos os resultados dos ensaios referentes às novas amostras sejam satisfatórios. O lote será rejeitado caso qualquer um desses novos resultados não satisfaçam às referidas exigências.

Se mais de 20% dos lotes de um fornecimento tiverem de ser rejeitados, o comprador poderá rejeitar todo o fornecimento.

5.5.2 Critério estatístico

Em casos especiais mediante acordo entre o comprador e o fornecedor, o critério de aceitação ou rejeição poderá ser o critério estatístico indicado neste item:

a) O peso de cada lote será igual ao dobro do valor indicado no item 5.3;
b) De cada lote serão retirados pelo menos 5 amostra, provenientes de 5 barras escolhidas ao acaso;
c) O lote será aceito caso todos os ensaios referentes a essas 5 amostras forem satisfatórios;

d) Caso um ou mais resultados do ensaio de tração não satisfaçam aos requisitos mínimos exigidos por esta especificação e se todos os ensaios de dobramento forem satisfatórios, serão retiradas outras 5 amostras do lote, para ensaio de tração;

e) Para cada característica mecânica determinada nos dez ensaios de tração, assim realizados, será calculado o respectivo valor médio e o desvio padrão;

f) Será considerado como valor mínimo da referida característica mecânica o valor médio diminuído de 1,65 vezes o desvio padrão: sendo $\overline{X} = \frac{\Sigma Xi}{n}$ e $s = \sqrt{\Sigma (Xi - \overline{X})^2 / n - 1}$

g) O lote será aceito caso esse valor mínimo assim definido, seja superior ou igual ao mínimo exigido nesta especificação; será rejeitado caso esse valor mínimo não satisfaça a essa exigência.

5.6 Condições impostas

No ensaio de tração, a amostra deve apresentar tensão de escoamento e alongamento iguais ou superiores aos mínimos fixados no quadro seguinte para a categoria correspondente. A relação entre a tensão de ruptura e a tensão de escoamento, em cada amostra deverá ser pelo menos igual ao mínimo fixado nesse quadro.

No ensaio de dobramento com o cutelo, pino ou calço, indicado no quadro seguinte, para a categoria correspondente, a amostra deve suportar o dobramento de 180° sem ruptura ou fissuração.

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS EXIGÍVEIS DAS BARRAS DE AÇO DETINADAS A ARMADURAS DE PEÇAS DE CONCERTO ARMADO

CATEGORIA CA	ENSAIO DE TRAÇÃO			ENSAIO DE DOBRAMENTO		DISTINTIVO DA CATEGORIA
	TENSÃO DE ESCOAMENTO (δ) MÍNIMA kgf/mm²	TENSÃO DE RUPTURA MÍNIMA kgf/mm²	ALONGAMENTO EM 10 Φ MÍNIMO	DIÂMETRO DO PINO OU CUTELO (ÂNGULO DE 180°)		COR
				$\Phi < 25$ mm	$\Phi \geq 25$ mm	
BARRAS						
CA - 25A	25	1,5δ	18%	1 ϕ	2 ϕ	CINZENTA
CA - 40 A ou B	40	1,1δ	10%	3 ϕ	4 ϕ	VERMELHA
CA - 50 A ou B	50	1,1δ	8%	4 ϕ	5 ϕ	BRANCA
CA - 60 A ou B	60	1,1δ	7%	5 ϕ	6 ϕ	AZUL
FIOS						
CA - 50B	50	1,1δ	6%	4 ϕ		BRANCA
CA - 60B	60	1,1δ	6%	5 ϕ		AZUL

ϕ - Diâmetro da seção transversal de uma barra de aço fictícia, de seção circular, com peso por metro igual ao da barra ensaiada.

6 CRITÉRIO DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

6.1 Medição

As armaduras para concreto armado incluindo todos os serviços necessários a execução, serão medidos por quilograma de aço colocado nas formas, de acordo com o projeto.

6.2 Pagamento

O serviço será pago pelo preço unitário contratual para as quantidades aceitas e medida conforme o item 5.1 e incluem todas as etapas de execução, bem como mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento de todos os materiais utilizados, transportes, limpeza, acabamento e quaisquer outros serviços necessários a execução da armadura.

1 DEFINIÇÃO

Esta especificação estabelece a sistemática adotada no recebimento, corte e aplicação de fios, barras e cordoalhas que compõem as armaduras para concreto protendido.

As armaduras são constituídas dos seguintes elementos:

a) Cordoalha de sete fios - constituída de seis fios de mesmo diâmetro nominal, encordoados juntos, em forma helicoidal, com um passo uniforme em torno de um fio central;
b) Cordoalha de dois e três fios - constituída de dois ou três fios do mesmo diâmetro nominal, encordoados juntos, em forma helicoidal com um passo uniforme;
c) Lance - comprimento contínuo de cordoalha;
d) Rolo - comprimento de cordoalha apresentado em espiras concêntricas, formando um volume compacto;
e) Carretel - núcleo de madeira ou de outro material, no qual é enrolado certo comprimento de cordoalha.

Somente fios, barras e cordoalhas que atendam as condições estabelecidas pelas normas da ABNT citadas nessas especificações poderão ser usados em obra de arte especiais. Deverão ser do tipo e qualidade indicados no projeto, apresentar homogeneidade quanto às suas características geométricas e mecânicas a ser isentos de defeitos prejudiciais. Não sendo permitida solda ou qualquer emenda nos fios ou cordoalhas fornecidos.

2 MATERIAIS

2.1 Fios

Conforme a ABNT-NBR 7482/2008 (Fios de aço para concreto protendido), os fios apresentam-se com diâmetros variando de 4,0mm a 8,0mm, fornecidos em rolos com diâmetros internos de 1,2mm a 2,2mm. Classificam-se em duas categorias para cada diâmetro nominal, conforme a resistência a tração. Conforme o comportamento, classificam-se em relaxação normal (RN) e relação baixa (RB).

Deve ser verificada a identificação de cada rolo, deverá indicar: o nome ou símbolo do produto; número da ABNT-NBR 7482/2008; designação do produto (categoria: 150,160 ou 170 e relação: RN ou RB); diâmetro nominal do fio, em mm e o número do rolo.

2.2 Cordoalhas

De acordo com a ABNT-NBR 7483/2008 (Cordoalhas de aço para concreto protendido), as cordoalhas são constituídas de 2, 3 e 7 fios. Quanto a resistência à tração as de sete fios, classificam-se em categoria CP-175 e CP-190 e conforme o comportamento na relaxação em normal (RN) e baixa (RB). Para as cordoalhas de dois e três fios é prevista somente a categoria CP-180 e relaxação normal (RN). O número correspondente a classificação à tração corresponde ao limite de resistência à tração mínima na antiga unidade kgf/cm². O diâmetro nominal da cordoalha de 7 fios varia de 6,4mm a 15,2mm. O da cordoalha de 2 fios de 2mm x 2,0mm a 2mm x 3,5mm e da de três fios de 3mm x 3,0mm.

A identificação de cada rolo ou carretel deverá indicar: o nome ou símbolo do produto; número da ABNT NBR 7483/2008; designação do produto (número de fios da cordoalha; categoria: 175, 180 ou 190, e relaxação: RN ou RB); diâmetro nominal da cordoalha, em mm; número do rolo ou carretel; massa líquida, em kg, comprimento nominal, em mm e quantidade em comprimento dos lances.

2.3 Barras de alta resistência

As barras de aço de alta resistência são fornecidas em peças retilíneas, de comprimento limitado. Apresentam diâmetro de 32mm, fabricada em aço 85/100, 42/50 ou 50/55, o primeiro número representando o limite de escoamento e o segundo, o limite de ruptura, em KN/cm².

2.4 Bainhas

As bainhas servem para isolar os cabos do concreto. Em cabos de aderência posterior serão metálicas, flexíveis, corrugadas e serão rígidas em cabos retilíneos. O fornecimento será em rolos ou varas retilíneas ou serão fabricadas no próprio canteiro.

2.5 Armaduras passivas

Deverão atender ao prescrito na especificação de obras de arte especiais - Armaduras para concreto armado (SOP-ES-OAE 03/19).

3 EQUIPAMENTO

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento dependerá do processo adotado e da execução do serviço a realizar; o tipo e número dos macacos de protensão e bombas de alta pressão deverão constar da relação.

4 EXECUÇÃO

4.1 Armazenagem

Os fios, barras, cordoalhas, bainhas e cabos já confeccionados deverão ser armazenados com cuidados especiais, em local abrigado e colocados sobre estrados de madeira, no mínimo 20,0cm acima do solo. A estocagem deve ser pelo menor tempo possível, evitando a mistura de aços de diferentes procedências, partidas ou características.

4.2 Emendas

Os fios e cordoalhas não serão emendados. As barras de aço duplo filetado poderão ser emendadas através de luvas. As bainhas devem ser emendadas por meio de luvas apropriadas que garantam a impermeabilidade.

4.3 Preparação e montagem dos cabos nas formas

Os fios e cordoalhas deverão ser cortados de acordo com o projeto e apresentar-se isentos de sujeira, óleo ou outras substâncias estranhas, tolerada uma leve oxidação, desde que superficial, leve e uniforme, sem pontos de corrosão na superfície.

O diâmetro mínimo da bainha dependerá do tipo de cabo utilizado e do processo de enfiação. Se for posterior à concretagem do elemento estrutural como é geralmente exigido, serão previstos diâmetros maiores e paredes mais espessas.

Cada cabo será constituído por fios ou cordoalhas de uma mesma partida de aço.

Todas as bainhas terão purgadores nos locais indicados no projeto, suas extremidades protegidas contra a entrada de água e detritos, e não estarem amassadas, com corrosão ou com estrangulamentos localizados.

4.4 Ancoragens

Empregar as ancoragens isentas de sujeiras, óleos, graxas e colocá-las nas posições previstas no projeto. Nas ancoragens mortas em que a armadura se apoia em chapas metálicas, serão eliminadas as folgas nas partes apoiadas.

Deverão ser adotados cuidados com as armaduras especiais de fretagem.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle do material

Exigir certificados de ensaios do material fornecido pelo fabricante, contendo data de realização dos ensaios, identificação do lote, com a quantidade e numeração respectiva dos rolos ou carretéis e as características dimensionais, mecânicas e químicas do lote.

O executante deverá adotar ainda os procedimentos seguintes:

a) verificar a integridade física das armaduras;
b) fiscalizar o comprador na aceitação do material;
c) analisar as características do material utilizado pelo comprador;
d) realizar ou contratar firmas especializadas para o controle de qualidade do material.

As amostras deverão ser retiradas da extremidade de cada rolo ou carretel, com comprimento suficiente para três corpos de prova e não deverão ser submetidos a nenhuma forma de tensionamento ou de aquecimento após a fabricação. Para o comprimento mínimo de cada corpo de prova é recomendado: $L = Lo + 45\sqrt{Sn}$, sendo Lo = 40d para barras e fios e quatro vezes o passo para cordoalha e Sn a área nominal da seção reta do corpo de prova.

Os ensaios a realizar e o número de amostras contam da tabela apresentada a seguir.

	Ensaios	**Norma**	**Número de Amostras/Frequência de Ensaios**
Fios	Tração: determina a tensão a 1% de alongamento, o limite de resistência à tração e o alongamento após a ruptura	NBR 6349/92	Uma amostra de qualquer das extremidades de um rolo, de cada lote de cinco unidades ou fração
	Dobramento alternativo	NBR 6004/84	
	Determinação dos valores de relaxação para tensão inicial equivalente a 70% ou 80% do limite de resistência mínima estabelecido	NBR 7484/92	
	Tração: determinação do diagrama de tensão - deformação	NBR 6349/92	Cada corrida ou fração
Cordoalhas	Tração: determinação do gráfico carga - deformação	NBR 6349/92	Um traçado de gráfico para cada cinco corpos de prova ou fração
	Tração: carga a 1% de alongamento, a carga de ruptura e o alongamento sob carga de ruptura	NBR 649/92	Uma amostra da extremidade de cada rolo ou carretel
	Tração: determinação do valor de estricção em todos os fios constituintes da cordoalha, adotando-se 25% de estricção do valor mínimo	NBR 6349/92	Uma determinação de cada dez unidades ou fração

As Normas ABNT NBR 6349 e ABNT NBR 7484 abrangem também métodos de ensaios para barras.

As tolerâncias nos diâmetros dos fios são de ± 0,05mm, nas cordoalhas de sete fios variam de + 0,3 a 0,2mm para CP-175 RN 6,4 a CP-175 RN 9,5 de ± 0,3 para CP 175 RN 11 a CP-175 RN 15 e de + 0,4 a -0,2 para toda da categoria RN 190. A mesma tolerância para os fios de relaxação baixa (RB). Nas cordoalhas de dois e três fios, a tolerância no diâmetro é de ± 0,3mm.

A tolerância na área, tanto para fios como cordoalhas, é de 8% acima do mínimo tabelado.

5.2 Controle de execução

Verificar a posição da bainha, de acordo com o projeto, admitida uma tolerância de 5mm. A posição das ancoragens deve também ser verificadas, admitindo-se tolerância de 1,0mm.

5.3 Critérios de aceitação e rejeição

5.3.1 Aceitação

O lote é aprovado se não apresentar fios, barras, cordoalhas, bainhas, ancoragens com defeitos prejudiciais e se satisfatórios os resultados dos ensaios relacionados no item 5.1 e atendido aos valores mínimos constantes das normas ABNT-NBR-7482/2008 (Fios de aço para concreto protendido) e ABNT-NBR 7483/2008 (Cordoalhas de aço para concreto protendido). Se qualquer corpo de prova não atender aos valores mencionados, serão retiradas e submetidas a reensaios duas amostras adicionais da mesma extremidade do rolo ou carretel. Se os resultados dos ensaios destes dois corpos de prova atenderem aos valores mínimos especificados, o rolo ou carretel correspondente será aceito.

5.3.2 - Rejeição

Se o valor de estricção nos fios e cordoalhas não atendendo ao especificado a determinação será feita em todos os rolos ou carretéis remanescentes.

De qualquer dos resultados de reensaios falhar, o rolo ou carretel correspondente será rejeitado.

A liberação e o emprego do produto não serão condicionados ao ensaio de relaxação, podendo basear-se em resultados recentes ou regularmente obtidos com material da mesma categoria.

6 CRITÉRIO DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

6.1 Medição

As armaduras, para concreto protendido, serão medidas de acordo com as indicações do projeto como segue:

a) aço - em quilograma de aço colocado nas formas;
b) aço duro - em quilograma de aço empregado;
c) preparo e montagem dos cabos - por metro linear de cabo empregado;
d) bainhas - por metro linear empregado;
e) ancoragens - por unidade empregada, separando as ancoragens ativas e passivas ou mortas.

6.2 Pagamento

O serviço será pago pelo preço unitário contratual para as quantidades aceitas e medidas, conforme o item 6.1 e incluem todas as etapas de execução, bem como mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimentos de todos os materiais utilizados, transportes, limpeza, acabamento e quaisquer outros serviços necessários à execução da armadura para concreto protendido.

1 DEFINIÇÃO

Formas são moldes para execução de peças em concreto de cimento Portland. Os cimbres são o conjunto de moldes, formas e suportes de escoramentos, usados para execução de peças em concreto de cimento Portland.

2 MATERIAIS

2.1 Formas

As formas poderão ser de madeira ou metálicas, sem deformações, defeitos, irregularidades ou pontos frágeis, que possam vir a influir na forma, dimensão ou acabamento das peças de concreto a que sirvam de molde.

Revestimentos de chapas metálica, ou chapas de madeira compensada à prova d'água, poderão ser adotados, objetivando o melhor aspecto das peças a serem moldadas.

A escolha dependerá do vulto da obra, das condições locais e das recomendações do projetista.

2.2 Cimbres

O cimbre das estruturas em execução, deverá ser constituído de peças de madeira roliças ou serradas ou peças metálicas preferencialmente, sem deformações, defeitos, irregularidades ou pontos frágeis, com capacidade de suportar o peso das peças no período que antecede o endurecimento do concreto e o início do trabalho de suporte da estrutura.

3 EQUIPAMENTOS

A natureza, capacidade e quantidade dos equipamentos a utilizar dependerão do tipo e dimensão de cada serviço a executar. O executante deverá apresentar a relação detalhada do equipamento a ser utilizado em cada obra, ou conjunto de obras.

4 EXECUÇÃO

4.1 Formas

As formas deverão ser executadas com uma contra flecha, tal que, após a retirada do escoramento a estrutura adquira a forma prevista no projeto.

Deverão ser evitadas as exposições demoradas das formas às intempéries, ser vedadas todas as juntas e feita limpeza cuidadosa, especialmente em peças estreitas e profundas, bem como, molhadas abundantemente, antes do lançamento do concreto. Em pilares, deixar aberturas provisórias para facilitar a limpeza.

Deverão ainda ser construídas de maneira a permitir fácil remoção sem danificar o concreto, evitar os cantos vivos com a utilização de chanfros triangulares.

Os tirantes ou outros dispositivos metálicos que atravessam o concreto, usados para manter a forma no lugar, deverão ser removidos até uma profundidade, no mínimo igual a do cobrimento das armaduras. Tratar os furos resultantes com argamassa idêntica a do concreto a ser reparado.

O prazo para desmoldagem será previsto pela ABNT NBR 6118/80 (Projeto e execução de obras de concreto armado).

4.2 Cimbres

O cimbramento deverá ser projetado e construído de modo que receba todos os esforços atuantes sem sofrer deformações. Para isto, deverão ser evitados apoios em elementos sujeitos a flexão, bem como adotados contraventamentos para obtenção da rigidez necessária.

Quando o terreno natural for rochoso ou mesmo de uma boa consistência, sem ser suscetível à erosão ou ao desmoronamento, o cimbramento poderá apoiar-se diretamente sobre a rocha, ou sobre pranchões dispostos horizontalmente, no caso solos. Deverão ser cravadas estacas quando o terreno não tiver a capacidade de suporte necessário.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Somente utilizar madeira com a aprovação para exploração. O material resultante da desforma e do descimbramento será removido do local e não deve ser lançado na faixa de domínio e nem nos cursos d'água.

Deverão ser adotados cuidados para evitar represamento e empoçamento d'água que possam produzir áreas insalubres proliferadoras de mosquitos e outros vetores. Os solos vegetais da área destinada à instalação do canteiro de obra serão estocados em local não sujeito à erosão e reincorporados à origem após a desmobilização, abrangendo a recuperação de uso da área de origem após conclusão da obra.

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Materiais

Os materiais empregados na execução de formas e cimbres devem ser de boa qualidade com resistência suficiente para não se deformarem quando submetidos às cargas, objetivando a boa técnica e a perfeição dos serviços.

6.2 Execução

Verificar cuidadosamente as dimensões, cotas, nivelamento, alinhamento das formas, antes, durante e após a concretagem.

O controle das deformações verticais do cimbre deverá ser feito com nível de precisão, devendo-se implantar na obra uma Referência de Nível (RN) de fácil acesso. Qualquer deformação verificada implicará no reforço do cimbre em tempo hábil.

O prazo para a desmoldagem e descimbramento será fixado em projeto.

6.3 Aceitação

Serão aceitas as formas e os cimbres (escoramentos) que atendam as recomendações contidas nesta especificação.

6.4 Rejeição

Serão rejeitadas as formas e os cimbres que apresentarem defeitos que coloquem em risco a obra e não atendam as recomendações acima.

7 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

7.1 Medição

7.1.1 Formas

As formas serão medidas por metro quadrado de superfície de forma colocada, não cabendo medição em separado para escoras laterais, tirantes, travejamento e quaisquer outros serviços necessários ao seu posicionamento.

7.1.2 Cimbres

Os cimbres (escoramentos) serão medidos em metros cúbicos através do volume compreendido entre a superfície inferior do estrado (laje) da obra, sua projeção horizontal sobre o terreno e as superfícies determinadas pelas projetantes.

Desse volume será descontado o volume dos elementos estruturais de concreto do mesmo, porventura, existentes. Caso seja executado cimbres (escoramentos) laterais, os mesmos serão medidos através do volume excedente ao volume medido sob a projeção da obra.

7.2 Pagamento

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais, para as quantidades medidas conforme o item 7.1 e incluem todas as etapas de execução bem como mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento e transportes de todos os materiais utilizados, limpeza, acabamento e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Fundação é a parte da obra de arte especial destinada a transmitir ao solo os esforços provenientes do peso próprio e das cargas atuantes.

As fundações classificam-se em dois grandes grupos: fundações superficiais e profundas.

As fundações superficiais, também chamadas rasas ou diretas, no caso particular das obras de arte especiais são constituídas por blocos ou sapatas.

As fundações profundas são constituídas por estacas, tubulões e caixões.

O projeto das fundações de uma obra de arte depende, além da natureza da superestrutura, das condições do terreno em que se implanta: tipo de solo, geologia, topografia, condições de erosão. A execução das fundações está quase sempre, ligada a serviços complementares, tais como: escavações, escoramentos, drenagem de cavas e rebaixamento de lençol d'água.

a) Fundações superficiais

No caso particular das pontes, as fundações superficiais são constituídas por blocos ou sapatas.

- Blocos - são elementos de fundação dimensionados de modo que as tensões de tração nelas produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Geralmente, seu dimensionamento permite o emprego de alvenaria de pedra argamassada e concreto ciclópico, devendo nesse caso serem atendidas as condições estabelecidas nas especificações dos citados serviços.

- Sapatas - são elementos de fundação dimensionados de modo que as tensões de tração neles produzidas requerem o emprego de armadura. As sapatas podem ter espessura constante ou variável, e suas bases em planta são geralmente, quadradas, retangulares, octogonais ou circulares.

b) Fundações Profundas

Utilizadas quando os solos resistentes estão a profundidade difíceis de atingir por escavações convencionais. São as fundações: em estacas, tubulões e caixões, descritas a seguir.

- Estacas - elementos estruturais longos e esbeltos que, colocados no solo por cravação ou perfuração do mesmo, tem a finalidade de receber carga ou compactar o solo.

- Tubulões: elementos estruturais cilíndricos, que podem ser executados a céu aberto ou com o emprego de ar comprimido. Podem ser executados sem ou com revestimento, de concreto ou aço, neste caso a camisa pode ser perdida ou recuperada. Os tubulões cilíndricos podem ter a base alargada.

- Caixões: constituem um caso particular das fundações em tubulão. O caixão tem, geralmente, forma prismática, e suas paredes podem ser metálicas ou, mais frequentemente, de concreto armado. Podem ser executados a céu aberto ou com ar comprimido, podendo ter ou não a base alargada.

Os caixões podem ser pré-fabricados, em seções, e transportados para o local em que deverão ser implantados. Dependendo de suas dimensões, os caixões poderão ser divididos por paredes internas, que formam câmaras de trabalho independentemente. À medida que se escava em seu interior, o caixão penetra no terreno.

2 MATERIAIS

2.1 Concreto

Deverá satisfazer a especificação SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas) e apresentar qualidades outras, tais como: permeabilidade, estanqueidade, compatibilidade com a agressividade do meio ambiente, exposição ou confinamento a presença de água.

2.2 Aço

O aço empregado nas armaduras deverá estar de acordo com a especificação SOP-ES-OAE 03/19 (Armaduras para concreto armado). Também poderão ser empregados perfis e chapas de aço na confecção de estacas e tubulões. Qualquer material escolhido deverá sempre atender as indicações do projeto.

2.3 Madeira

A madeira quando considerada material integrante das fundações será sempre a madeira-de-lei, de primeira qualidade, e será protegida contra ataque de organismos. Usar outro tipo de madeira somente em serviços provisórios, tais como: escoramento de cava e estacas de escoramento.

2.4 Pedra para alvenaria

A pedra para alvenaria empregada nas fundações deverá ser resistente e durável, oriunda de granito, gnaisse ou outra rocha sadia e aceitável. Poderá ter acabamento grosseiro e forma variada, porém possuir faces razoavelmente planas. Cada bloco de pedra deverá ter no mínimo espessura de 20,0cm, largura de 30,0cm e comprimento de 60,0cm, e ser livre de depressões ou saliências que dificultem assentamento adequado ou provoquem enfraquecimento da alvenaria.

2.5 Argamassa

A argamassa será de cimento e areia e deverá resistir as tensões indicadas no projeto. Para as alvenarias de pedra indica-se o traço em volume de cimento e areia de 1:3. Em casos especiais, tais como alvenaria de pedra argamassada com recebimento de armadura, a relação em peso água/cimento não deve exceder a 0,50.

3 EQUIPAMENTO

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento utilizado dependerão do tipo do serviço a executar. O executante apresentará a relação detalhada do equipamento empregado em cada obra. Serão de uso obrigatório, dependendo do serviço, os seguintes equipamentos: bate estacas, martelo de gravidade, automáticos ou vibradores, perfuratriz, gerador e equipamentos para escavação de estacas e injeção de argamassa, campânulas, compressores, guinchos, betoneiras de no mínimo 320 litros ou central de concreto.

4 EXECUÇÃO

4.1 Locação

A escavação para fundação será feita em conformidade com o alinhamento, cotas e profundidades indicadas no projeto. Sempre que necessário, serão feitas sondagens complementares de reconhecimento do subsolo.

Não será permitido reaterro de qualquer natureza para compensar escavações feitas além do limite da fundação. Caso ocorra, a regularização do excesso será realizada com concreto, de resistência compatível com a fundação, após verificar a estabilidade para novas condições. Nas escavações a céu aberto será vedada a escavação além de um metro das faces externas da fundação, a menos que expressa no projeto.

4.2 Escoramento de cavas de fundação (ensecadeiras)

As ensecadeiras poderão ser de madeira ou metálicas, face a profundidade da escavação, suas dimensões em planta e natureza do solo deverão possuir medidas internas suficientes para a manipulação das formas e o eventual bombeamento d'água do interior.

Deverão ser detalhadas previamente, para permitir a retirada do contraventamento durante o processamento da concretagem das fundações. Em caso contrário, os contraventamentos que ficarem incorporados à massa do concreto deverão ser de aço. Depois de completada a estrutura, os contraventamentos expostos serão cortados em pelo menos 5cm para dentro da face externa e as cavidades resultantes serão preenchidas com argamassa de cimento e areia de traço 1:3, em volume.

4.3 Blocos e sapatas

Após a escavação deve ser verificado se, na cota prevista no projeto, o terreno encontrado corresponde ao revelado pela sondagem mais próxima; em caso contrário, deverá ser analisado o aprofundamento da cota.

Deve ser evitado a infiltração de água na escavação aberta, a fim de que não seja alterada a consistência do solo de fundação, quando argiloso, ou o fator água/cimento do concreto, portanto os blocos e sapatas deverão ser concretados, sempre que possível, a seco. Quando a concretagem for sob água, sua dosagem de cimento será aumentada de 20% em peso, não se admitindo consumo inferior a 350kg/m³.

Antes de ser colocada a armação da base, o fundo deve ser regularizado com uma camada de concreto magro, com espessura de pelo menos 5,0cm.

Quando fundações muito próximas tiverem suas bases em níveis diferentes, devem ser executadas primeiro as de cotas mais baixas, para evitar que escavações de fundações mais baixas descalcem as fundações mais altas.

4.4 Estacas

4.4.1 Estacas de madeira

É desaconselhável o emprego de estacas de madeira em fundações de obras de arte especiais.

Elas poderão ser empregadas nas fundações de obra de arte especiais somente quando indicado no projeto e forem encontradas condições satisfatórias sobre a conveniência de tal medida, neste caso, em fundações definitivas, deverão ter seus topos e cota de arrasamento abaixo do nível d'água permanente.

A cabeça e a ponta da estaca de madeira devem ser protegidas, com capuz de madeira e cintamento para não sofrerem danos, durante a cravação. Quando durante a cravação, ocorrer algum dano na cabeça da estaca a parte afetada deve ser cortada.

As emendas deverão ser evitadas, bem como, a sua cravação em terrenos com matacões.

4.4.2 Estacas de aço

Podem ser constituídas de perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapas dobradas, tubos sem costura e trilhos.

As emendas deverão oferecer a maior resistência possível e neste caso executadas de acordo com os detalhamentos do projeto. Deverão ser praticamente retilíneas e resistir à corrosão, pela natureza do aço ou por tratamento adequado quando inteiramente enterradas, as estacas de aço dispensam tratamento

especial, porém havendo segmento exposto ou cravado em aterro com materiais capazes de atacar o aço, é obrigatório a proteção do segmento com um encamisamento de concreto.

As estacas tubulares de aço, geralmente constituídas de chapa calandrada e soldadas, segundo a geratriz do cilindro, deverão apresentar de preferência extremidade inferior fechada. O concreto utilizado deverá apresentar resistência mínima de 12 MPa (120kgf/cm²), armado ou não, conforme indicado no projeto.

As estacas metálicas constituídas por trilhos deverão ter seu emprego evitado. No caso de utilizadas somente serão recomendáveis as compostas por três trilhos soldados pelos patins. A carga admissível deverá ser considerada com uma redução de 25% em relação às estacas de seção equivalente, compostas de perfis metálicos. A seção da estaca de trilho considerada deverá ser a menor existente ao longo da mesma.

4.4.3 Estacas pré-moldadas de concreto

As estacas pré-moldadas, executadas em concreto armado vibrado, concreto armado centrifugado e concreto protendido terão suas formas e dimensões indicadas no projeto.

As de concreto vibrado, poderão ser executadas no próprio canteiro de serviço e sua fabricação será feita por lotes, em áreas protegidas das intempéries.

Para fins de controle de qualidade, cada estaca deverá ser identificada pelo número do lote e data de concretagem. Todas as estacas de um lote deverão ser de um mesmo tipo.

O concreto de cada estaca deverá ser lançado na forma de madeira contínua revestida com folha metálica ou de perfil metálico, convenientemente vibrado. Cuidados especiais deverão ser tomados para não deslocar a armadura,

mantendo o cobrimento igual ou superior a 3,0cm, para obter o acabamento da face superior tão perfeito quanto o das demais. As formas deverão estar em posição horizontal e sobre plataforma indeformável, nivelada e drenada.

As formas laterais poderão ser retiradas 24 horas após a concretagem, as estacas serão apoiadas em todo o comprimento, no mínimo pelos primeiros sete dias. As estacas deverão ser empilhadas separadas, uma das outras, por calços de madeira, continuando o período da cura. O sistema adotado para transporte, armazenamento e colocação na posição de cravação, nas guias dos bate-estacas deverão impedir qualquer fratura ou estilhaçamento do concreto.

A suspensão das estacas, o apoio quando colocadas horizontalmente e o transporte para o bate-estacas merecem cuidados especiais do executante, como providenciar a substituição das estacas eventualmente danificadas por outra em perfeitas condições de utilização, sem ônus adicional para o contratante.

4.4.4 Estacas de concreto moldadas no local

As estacas de concreto moldadas no local serão executadas nas posições previstas no projeto, com o auxílio de um tubo cravado até a cota exigida e que será retirado gradualmente à medida que se procede o enchimento com concreto apiloado ou comprimido. A ponta do tubo deverá ser mergulhada no concreto em no mínimo 30,0cm. Incluem-se ainda, as estacas com fuste pré-moldado, cravadas nos bulbos com o concreto ainda fresco, antes da retirada do tubo, e as estacas tubadas cravadas nas suas posições definitivas, com o auxílio de um tubo metálico, não recuperáveis, preenchidos com concreto.

A recuperação das camisas metálicas só poderá ser realizada quando a natureza do solo permitir e contar com auxílio de mão de obra especializada. Caso contrário, o revestimento deverá permanecer definitivamente no solo, incorporado à estaca, que passará à estaca tubada.

Caso prevista a execução de uma base alargada (bulbo) de concreto, deverá ser executada antes do início da retirada do tubo.

Sendo o tubo recuperável ou não, a extremidade inferior da estaca será aberta e a descida conseguida por:

a) fechamento da ponta por meio de uma rolha e descida do tubo por cravação;

b) ponta do tubo aberta, para retirada do material terroso do seu interior por meio de equipamento especial e descida do tubo pelo próprio peso ou por ação de uma pequena força externa.

Ao ser cravado o tubo, recuperável ou não, no caso de sair a rolha e o tubo ser invadido por água, lodo ou outro material, deverão os mesmos ser expulsos por meio de uma nova rolha mais compactada, ou então o tubo será arrancado e cravado novamente no mesmo local, enchendo-se o furo com areia. Antes do lançamento do concreto, feito sem interrupção em toda estaca, a fiscalização deve comprovar o interior do tubo seco e limpo.

No caso de estaca tubadas, o lançamento de concreto em qualquer delas somente poderá ser feito depois de cravados todos os tubos até a sua posição definitiva, num raio de 1,50m a partir da estaca considerada.

Quando concretada uma estaca tubada, nenhuma outra poderá ser cravada a menos de 4,50m de distância, em qualquer direção, salvo se já tiver sido lançado o concreto há mais de sete dias. O lançamento do concreto dentro do tubo deverá ser feito em camadas de, no máximo 50,0cm de espessura, e somente após a colocação da armadura da estaca. Cada camada deverá ser vibrada ou fortemente compactada, antes da concretagem da camada seguinte, procedendo-se lançamento ininterrupto, desde a ponta até a cabeça da estaca, sem segregação dos materiais.

Os tubos poderão ser soldados, caso necessário executar acréscimos, preservando a estanqueidade do tubo para não haver penetração de água ou outro material. Os tubos deverão ser soldados de topo, em toda seção transversal com emprego de solda elétrica.

4.4.5 Estacas mistas

São constituídas pela associação de dois tipos de estacas, já considerados, não será permitida a associação de mais de dois tipos. Destinam-se a aterros particularmente difíceis ou fundações com problemas especiais.

4.4.6 Disposições construtivas

A execução de estacas poderá ser feita por cravação, percussão, prensagem ou perfuração. A escolha do equipamento será de acordo com o tipo e dimensão da estaca, características do solo, condições de vizinhança e peculiaridade do local.

4.4.6.1 - Cravação

Antes do início da cravação, deverão ser definidos os elementos seguintes:

a) capacidade de carga da estaca;
b) comprimento aproximado;
c) seção transversal;
d) peso do martelo do bate-estacas;
e) altura de queda do martelo;
f) nega nos dez últimos golpes.

Não será aceita, em qualquer caso, penetração superior a 3,0cm (três centímetros) nos dez últimos golpes.

A cravação de estacas através de terrenos resistentes a sua penetração, poderá ser auxiliada com jato d'água ou ar, ou mesmo perfuração. Para estacas trabalhando à compressão, a cravação final deverá ser feita sem estes recursos, cujo emprego será levado em consideração no cálculo da capacidade de carga da estaca e também na análise do resultado da cravação.

Toda estaca danificada nas operações de cravação devido a defeitos internos, ou de cravação, deslocamento de posição, ou topo abaixo da cota de arrasamento fixada no projeto, será corrigida às expensas do executante, que adotará um dos procedimentos seguintes:

a) a estaca será arrancada e cravada outra no mesmo local;
b) uma Segunda estaca será cravada em posição adjacente a da estaca defeituosa;
c) a estaca será emendada com uma extensão suficiente para atender o objetivo.

O furo deixado por uma estaca deverá ser preenchido com areia, mesmo que uma nova estaca seja cravada no mesmo local.

Uma estaca será considerada defeituosa quando tiver fissura ou várias fissuras visíveis que se estendam por todo o perímetro de sessão transversal, ou quando acusar qualquer defeito que afete sua resistência ou vida útil.

Nos casos de estacas de madeiras, aço e pré-moldados de concreto, para carga admissível até 1000N (100 tf) quando empregado um martelo de queda livre, a relação entre os pesos do pilão e da estaca deve ser igual ou superior a 0,5 para estacas pré-moldadas de concreto e 1,0 para estacas de aço ou de madeira.

No caso de uso de martelo automático ou vibratório deverão ser seguidas as recomendações do fabricante. O equipamento de cravação deverá ser dimensionado de modo a levar a estaca até a profundidade prevista para sua capacidade de carga, sem danificá-la.

Para estaca pré-moldada de concreto ou estaca metálica com carga admissível superior a 1000N (100 tf), a escolha do equipamento de cravação deve ser analisada em cada caso e os resultados controlados através de provas de carga.

O executante ao submeter a fiscalização o tipo de equipamento de cravação que pretende adotar, deverá fornecer as seguintes informações: altura da queda do martelo, peso do martelo, trabalho a simples ou duplo efeito, número de golpes por minuto, marca de fabricação e especificações do equipamento.

Para que uma estaca possa ser considerada como de base alargada, tipo Franki, é necessário que os últimos 150 litros de concreto dessa base sejam introduzidos com uma energia mínima de 2.500 N.m (250 tf.m), para estacas de diâmetro inferior ou igual a 45,0cm, de 5000 N.m (500tf.m), para estacas de diâmetro superior a 45,0cm. No caso de volume diferente, a energia deve ser proporcional ao volume.

As cabeças de todas as estacas deverão ser protegidas com capacetes do tipo aprovado, de preferência provido de coxim, de corda ou outro material adequado que se adapte ao capacete e se apoie, por sua vez, em bloco de madeira.

Na cravação de todas as estacas, verticais ou inclinadas, serão sempre empregadas guias ou uma estrutura adequada para suporte e colocação do martelo, salvo indicação no projeto permitindo o emprego de outro procedimento.

Todas as estacas que sofrerem deslocamento devidos à cravação de estacas adjacentes, ou outra causa, deverão ser recravadas.

O executante deverá tomar precauções no sentido de evitar ruptura da estaca ao atingir o horizonte rochoso ou outro qualquer material e obstáculo que torne difícil sua penetração. Os obstáculos que impeçam a penetração das estacas até a profundidade requerida deverão ser removidos.

Quando a cota de arrasamento estiver abaixo do plano de cravação da estaca e as características da camada de apoio permitirem uma previsão, poderá ser utilizado um elemento suplementar, desligado da estaca propriamente dita, arrancado após a cravação. O emprego deste suplemento deverá ser levado em consideração no cálculo da capacidade de carga e análise dos resultados da cravação, seu uso ser restrito a comprimentos máximos de 2,5m, caso não previstos recursos especiais.

4.4.6.2 Emenda e arrasamento

A emenda nas estacas pré-moldadas de concreto deverá ser evitada, sempre que possível; no entanto, poderá ser executada, desde que respeitados os seguintes preceitos:

a) o concreto da extremidade da estaca deverá ser cortado no comprimento necessário à emenda das barras longitudinais da armadura, por justaposição;
b) as superfícies de contato do concreto e a emenda da armação deverão ser tratadas como uma emenda de concreto armado, com o emprego de epóxi e os demais cuidados necessários;
c) deverá ser assegurado o alinhamento entre as faces de estaca e da parte prolongada;
d) a armadura da parte prolongada será idêntica à da estaca, assim como o concreto a empregar;
e) a concretagem, adensamento do concreto, remoção das formas, cura e acabamento serão como especificado no item 4.4.3;
f) as exigências do subitem 4.4.6.1 desta especificação, relativas à cravação de estacas monolíticas aplicam-se também as estacas emendadas.

As estacas de fundação, logo que concluídas sua cravação, serão arrasadas nas cotas indicadas no projeto, de maneira que fiquem embutidas 20,0cm, pelo menos, no bloco de coroamento e sua armação seja mergulhada na massa do

concreto num comprimento igual ou superior ao comprimento da ancoragem dos vergalhões. O controle da estaca deverá ser sempre normal ao seu eixo.

4.4.7 Tubulões e caixões

4.4.7.1 Tubulões cravados sem revestimento

Poderão ser executados com escavação manual ou mecânica, ficando o seu emprego limitado a solos coesivos não muito moles.

Quando escavados manualmente só poderão ser executados acima do nível d'água, naturais ou rebaixados ou quando for possível bombear a água sem risco de desmoronamento ou perturbação no terreno de fundação, abaixo deste nível. Poderão ou não ser dotados de base alargada tronco-cônica.

Quando escavados mecanicamente com equipamento adequado, a base alargada poderá ser aberta quando em seco, manual ou mecanicamente.

Poderá ser utilizado total ou parcialmente para evitar risco de desmoronamento, escoramento de madeira, aço ou concreto.

A concretagem quando a escavação for seca é feita com concreto lançado da superfície, através de tromba (funil), de comprimento igual ou superior a cinco vezes o seu diâmetro. Sob água, o concreto deverá ser lançado através de tremonha ou outro processo equivalente.

Será aconselhável o uso de vibrador quando o concreto apresentar plasticidade adequada.

4.4.7.2 Tubulões cravados com revestimento em concreto armado

A camisa de concreto armado (cilindro) do tubulão é concretada em partes, com comprimento dimensionado em função do projeto. Poderá ser

concretada sobre a superfície aplainada do terreno e introduzida depois de estar o concreto com resistência adequada à operação, por escavação interna. Após um elemento ser arriado verticalmente é concretado sobre ele o elemento seguinte, até atingir-se o comprimento final do projeto. Previsto o alargamento da base, será feita escavação sob a camisa devidamente escorada, de modo a evitar a sua descida.

Caso atingido o lençol d'água deverá ser adaptado o equipamento pneumático à camisa já cravada, de forma a permitir a execução dos trabalhos a seco sob pressão conveniente de ar comprimido. Durante a descida a distribuição das cargas deverá ser regulada de maneira a não comprometer a estabilidade da obra.

Em obra dentro d'água, a camisa deverá ser concretada quando possível no próprio local, sobre estrutura provisória e descida até o terreno com auxílio de equipamento, ou concretada em terra e transportada para local definitivo.

Em casos especiais as camisas poderão ser executadas com alargamento, de modo a facilitar o preparo da base alargada.

No assentamento do tubulão sobre uma superfície de rocha devem ser previstos recursos para evitar fuga, lavagem do concreto ou desaprumo do tubulão.

Após a abertura do alargamento de base será executada a concretagem, conduzida de maneira a obter um maciço compacto e estanque. O período entre o término da execução do alargamento de base e sua concretagem deverá ser de vinte e quatro horas. Caso este período seja ultrapassado, será feita nova inspeção, limpando-se cuidadosamente o fundo da base e removendo-se a camada eventualmente amolecida.

O concreto empregado no fuste deverá ter resistência característica mínima de 16 MPa (160kgf/cm²) e no núcleo de 12 MPa (120kgf/cm²).

4.4.7.3 Tubulões com camisa de aço

A camisa de aço, com a mesma finalidade da de concreto armado, poderá ser introduzida por cravação com bate-estacas, vibração ou equipamento com movimento de vai e vem simultâneo, com força de cinco para baixo.

A escavação interna poderá ser manual ou mecânica, feita à medida da penetração do tubo ou de uma só vez, após a cravação total do mesmo.

Caso previsto poderá ser executado um alargamento de base, com escavação manual sob ar comprimido ou não.

A camisa de aço deverá ser ancorada ou receber contrapeso para evitar sua subida quando utilizado ar comprimido. Poderá ser recuperada a medida que for sendo concretado o seu núcleo ou posteriormente, se não considerado no dimensionamento.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Observar os cuidados visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução da fundação das obras de arte relacionados a seguir:

a) não provocar queimadas como forma de desmatamento;
b) todo material excedente de escavação ou sobras, deverá ser removido do local de modo a não prejudicar a vazão da obra cuidando-se ainda, que este material não seja conduzido para o curso d'água a não causar seu assoreamento;
c) não realizar barragens ou desvios de curso d'água que alterem em definitivo o leito dos rios;
d) evitar a realização de serviços em área de preservação permanente;
e) durante o desenrolar das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais para não causar desfiguração da cobertura vegetal.

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Material

Deverá atender ao constante nas especificações SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas) e SOP-ES-OAE 03/19 (Armaduras para concreto armado), em relação aos materiais empregados nos serviços especificados.

6.2 Controle de execução

6.2.1 Estacas

Durante a concretagem das estacas pré-moldadas deverão ser colhidas amostras para a moldagem, de uma série de quatro corpos de prova cilíndricos para cada 25 estacas concretadas, ou para cada dia de concretagem.

As rupturas serão feitas a 7 e/ou 28 dias, sempre com o rompimento de dois corpos de prova para cada idade do rompimento, moldados no mesmo ato.

Para sua própria orientação o executante poderá cravar às suas expensas, tantas estacas de prova, quantas, considere necessárias.

O executante cravará estacas de prova e realizará provas de carga nas estacas indicada no projeto ou nas que forem consideradas necessárias; nas obras normais, para as estacas cravadas, além destas, deverá ser feita uma prova de carga para cada 500 estacas, e nas especiais, uma para cada 200 estacas. Nas estacas escavadas deverá ser feita uma prova de carga para obras de mais de 100 estacas. Sempre que possível, as estacas de prova serão localizadas de modo a ser aproveitadas como estacas de fundação, caso resultado satisfatório da prova. Sempre que houver dúvida sobre uma estaca, deverá ser comprovado o seu comportamento satisfatório. Se não for suficiente será realizada uma prova de carga.

O executante deverá manter um registro completo em duas vias, uma destinada a fiscalização, da cravação de cada estaca, inclusive as de prova. Anotar para todas as estacas: o número e a localização; dimensões; cota do terreno no local da estaca; nível da água (se houver); característica do equipamento de cravação ou escavação; desaprumo e desvio de locação; qualidade de materiais utilizados e consumo por estaca; comprimento real da estaca abaixo do arrasamento; volume da base; anormalidade de execução e anotação rigorosa de horários de início e fim de cravação ou escavação. Ainda registrar para as estacas cravadas: suplemento de estaca utilizado (tipo e comprimento); profundidade de penetração da estaca com peso próprio e com peso do martelo; número de golpes necessários para a cravação de um metro de estaca; número efetivo de golpes por minuto, durante a cravação; duração de qualquer interrupção na cravação e hora de ocorrência; cota final do ponto da estaca cravada; cota da cabeça da estaca antes do arrasamento (pré-moldada); data de concretagem da estaca pré-moldada; data da cravação; negas no final de cravação e na recravação quando houver deslocamento de estacas por efeito de cravação de estacas vizinhas e negas no final de cravação e na recravação, quando houver. Em caso de estacas escavadas, mencionar os horários de início e fim da escavação e de cada etapa de concretagem, a comparação do consumo real de materiais em relação ao teórico e o comportamento da armadura durante a concretagem.

O diagrama de cravação deverá ser tirado em 10% das estacas, no mínimo, com prioridade para as mais próximas aos furos de sondagem.

Será permitido entre eixos de estacas isoladas e o ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar, um desvio de 10% do diâmetro da estaca. Desvios superiores no caso de estacas não travadas obrigará verificação estrutural quanto à flambagem do pilar e da estaca. Para estacas travadas as vigas de travamento deverão ser redimensionadas para a excentricidade real e verificada a flambagem do pilar.

Para conjunto de estacas alinhadas, admite-se um acréscimo de, no máximo, 15% sobre a carga admissível na estaca de excentricidade, na direção do

plano das estacas. Acréscimos superiores deverão ser corrigidos com acréscimo de estacas ou recurso estrutural. Para excentricidade na direção normal ao plano das estacas, vide parágrafo anterior.

Para conjunto de estacas não alinhadas, deverá ser verificada a solicitação em todas as estacas, admitindo-se o acréscimo de, no máximo, 15% sobre a carga admissível de projeto. Quanto ao desvio de inclinação é tolerado, sem correção, um desvio angular em relação à posição projetada de 1:100.

6.2.2 Tubulões e caixões

Deverão ser anotados na execução da fundação em tubulão os seguintes elementos, conforme o tipo: cota de arrasamento; dimensões reais da base alargada; material de apoio; equipamento de cada etapa; deslocamento e desaprumo; comparação do consumo de material durante a concretagem com o previsto; qualidade dos materiais; anormalidades de execução, e providências tomadas, inspeção do terreno ao longo do fuste e assentamento da fundação.

É tolerado um desvio entre eixos do tubulão e ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar, de 10% do diâmetro do fuste do tubulão.

Ultrapassados os limites quanto à excentricidade e/ou ao desaprumo, será feita verificação estrutural com os redimensionamentos necessários.

6.3 Aceitação e rejeição

6.3.1 Aceitação

Serão aceitas as fundações que atendam às recomendações dos itens 2, 4, 6.1 e 6.2.

6.3.2 Rejeição

Os serviços que não atenderem ao item 6.3.1 deverão ser corrigidos, complementados, ou refeitos, incluindo provas de carga.

7 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

7.1 Medição

7.1.1 Escoramento de cavas de fundações (Ensecadeiras)

Serão medidos por metro quadrado de pranchas verticais (ensecadeiras), com altura determinada pela diferença entre a cota de implantação da ensecadeira e a cota necessária à contenção. Não será medido em separado o escoramento e contraventamento das pranchas verticais, bem como, o enchimento e o apiloamento do material de enchimento, no caso de ensecadeira dupla.

7.1.2 - Escavação e aterros

A medição dos volumes será feita em metros cúbicos, através das seções transversais determinadas antes e depois da execução dos serviços.

7.1.3 Blocos e sapatas

Serão medidos separadamente por metro quadrado de formas colocadas, por metro cúbico de concreto, por quilograma de aço dobrado e colocado nas formas.

7.1.4 Estacas

Serão medidas pelo comprimento entre as cotas da ponta e do arrasamento, para as estacas moldadas no local o comprimento medido será entre a cotas do topo do bulbo e do arrasamento da estaca concluída. A base da estaca (bulbo), se houver, será considerada para efeito de medição como um metro de

estaca cravada e concretada. Não deverá ser incluída na medição o corte das estacas e a perda do seu excesso, inclusive do tubo metálico, se for o caso.

7.1.5 Tubulões e caixões

Os tubulões serão medidos por metro de camisa implantada e cheia de concreto e por metro cúbico de concreto da base alargada. Os caixões serão medidos por metro de camisa implantada e por metro cúbico de material de enchimento e de alargamento de base, se houver.

7.2 Pagamento

Os serviços serão pagos pelo preço unitário contratual para as quantidades aceitas e medidas, conforme o item 7.1, e incluem todas as etapas de execução, bem como mão de obra com encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimentos de todos os materiais utilizados, transportes, limpeza, acabamento e quaisquer outros serviços necessários a execução dos mesmos.

1 DEFINIÇÃO

As estruturas complementares de obras de arte especiais de concreto são constituídas dos seguintes dispositivos:

a) Aparelhos de apoio

São dispositivos que tem por finalidade a transmissão das cargas da superestrutura para a mesoestrutura, acomodando deformações e reduzindo vibrações e atritos.

b) Juntas estruturais

São intervalos entre elementos estruturais de concreto, definidos pelo projeto.

c) Juntas de pavimentação

São cantoneiras metálicas que separam o pavimento do tabuleiro da superestrutura, para anular os efeitos da retração e da dilatação.

d) Guarda-corpos

São estruturas construídas nos limites das obras de arte especiais com a finalidade de dar segurança a pedestres ou pessoas que estejam fora dos veículos.

e) Guarda-rodas e passeios

São obstáculos de baixa altura destinados a separar os pedestres e a faixa de tráfego de veículos, ou separar faixas de tráfego de sentidos opostos ou ainda separar a faixa do tráfego de passagem da faixa de tráfego local.

f) Barreiras

Estrutura rígida de proteção contínua, moldada em concreto armado, com perfil e dimensões adequadas para evitar que veículos desgovernados provoquem danos a pessoas, a outros veículos e também reduzam os danos do veículo que com ela colida e dos seus ocupantes.

g) Pingadeiras

Moldagem com formato triangular nas extremidades do concreto da superestrutura, desviando o deságue pluvial para não danificar o infradorso da obra

h) Drenos

São dispositivos tubulares encrustados no concreto da laje da pista de rolamento da obra, destinados a captar as águas superficiais conduzindo-as sem causar danos a estrutura.

i) Sinalização balizadora e pintura

São dispositivos de sinalização alertando os condutores de veículos da existência de obstáculos que são os guarda-corpos, os guarda-rodas e as barreiras.

Para dar melhor visibilidade aos limites laterais do tabuleiro de pontes e viadutos faz-se uma pintura dos guarda-corpos, guarda-rodas e barreiras com tinta a base de cal em duas demãos.

2 MATERIAIS

Os materiais das estruturas complementares de obras de arte especiais obedecerão às indicações do projeto.

Normalmente são utilizados os seguintes materiais:

a) Aparelhos de apoio

São articulações fixas, elásticas ou móveis, feitas de elastômeros, teflon, metais, concretos e articulações especiais.

A articulação de concreto mais usual é a Freyssinet, que apresenta uma seção estranguladora na junção da cabeça do pilar com a viga, com dimensão mínima de 5cm e máxima igual a 1/3 da dimensão do pilar. A articulação Freyssinet deverá ser afastada de no mínimo 5cm da borda do pilar.

Os aparelhos de apoio de elastômeros são de neoprene fretado, constituídos por chapas finas de aço associadas a placas de borracha sintética. Para o assentamento do neoprene fretado é necessário que o contato com o concreto se faça em superfície horizontal com esmerado acabamento.

Os aparelhos de apoio com teflon são usados em duas combinações. Uma para permitir apenas movimento de translação, com teflon entre placas de aço e outra para permitir movimentos de translação e rotação

sendo feita com uma associação de placas de aço, neoprene e teflon. Os cuidados com a superfície de assentamento são os mesmos dos elastômeros.

Os aparelhos de apoio de aço são protegidos contra oxidação por pintura ou camada de óleo inerte.

Os aparelhos de apoio especiais são usados em obras de grande porte onde as solicitações fogem aos valores convencionais.

b) Juntas estruturais

Os materiais podem ser perfis extrudados de um elastômero vulcanizado, ou neoprene ou mesmo madeira mole.

c) Juntas de pavimentação

As cantoneiras metálicas são fixadas à estrutura da obra por ocasião da concretagem do tabuleiro. Na emenda com o pavimento (revestimento asfáltico ou de concreto) são colocados provisoriamente sarrafos de madeira que após a pavimentação são retirados e a cava preenchida com argamassa asfáltica.

d) Guarda-corpos

São constituídos de peças pré-moldados vasadas de concreto armado e mais raramente são de peças metálicas.

e) Guarda-rodas e passeios

Os guarda-rodas e passeios são de concreto armado podendo os passeios serem revestidos por outros materiais.

f) Barreiras

As barreiras são de concreto armado.

g) Pingadeiras

As pingadeiras são uma extensão do concreto armado do tabuleiro da obra.

h) Drenos

Os drenos são tubos de PVC atravessando a espessura do tabuleiro, com sobra e ponta cortada em bisel, distribuídos nas linhas d'água da superfície da obra, captando as águas através de ligeiros rebaixos no revestimento e fazendo o deságue sob a obra. Nas obras urbanas será necessário um projeto específico, com outro sistema de drenagem.

i) Sinalização balizadoras

A sinalização balizadora é feita através da fixação de catadióptricos (olhos de gato) nas barreiras ou defensas, e também pela pintura de zebrado (inclinação de 45°), com tinta refletiva, na face de topo das barreiras, guarda-corpos e guarda-rodas e também com a pintura em duas demãos com tinta a base de cal dessas estruturas ao longo de toda sua extensão.

3 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

3.1 Controle de materiais

Os materiais do aparelho de apoio deverão obedecer a norma ABNT-NBR 9783/87 (Aparelho de apoio de elastômero fretado).

Os materiais de juntas estruturais deverão obedecer a norma ABNT-NBR 12.624/92 (Perfil de elastômero vulcanizado, extrudado para vedação de junta de dilatação de estruturas de concreto ou aço).

Os materiais de guarda-corpos, guarda-rodas, barreiras e pingadeiras obedecerão às especificações da SOP-CE referentes a concretos, armaduras, formas e cimbres.

Os materiais de sinalização obedecerão às especificações referentes a este serviço.

O controle dos materiais é feito pela verificação, através de inspeção visual, de defeitos de fabricação e de danos indesejáveis.

3.2 Controle de execução

Os controles de execução dos aparelhos de apoio, juntas estruturais, juntas de pavimentação, guarda-corpos, guarda-rodas, barreiras, pingadeiras, drenos e sinalização serão feitos pela conferência do atendimento aos desenhos e especificações do projeto.

Para os aparelhos de apoio deverão ser conferidos ainda os seguintes itens:

a) se a área de assentamento está com a superfície lisa, em nível, se foi previsto e executado a armadura de fretagem no topo do pilar e

se tem dimensões suficientes para acomodação do aparelho de apoio com folgas de no mínimo 5cm a 10cm nos sentidos longitudinal e transversal;

b) se há facilidade de acesso para vistorias periódicas, bem como trabalhos de limpeza e manutenção;

c) se há previsão no projeto para o prazo de substituição dos aparelhos de apoio.

Aceitação: os serviços que apresentaram controle de materiais e controle de execução satisfatórios serão aprovados (AP).

Rejeição: os serviços não satisfatórios deverão ser demolidos e refeitos, todos os ônus por conta do construtor.

4 MEDIÇÃO

As medições de formas, escoramentos, concretos, armaduras e sinalização serão feitas de acordo com a especificação respectiva da SOP-CE.

Os demais serviços serão medidos conforme a seguir:

a) Aparelho de apoio: pelo peso em kgf, calculado pelo produto do volume pela densidade;
b) Junta estrutural: pela extensão em metros;
c) Junta de pavimentação: pela extensão em metros;
d) Guarda-corpo: pela extensão em metros;
e) Guarda-rodas e passeio: pelo volume de concreto em m^3 e pelo peso da ferragem em kgf; as formas pela área em m^2;
f) Barreiras: pelo volume de concreto em m^3 e pelo peso da ferragem em kgf, as formas pela área em m^2;
g) Pingadeiras: pela extensão em metros;

h) Drenos: pela quantidade de unidades executadas;

i) Sinalização: os balizadores são medidos por unidade fixada nas barreiras/guarda-corpos e a pintura pela área executada em m².

5 PAGAMENTO

O pagamento de cada serviço, medido conforme o item 4, se fará pelos respectivos preços contratuais estando incluídos todas as etapas de execução, bem como mão de obra, encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento de todos os materiais, transportes, limpeza, acabamentos e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Alvenaria de pedras argamassadas é a estrutura utilizada em fundações, elevações e muros de arrimo de peso, onde a argamassa tem a função de rejuntar os blocos de pedra, podendo também revestir a estrutura. As pedras podem ser brutas, afeiçoadas (trabalhadas para uma determinada finalidade) ou aparelhadas que são pedras afeiçoadas com uma ou mais faces acabadas de modo especial.

2 MATERIAIS

2.1 Pedras e argamassas

As pedras devem ser resistentes e duráveis oriundas das rochas graníticas, gnáissicas ou outras rochas sadias e aceitáveis.

O projeto definirá as dimensões limites das pedras, se terão faces trabalhadas ou não e definirá as proporções de areia, cimento e água da argamassa.

As proporções de cimento e areia comumente utilizadas são em volumes de 1:3 e 1:4. A relação em peso da água e o cimento não deverá exceder a 0,50.

Na alvenaria com pedras aparelhadas não há necessidade de formas.

2.2 Formas

As formas para alvenaria de pedras argamassadas podem ser de madeira, chapas de madeira compensada ou metálicas.

Na alvenaria com pedra aparelhadas não há necessidade de formas.

3 EQUIPAMENTOS

As pedras, a areia e o cimento são transportados por caminhões para a obra. A água é transportada por caminhões tanque. Na obra esses materiais são transportados manualmente com o uso de carrinhos de mão, padiolas e baldes.

4 EXECUÇÃO

As estruturas de alvenaria de pedras argamassadas revestidas com a própria argamassa podem ser feitas com pedras brutas ou apenas afeiçoadas. As estruturas sem revestimento de argamassa, exigem blocos de pedras uniformes e aparelhados, para garantir a boa aparência da face externa.

As estruturas revestidas são feitas com formas como molde de suas dimensões estabelecidas no projeto. A desforma das peças deverá ser feita após o prazo de 7 (sete) dias da construção.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

5.1 Formas

Somente utilizar madeira com exploração aprovada. O material resultante da desforma deverá ser removido do local da obra e não pode ser lançado na faixa de domínio da rodovia.

5.2 Pedras

As pedras provenientes de pedreira não comerciais só poderão ser utilizadas na obra após a construtora apresentar à fiscalização as licenças exigidas pelo ordenamento ambiental. Deve ser evitada a exploração de pedreira em área de preservação ambiental.

Quando as pedras forem compradas de pedreira comercial, será exigido documentação atestando a regularidade das instalações e operação junto ao órgão ambiental competente.

5.3 Areia de rio

A areia de rio para produção de argamassa só poderá ser utilizada após a apresentação à fiscalização do licenciamento ambiental de sua exploração.

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

O projeto ao indicar os materiais para a alvenaria de pedras argamassadas faz os ensaios geotécnicos da areia de rio e da pedra, como também indica a fonte d'água.

Por ocasião da construção, a critério da fiscalização, para conferência dos resultados do projeto, poderão ser repetidos os ensaios da areia e da pedra, a saber:

a) areia de rio: DNER-ME 80/94 (Análise granulométrica por peneiramento);
b) areia de rio: DNER-ME 54/97 (Equivalente da areia);
c) pedra: DNER-ME 35/98 (Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”).

Para a água, apenas quando apresentar aspectos ou procedência duvidosas para ser usada na argamassa, poderá ser conferida sua boa qualidade pelos seguintes critérios obtidos em laboratório especializado:

a) acidez: apresentar PH entre 5,8 e 8,0;
b) matéria orgânica: teor máximo de oxigênio consumido = 3 mg/l;
c) resíduo sólido: máximo de 5.000 mg/l;

d) sulfetos: máximo de 300 mg/l;

e) cloretos: máximo de 50mg/l;

f) açúcar: máximo de 500mg/l.

Para o cimento, apenas quando for constatado indícios de sua má qualidade, deverão ser realizados os seguintes ensaios previstos pela ABNT:

a) NBR-5740/77 (Análise química de cimento Portland – Disposições gerais);

b) NBR-7215/91 (Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão);

c) NBR-7224/84 (Cimento Portland – Determinação da área específica);

d) NBR-11.580/91 (Cimento Portland – Determinação da água da pasta de consistência normal);

e) NBR-11.581/91 (Cimento Portland – Determinação do tempo de pega);

f) NBR-11.582/91 (Cimento Portland – Determinação da expansibilidade de Le Chatelier).

6.2 Controle de Execução

O controle de execução é feito de forma obrigatória durante a construção, com materiais coletados no local da obra, porque é através dele que se fará a aceitação ou rejeição da obra de alvenaria de pedras argamassadas.

6.2.1 Controle da areia

A areia será controlada através dos ensaios de granulometria (DNER-ME 80/94) e equivalente de areia (DNER-ME 54/97) na frequência de 1 conjunto desses ensaios a cada 5 carregamentos de 12m³ que chegar à obra, sendo obrigatório quando mudar a fonte de areia, desvinculada da quantidade.

A areia que não se enquadrar nas exigências do projeto não poderá ser utilizada na confecção da argamassa.

6.2.2 Controle da pedra

O tipo da rocha (granito, gnaisse ou outra indicada no projeto) será classificado por inspeção visual. As dimensões limites das pedras serão medidas com escalas centimétricas em amostras coletadas aleatoriamente a cada 5 carregamentos de 12m³ que chegar à obra.

As pedras que não se enquadrarem nas dimensões limites, estabelecidas pelo projeto, não poderão ser usadas na alvenaria.

6.2.3 Controle do traço de argamassa

As proporções de areia e de cimento do traço de argamassa serão medidas volumetricamentes através de padiolas de dimensões padronizadas e biseladas. Quando se medir o cimento por saco, deve-se pesar um saco de cimento a cada lote de 50 sacos, não se admitindo variação superior a 2% no peso.

6.2.4 Controle das dimensões das peças

O controle da profundidade da fundação e das dimensões das elevações de alvenaria de pedras argamassadas será feito por medição direta utilizando-se escalas centimétricas.

As peças que não atenderem as dimensões do projeto deverão ser corrigidas, se necessário demolidas e refeitas.

7 MEDIÇÃO

A alvenaria de pedras argamassadas será medida pelo volume em metros cúbicos realmente executado e aprovado.

Os transportes dos materiais serão medidos pelo peso em toneladas, de acordo com as fórmulas de transportes locais e transportes comerciais nas distâncias percorridas, conforme o projeto.

8 PAGAMENTO

A alvenaria de pedras argamassadas será paga para as quantidades medidas conforme o item 7, pelos preços contratuais, estando incluídos todas as operações de execução, instalação de formas, materiais, mão de obra, encargos sociais, transportes, utilização de equipamentos, ferramentas, desformamento, limpeza e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Passagem molhada é uma obra de engenharia rodoviária construída para a transposição de um talvegue natural por veículos motorizados quando a quantidade de tráfego não é suficiente para a viabilidade técnico-econômica de construção de uma ponte ou pontilhão, sem prejuízo da drenagem do talvegue.

Na máxima enchente (ME) a passagem molhada funcionará afogada com uma lâmina d'água máxima de 0,20m, daí a grande importância do projeto determinar com precisão a cota da enchente máxima do talvegue no local da obra.

A passagem molhada é constituída de uma bateria de tubos incrustada em uma estrutura maciça, de forma que a vazão hidráulica da bateria de tubos somada à vazão da lâmina d'água sobre a estrutura supere a vazão de contribuição da bacia hidrográfica no local da obra.

A largura da passagem molhada pode ser de 5 metros para passagem de um veículo por vez ou de 7 metros para a passagem de dois veículos.

2 MATERIAIS

Os tubos são de concreto armado, com armadura dupla preferencialmente, ou com armadura simples elíptica desde que venham com a identificação de posicionamento para o assentamento de cada tubo.

A estrutura maciça poderá ser de concreto ciclópico ou de alvenaria de pedra argamassada, devendo em qualquer caso ter um revestimento superior de concreto simples para regularização da pista de rolamento.

O concreto ciclópico terá um volume com 30% de pedra de mão (forma arredondada com diâmetro entre 7,6 e 30cm). A alvenaria de pedras será feita com argamassa de cimento e areia na proporção de 1:3. O concreto simples de regularização da superfície terá uma espessura média de 10cm e uma resistência a compressão aos 28 dias de no mínimo 25MPa.

Todos os materiais utilizados deverão atender as normas vigentes na SOP-CE, a saber:

- Cimento: NBR 16.697/18 (Cimento Portland – Requisitos);
- Agregado miúdo: DNER-EM 38 (Agregado miúdo para concreto de cimento);
- Agregado graúdo: DNER-EM 37 (Agregado graúdo para concreto de cimento);
- Água: DNER-EM 34 (Água para concreto);
- Concreto e argamassa: SOP-ES OAE 02/19 (Concretos e argamassas);
- Forma: SOP-ES-OAE 05/19 (Formas e cimbres);
- Tubos: NBR 8890/08 (Tubos de concreto armado de seção circular para águas pluviais e esgoto sanitário – Requisitos e métodos de ensaios);
- Alvenaria: SOP-ES-OAE 08/19 (Alvenaria de pedras argamassadas);

3 EQUIPAMENTOS

A natureza, capacidade e quantidade de equipamentos dependerão do tipo e das dimensões da passagem molhada.

Os principais equipamentos utilizados são os seguintes:

- Caminhão Munck para transporte e movimentação de tubos;
- Ferramentas de escavação (picaretas, pás, carrinhos de mão);
- Betoneira com capacidade mínima de 320 litros;
- Caminhão betoneira;
- Vibradores para adensamento de concreto;
- Caminhão com caçamba basculante para transporte de pedras de mão;
- Caminhão carroceria.

4 EXECUÇÃO

Após a locação topográfica da obra, será executada a laje inferior, correspondente ao berço dos tubos, ao nível dos terrenos de montante e de jusante definidos pelo projeto. Assenta-se em seguida as primeiras fileiras de tubos com os diâmetros indicados no projeto, rejuntando-os com argamassa 1:3 de cimento e areia.

Acrescenta-se o material do maciço (alvenaria de pedra argamassada ou concreto ciclópico) preenchendo-se o espaço entre fileiras de tubos e já fazendo-se a laje sobre as primeiras fileiras de tubos, laje essa que servirá como apoio das fileiras superiores de tubos e assim por diante, conforme indicado no projeto. O preenchimento do material do maciço é precedido das indispensáveis formas nas faces externas.

Ao final da última laje do maciço, sobre as fileiras de tubos superiores, faz-se a regularização da superfície com concreto simples para servir como o revestimento da pista da passagem molhada por onde trafegarão os veículos.

A espessura da laje do berço e da laje superior do maciço é de 20cm no mínimo. As lajes intermediárias, sobre as fileiras de tubos têm espessura mínima de 15 cm.

A argamassa e o concreto simples podem ser produzidos em betoneiras no local da obra ou podem ser fornecidos em caminhões betoneiras.

A construção dos encontros da passagem molhada, obedecerão às especificações pertinentes aos serviços que ali forem executados.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Quando as fontes de agregados pétreos e de areia não for comercial, o contratado só poderá iniciar os trabalhos com a apresentação das licenças ambientais de exploração da pedreira e do areal de rio.

Os talvegues são áreas de preservação permanente e, portanto, o desmatamento se restringirá exclusivamente na área estritamente necessária à construção da passagem molhada. O canteiro de obra e o acampamento de apoio deverão ser instalados fora da área de preservação permanente.

Ao final da obra deverão ser demolidas e removidas todas as edificações provisórias, devendo-se também deixar o talvegue desimpedido e limpo de qualquer material obstrutivo.

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle geométrico

O controle geométrico se fará pela conferência topográfica da locação da obra, seguida da conferência de cotas a partir das cotas projetadas para o fundo do berço para assentamento dos tubos. O controle de cotas será feita a cada 5 metros da passagem molhada, se conferindo as cotas de cada laje sobreposta às fileiras de tubos, inclusive as cotas do revestimento final de concreto simples, comparando-se com as cotas de projeto, sendo tolerado uma diferença por ponto de ± 3cm e na média uma tolerância máxima de ± 2cm.

Os serviços que não atenderem as tolerâncias geométricas especificadas serão demolidos e refeitos, todos os ônus para o construtor.

6.2 Controle tecnológico

O concreto produzido em betoneira no local da obra será controlado quanto a resistência à compressão no momento de se estabelecer o traço experimental, devendo atingir a resistência à compressão indicada no projeto. Nesta ocasião será definida as quantidades de padiolas dos agregados, de volume d’água e do cimento de cada betonada. Os ensaios de resistência à compressão serão repetidos quando houver mudança nos agregados utilizados.

Para o concreto fornecido em caminhões betoneiras, o ensaio de controle da resistência à compressão será feito a cada carregamento que chegar à obra.

As pedras de mão serão controladas por inspeção visual e por medição de suas dimensões. Os agregados serão controlados quanto a presença de materiais indesejados por inspeção visual e pela uniformidade de suas granulometrias, através do ensaio DNER-83/98 (Agregados – Análise granulométrica), com a frequência dos ensaios a critério da fiscalização.

A argamassa será controlada pela proporção dos materiais colocados na betoneira.

Os materiais que não atenderem as especificações serão rejeitados e se já tiverem sido aplicados deverão ser demolidos e refeitos todos os ônus para o construtor.

7 MEDIÇÃO

A passagem molhada será medida pelos seguintes itens:

- O preparo da fundação, pelo volume em metros cúbicos de escavação e/ou reaterro compactados executados;
- As formas pela área em metros quadrados executada;
- O concreto ciclópico ou a alvenaria de pedra argamassada pelo volume em metros cúbicos executado;
- Os tubos de concreto armado pela extensão em metros lineares, de acordo com seu diâmetro interno;
- O concreto do revestimento pelo volume em metros cúbicos executado.

8 MEDIÇÃO

A passagem molhada será paga pelos preços unitários contratuais das quantidades de serviços medidas conforme o item 7, estando incluídos todas as etapas de construção, bem como mão de obra, encargos sociais, equipamentos, ferramentas, fornecimento de todos os materiais, transportes, escavações, reaterros, limpeza, acabamentos, lucro e eventuais necessários aos serviços.

3 – ESPECIFICAÇÕES DE OBRAS COMPLEMENTARES

1 DEFINIÇÃO

Cercas são dispositivos de vedação da faixa de domínio constituídas de mourões e estacas, nos quais estão fixados 4 ou 6 ou 8 fios de arame farpado.

2 MATERIAIS

2.1 Estacas e mourões de madeira

As madeiras destinadas aos mourões e estacas deverão ser na sua totalidade, da mesma formação e aprovadas com antecedência pela fiscalização.

Os mourões e estacas de madeira deverão ser chanfradas no topo e aparados na base, serem isentos de fendas, retos e não apresentar outros defeitos que os inabilitem para a função.

As estacas de madeira deverão apresentar diâmetro médio de 0,09m e comprimento de 2,20m.

Os mourões de madeira deverão apresentar diâmetro médio de 0,15m e comprimento de 2,20m.

Os quatro ou seis ou oito fios de arame farpado serão pregados com grampos de aço zincado separados com espaçamentos crescentes no sentido do solo para o topo, com as seguintes medidas:

a) 4 fios: 0,50m enterrado + 0,24m + 0,32m + 0,44m + 0,50m + 0,50 + 0,20m (sobra no topo);
b) 6 fios: 0,50m enterrado + 0,12m + 0,12m + 0,15m + 0,17m + 0,44m + 0,50m + 0,20m (sobra no topo);
c) 8 fios: 0,50m enterrado + 0,12m + 0,12m + 0,15m + 0,17m + 0,19m + 0,25m + 0,25m + 0,25m + 0,20m (sobra no topo).

2.2 Estacas e mourões de concreto armado

As estacas e os mourões possuem seção quadrada de concreto armado, com resistência à compressão do concreto de fck (28 dias) ≥ 30 MPa.

As estacas têm dimensões de 0,10m x 0,10m x 2,20m, sendo armadas com quatro vergalhões de 1/4", de aço CA-25, e com estribos de ϕ = 4,6mm a cada 30cm, de aço CA-60.

Os mourões têm dimensões de 0,15m x 0,15m x 2,20m, sendo armadas com quatro vergalhões de 1/4", de aço CA-25, com estribos de ϕ = 4,6mm a cada 30cm, de aço CA-60.

As estacas e os mourões terão ranhuras horizontais de 1cm de largura, na face de contato com os fios de arame farpado, separadas com espaçamentos crescentes no sentido do solo para o topo, com as seguintes medidas:

a) 4 fios: 0,50m enterrado + 0,24m + 0,32m + 0,44m + 0,50m + 0,50 + 0,20m (sobra no topo);
b) 6 fios: 0,50m enterrado + 0,12m + 0,12m + 0,15m + 0,17m + 0,44m + 0,50m + 0,20m (sobra no topo);
c) 8 fios: 0,50m enterrado + 0,12m + 0,12m + 0,15m + 0,17m + 0,19m + 0,25m + 0,25m + 0,25m + 0,20m (sobra no topo)

Os fios de arame farpado são amarrados às estacas e aos mourões com arame galvanizado n° 14.

2.3 Fios de arame farpado

Deverão atender às exigências da norma ABNT-NBR 6347/82 (Arame farpado de aço zincado – Determinação de características).

3 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos a serem utilizados usualmente são ferramentas manuais tais como:

a) Moto-serra
b) Enxadões
c) Trados
d) Alavancas
e) Martelos, etc

Dependendo da densidade da vegetação, pode-se empregar tratores para o desmatamento, destocamento e limpeza da faixa de implantação da cerca. Podem ser também utilizados trados mecanizados, ou acoplados em tratores agrícolas para a escavação necessária à implantação dos mourões e estacas.

4 EXECUÇÃO

4.1 Limpeza da faixa de implantação da cerca

Antes da implantação de cercas, deverá ser feita a limpeza de uma faixa de 2,00m de largura, para possibilitar a execução e conservação da cerca, bem como, a proteção contra o fogo. A limpeza consistirá em desmatamento e destocamento, com a finalidade de deixar a faixa de implantação isenta de qualquer vegetal.

4.2 Cercas de madeira

Os mourões e estacas deverão ser bem alinhados e aprumados e o reaterro de suas fundações compactado de modo a não sofrerem nenhum deslocamento.

Durante o esticamento dos fios os mourões esticadores deverão ser escorados.

As estacas serão cravadas no terreno à profundidade de 0,50m e espaçados de 2,80m.

Os mourões serão cravados à profundidade de 0,50m e espaçados de 50,00m e também nos pontos de mudança dos alinhamentos horizontal e vertical da cerca.

4.3 Cercas de concreto armado

Os mourões deverão ser bem alinhados e aprumados e o reaterro de suas fundações compactado de modo a não sofrerem nenhum deslocamento.

Durante o esticamento dos fios os mourões esticadores deverão ser escorados.

As estacas serão cravadas a uma profundidade de 0,50m e espaçadas de 3,00m.

Os mourões esticadores, serão cravados à uma profundidade de 0,50m, espaçados de 60,00m, e também nos pontos de mudança dos alinhamentos horizontal e vertical da cerca.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

O material vegetal retirado da faixa para implantação da cerca deve ser espalhado, evitando-se a queima.

Na utilização de cerca de madeira deverá obedecer a legislação vigente no que se refere a área de aquisição e retirada de madeira para o uso de estacas e mourões empregados na cerca de madeira.

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle da execução

O Controle da execução será visual devendo ser observado principalmente os seguintes itens:

a) Execução da cerca sobre a linha demarcatória da área a ser delimitada;
b) Resistência da cerca quanto a possíveis esforços que deverão ser contrapostos pela firmeza dos mourões;
c) Perfeita fixação do arame nos mourões e estacas de modo a atender ao espaçamento especificado.

6.2 Controle de qualidade

O Controle de qualidade do serviço será visual.

6.3 Aceitação ou rejeição

Serão aceitos os serviços considerados de boa qualidade e rejeitados em caso contrário.

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos ou complementados, com todos os ônus para o construtor.

7 MEDIÇÃO

7.1 As cercas serão medidas por metro linear de execução concluída de acordo com esta especificação.

7.2 As remoções de cercas serão medidas por metro linear de remoção concluída e aceita pela fiscalização.

8 PAGAMENTO

O pagamento dos serviços de implantação e remoção de cercas, será feito pelos preços contratuais considerando-se o material empregado e incluirá limpeza da faixa de implantação, mão de obra, encargos, ferramentas, equipamentos, aquisição e transporte de materiais, bem como eventuais necessários à execução do serviço.

1 DEFINIÇÃO

Defensas metálicas são dispositivos de proteção contínua implantados ao longo das vias públicas, de forma, resistência e dimensões adequadas de modo que haja a máxima absorção de energia cinética, na colisão com veículos desgovernados, pela deformação do dispositivo.

Esta especificação não trata de defensas em concreto simples ou armado tipo New Jersey, utilizadas como parte integrante de obras de arte especiais e como barreiras divisórias em rodovias de pista dupla. As defensas fixas de concreto são tratadas nas especificações de obras de arte especiais.

1.1 Tipos de defensas

1.1.1 Defensas simples

Defensas formadas por uma só linha de lâmina e suportada por uma única linha de postes.

1.1.2 Defensas duplas

Defensas formadas por duas linhas de lâminas, paralelas e suportadas por uma única linha de postes.

1.2 Modelos de defensas

1.2.1 Defensas maleáveis

São defensas montadas em postes metálicos de pequena resistência, com perfil W o qual tende a se deformar plasticamente ante o impacto de veículos. Tem espaçadores, amortecedores e garras. Também denominada defensa modelo A.

1.2.2 Defensas semi-maleáveis

São defensas que, embora sejam dotadas de postes considerados rígidos, têm espaçadores, separando a lâmina do poste. Também denominada defensa modelo B.

1.2.3 Defensas semi-rígidas

São defensas que com a eliminação dos espaçadores, a atenuação dos choques é conseguida pelo dobramento dos postes. Também denominada defensa modelo C ou defensa direta.

1.2.4 Defensas rígidas

São defensas que, mesmo contando com lâminas metálicas dotadas de alguma maleabilidade, tem os seus postes praticamente indeformáveis quando submetidos à colisão com veículos. A atenuação dos choques, neste caso, é conseguida pela deformação do solo. É o caso típico das defensas com postes de madeira ou concreto. Também denominado modelo D.

1.3 Peças componentes das defensas metálicas

1.3.1 Lâminas

São componentes da defensa, projetados para receber e absorver o choque eventual de um veículo e servir de guia para a sua trajetória após o choque, até a sua paralisação ou redirecionamento, segundo o fluxo do trânsito. Também denominada guia de deslizamento.

1.3.2 Poste

Peças componentes de defensas, fixadas firmemente no solo, que além de sustentar o conjunto da estrutura em sua altura normal, devem também, absorver parte da energia resultante da colisão, deformando-se. Também denominado montante ou suporte.

1.3.3 Espaçadores

Peças componentes das defensas, intermediárias entre a lâmina e o poste, mantendo aquela afastada deste, evitando assim o impacto direto ao poste. Também denominado espaçador U ou rígido.

1.3.3.1 Espaçador – amortecedor

Peça de defensa, de forma e dimensões adequadas, usada como espaçador, e que além disto, tem a função de absorver parte da energia da colisão pela sua deformação plástica. A travessa pode ser simples, na defensa simples, ou dupla, na defensa dupla. Também denominada travessa ou espaçador C.

1.3.4 Garra

Peça usada em conjunto com o espaçador, dimensionada de modo que através do cisalhamento de seus parafusos de fixação ao poste, causado pelo choque, mantenha aproximadamente a altura de montagem original, qualquer que seja o grau de inclinação do poste, pois este se destaca da garra. Também denominada garra de fixação.

1.3.5 Calço

Peça de apoio da lâmina; Quando se usa o espaçador – amortecedor, este substitui o calço.

1.3.6 Cinta

Componente da defensa maleável simples, destinada a dar um travamento da estrutura, entre postes. É colocada do lado oposto da lâmina. Também chamada cinta de amarração.

1.3.7 Elementos de fixação

Peças destinadas a fixar firmemente um componente da defensa a outro. São constituídos por parafusos, porcas, arruelas e plaquetas.

1.3.8 Módulo da defensa

Conjunto de peças, compreendido em 4m úteis de defensa.

1.3.9 Ancoragem

Trecho inicial e final de uma defensa, quando esta mergulha no solo.

2 MATERIAIS

As propriedades mecânicas das peças metálicas obedecerão aos critérios da ABNT-NBR 6970/81 (Defensas metálicas de perfis) e da ABNT-NBR 6355/80 (Perfis estruturais de aço, formados a frio).

Os postes obedecerão aos critérios da NBR 6971/83 (Defensas).

Os elementos metálicos serão zincados por imersão, após as operações de conformação e furação.

A zincagem deverá proporcionar uma camada de revestimento mínimo de 350g/m^2 por face. Espessura mínima da camada = 50μm.

3 EQUIPAMENTO

Para a cravação dos postes metálicos serão usados bate-estacas pneumáticos. Para postes de madeira ou concreto serão usados trados para abertura dos poços. Para o aperto uniforme e adequado dos parafusos será usado chave de torque variável.

4 EXECUÇÃO

A execução obedecerá às indicações do projeto quanto ao tipo e modelo de defensa, bem como a sua localização e a forma de ancoragem.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

5.1 Controle geométrico

Além das condições geométricas específicas indicadas no projeto será observado:

a) Distância defensa-bordo do pavimento

As lâminas de uma defensa não poderão ser instaladas a menos de 0,55m do bordo da pista. Recomenda-se, quando a defensa estiver implantada num separador de pistas que as lâminas estejam a 1,0m dos bordos.

b) Tolerância no afastamento da diretriz

As defensas devem ser instaladas, de preferência, paralelamente à diretriz da pista. Quando não for possível manter o paralelismo entre as lâminas das defensas e a diretriz, ou quando a defensa, por qualquer razão, deve desviar-se lateralmente, os trechos não paralelos deverão ser mantidos dentro de um ângulo de deflexão máximo de 2^0 20’, contados a partir do eixo da via.

c) Tolerância de altura

As vias, com trânsito de caminhões maior ou igual a 30% do VMD devem ter defensas com lâminas instaladas com altura do seu bordo superior a 750mm do solo, medidos na face da linha de choque dos veículos. Quando o trânsito de caminhões for menor que 30% do VMD, a altura supra referida deverá ser de 650mm, nas mesmas condições. As mudanças de altura de uma defensa, seja por razões do projeto ou devido a ancoragem, inicial e final, não devem ser bruscas. Devem observar um ângulo menor ou igual a 4^0 30', entre o eixo superior das guias de deslizamento e o plano da pista. As ancoragens, nas extremidades livres das defensas, devem ter uma extensão mínima de 16 metros antes de atingirem sua altura normal.

d) Interrupção sob linhas de transmissão

As defensas devem ser interrompidas sob linhas de transmissão, como se fossem uma passagem de pedestres, com abertura de pelo menos 10,0m para cada lado da linha.

5.2 Controle de materiais e execução

a) Dimensões da lâmina

O perfil das lâminas das defensas maleáveis e semi-maleáveis é o W-ABNT. O comprimento livre das lâminas é de 4.000mm, com sua superposição de 300mm, na sua junção. A altura útil das lâminas é de 306mm. A profundidade útil das lâminas é de 80mm. A espessura das lâminas é de 3mm.

b) Postes

Os postes das defensas, devem ser enterrados, no mínimo, 1.100mm. No caso de fixação em taludes, ou terrenos muito ondulados, os postes devem ter

comprimento compatível com esta exigência. As defensas maleáveis e semi-maleáveis devem ter os postes cravados no solo, por processo de percussão, assegurando um adequado atrito lateral. Para consegui-lo, recomenda-se cravar os postes com bate-estacas pneumático apropriado. Em extensões pequenas e isoladas de defensa, pode se admitir o assentamento dos postes através do sistema tradicional de abertura do buraco e compactação posterior do terreno.

A defensa direta só será admissível quando o espaço destinado à instalação for absolutamente insuficiente à incorporação de espaçador. Neste caso, recomenda-se o emprego de defensa dupla ou simples com postes espaçados, obrigatoriamente, de dois metros.

c) Ancoragens

As ancoragens são executadas em função do sentido do movimento do tráfego, para que não apresente qualquer peça ou conjunto que possa tornar-se agressivo no caso de um veículo desgovernado atingir esse trecho de defensa. Toda extremidade livre de trechos de defensas deve ser firmemente ligada ao solo por intermédio de uma ancoragem.

d) Peças especiais

O uso de peças especiais ou de adaptações, por meio de furações novas ou corte, só é permitido quando se trata de instalação para atender serviços especiais, tais como em trechos, juntos às obras de arte, monumentos e construções especiais.

e) Elementos de fixação – controle

Os parafusos de montagem das defensas, especialmente os que unem um perfil W-ABNT ao subsequente, devem ter as suas porcas apertadas por meio de chave de impacto ou de torque graduável, a fim de assegurar um aperto adequado e uniforme.

f) Tratamento anti-corrosivo

Sendo a defensa constituída de material sujeito a corrosão e ação do tempo, é fundamental que seja submetida a um tratamento prévio. Esse tratamento deverá garantir uma vida útil média do material, exposto ao tempo, em condições ambientais normais, em atendimento à durabilidade requerida. O tratamento deverá ser reconhecido como eficiente através de certificados de ensaios que comprovem a garantia do mínimo de vida útil exigida.

g) Aceitação

As defensas serão aceitas quando executadas de conformidade com o projeto e apresentarem suas peças adequadamente fixadas, com a intensidade correta de aperto das porcas e aterramento estável dos postes.

As defensas com materiais e aterramentos inadequados não serão aceitos, devendo ser substituídas, todos os ônus do construtor.

7 MEDIÇÃO

Os serviços serão medidos em metros lineares, para cada tipo de defensas, entre suas extremidades.

8 PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais, para as quantidades medidas conforme o item 7, estando incluídos aquisição de materiais, transportes, armazenamento, perdas, execução, equipamentos, mão de obra, encargos sociais e ferramentas necessárias à execução dos serviços, exames laboratoriais adicionais solicitados pela fiscalização, eventuais e tudo que for necessário à execução dos serviços.

4 – ESPECIFICAÇÕES DE SINALIZAÇÃO

1 DEFINIÇÃO

Sinalização horizontal é o conjunto de faixas, marcas, símbolos e legendas aplicadas sobre o revestimento de um pavimento, obedecendo a um projeto desenvolvido para orientar, promover condições de segurança e conforto e disciplinar o uso da rodovia.

As marcas viárias da sinalização horizontal devem obedecer aos padrões convencionados internacionalmente e deverão ser visíveis sob qualquer grau de luminosidade, por processos de refletorização.

Esta especificação tem como referências as diretrizes do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), bem como as normas vigentes na ABNT, DNIT/DNER e SOP-CE, aplicáveis as rodovias estaduais.

O projeto de sinalização horizontal deverá definir os seguintes elementos:

a) tipos das marcas da sinalização;
b) local de aplicação, extensão e largura;
c) dimensões das faixas; e
d) espessura úmida da tinta a ser aplicada.

O projeto deve apresentar um diagrama linear com a sinalização horizontal complementado pela sinalização vertical e também as notas de serviço da sinalização.

2 CONCEITUAÇÃO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

2.1 Marcas longitudinais

As marcas longitudinais separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada à circulação de veículos, a sua divisão em faixas de mesmo sentido, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo ou preferencial, as faixas reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem e transposição;

2.2 Marcas transversais

As marcas transversais ordenam deslocamentos frontais dos veículos e os harmonizam com deslocamentos de outros veículos e dos pedestres, assim como informam os condutores sobre a necessidade de reduzir a velocidade, indicam travessia de pedestres e posição de parada;

Outras marcas complementam os outros tipos de sinalização.

2.3 Padrões de traçado de marcas longitudinais

a) Faixas contínuas são associadas à ideia de proibição aos movimentos, tem poder de regulamentação, quando amarela separam fluxos de sentido oposto de trânsito e regulamentam a proibição de ultrapassagem e os deslocamentos laterais. Quando branca delimitam a pista de rolamento, separam faixas de mesmo sentido e regulamentam a proibição de ultrapassagem e transposição. Quando vermelha delimita a parte da pista de rolamento destinada à circulação exclusiva de bicicletas.

b) Faixas tracejadas ou interrompidas não tem poder de regulamentação, quando amarela, ordenam os movimentos de sentidos opostos. Quando branca, ordenam os movimentos de mesmo sentido.

c) Linhas longitudinais de divisão de fluxos de sentidos opostos regulamentam a separação das correntes de tráfego de sentidos opostos, delimitando na pista o espaço disponível para cada sentido de tráfego, nas vias onde não existe canteiro central. Deverá ser sempre demarcada na cor amarela, e poderá

ser contínua (caracterizando proibição de ultrapassagem), ou tracejada (a ultrapassagem é permitida).

d) Linhas longitudinais de divisão de fluxos de mesmo sentido, são linhas que demarcam as faixas de trânsito de mesmo sentido de circulação, regulamentando seu uso. Poderá ser contínua nos casos onde é proibido mudar de faixa de trânsito, ou tracejada quando a mudança de faixa de trânsito é permitida.

e) Linhas longitudinais de borda são as marcações que delineiam a parte da pista destinada ao rolamento, separando-a do acostamento, caso houver, ou propiciando uma pequena faixa de segurança junto às guias que separam a pista do passeio.

f) Ciclofaixas, são linhas utilizadas para indicar e demarcar a existência de faixas de uso exclusivo para bicicletas e ciclo motores (ciclo faixa). Ao longo de toda a extensão da ciclofaixa, no limite desta com a pista dos demais veículos que é demarcado por linha contínua, deverão ser colocados tachões sobre a marcação com refletivos voltados para o fluxo dos demais veículos da via.

g) Linhas de canalização: delimitam a área do pavimento destinada a circulação, orientando os fluxos de tráfego.

h) Zebrado de preenchimento: demarcam áreas do pavimento não utilizáveis (área neutra). Suas linhas deverão ser inclinadas 45° em relação ao fluxo de tráfego a que se dirigem. A inclinação das linhas acompanha o sentido de circulação dos veículos da faixa contígua à área neutra.

2.4 Padrões de traçado de marcas transversais

a) Linha de retenção indica aos condutores o local limite em que deverão parar os veículos, quando impostos pela sinalização de controle de tráfego (PARE ou semáforo), ou pela autoridade legal pertinente.

São quatro os casos onde estas linhas são utilizadas, nos quais, dependendo da situação, poderão ser obrigatórias.

- Faixas de pedestres;
- Cruzamentos com ciclovias;
- Cruzamentos com ferrovias;
- Cruzamento com outras vias de uso rodoviário.

b) Linhas do tipo “dê a preferência” são linhas transversais à via que indicam aos condutores que a preferência de circulação está com os veículos da via que desejam acessar. Serão utilizadas somente onde as condições geométricas e de visibilidade permitam o entrelaçamento dos fluxos sem afetar a segurança.

c) Linhas de estímulo à redução de velocidade são marcas transversais à pista, as quais, por efeito visual, dão a impressão ao condutor de que seu veículo aumenta de velocidade se, no segmento onde estas estão colocadas, o veículo não for desacelerado o suficiente para alcançar a velocidade regulamentada em um ponto adiante na via. Permite uma comunicação eficiente da mensagem de redução de velocidade ao condutor, atuando de maneira sublimar.

d) Faixa de travessia de pedestres é a marcação transversal ao eixo da via que indica aos pedestres o local onde poderão atravessá-la de maneira segura, já que também adverte aos motoristas da exigência desta travessia. A faixa de travessia de pedestres deverá ser sempre na cor branca, e poderá ser indicada de duas formas:

- Faixa de travessia de pedestres do tipo zebrado;
- Faixa de travessia de pedestres do tipo linhas paralelas.

e) A faixa de cruzamento rodo-ferroviário indica aos condutores a aproximação de um cruzamento em nível com uma ferrovia, e o local onde deverão parar se necessário. Os sinais indicativos deste cruzamento constituem-se dos seguintes elementos:

- Linha de retenção;
- Retângulo de advertência.

f) A faixa de cruzamento rodo-cicloviário indica aos condutores o cruzamento, em nível, da via, com uma ciclovia ou ciclo faixa, e o local onde deverão parar quando lhes seja imposto.

Sua localização deverá propiciar maior segurança para os ciclistas e orientá-los quanto às trajetórias a serem obedecidas.

2.5 Inscrições no pavimento

São recursos de sinalização horizontal cujo objetivo é melhorar a percepção do condutor quanto às condições da via, permitindo-lhe tomar a decisão adequada em tempo apropriado para as situações que se apresentam. Podem ter caráter regulamentador ou de advertência. Transmitem as mensagens aos motoristas com maior eficiência do que a sinalização vertical.

2.6 Setas

As setas têm por finalidade controlar os fluxos de tráfego na via, através da ordenação dos fluxos em faixas de trânsito, quanto aos movimentos possíveis e recomendáveis.

2.7 Símbolos

Os símbolos são sinais cuja inscrição no pavimento tem por finalidade advertir os condutores da existência de locais onde deverão redobrar sua atenção, para sua segurança e de terceiros. Permitem ao condutor uma melhor percepção de situações específicas encontradas na via, e que atitude deverá tomar, propiciando melhores condições de operação da via.

2.8 Legendas, letras e algarismos

Constituem-se de mensagens inscritas na superfície do pavimento, visando orientar o condutor acerca de condições particulares na operação da via. Serão sempre marcadas dentro da faixa de trânsito a cujo fluxo se destina.

2.9 Padrões de cores

As cores de tinta a serem empregadas devem obedecer às indicações de projeto, sendo selecionadas em função da padronização de cores definidas no Código de Trânsito Brasileiro e seus anexos, descritas a seguir.

a) Amarela: regulamentação de fluxos de sentidos opostos, aos controles de estacionamentos e paradas e à demarcação de obstáculos transversais à pista (lombadas físicas);

b) Branca: regulamentação de fluxos de mesmo sentido, para a delimitação das pistas destinadas à circulação de veículos, para regular movimento de pedestres e em pinturas de setas, símbolos e legendas;

c) Vermelha: demarcar ciclovias, ciclofaixas e para inscrever uma cruz como símbolo indicativo de local reservado para estacionamento ou parada de veículos, para embarque e desembarque de pacientes;

d) Azul: inscrever símbolo indicativo de local reservado para estacionamento ou parada de veículos para embarque e desembarque de portadores de necessidades especiais;

e) Preta: utilizada para proporcionar contraste entre o pavimento e a pintura.

f) Tonalidades das cores: devem obedecer às indicações de projeto, sendo selecionadas em função da padronização de cores definidas no Código de Trânsito Brasileiro e seus anexos.

3 MATERIAIS

3.1 Tipos de materiais

Na sinalização horizontal são utilizados os seguintes materiais para confecção das marcas viárias:

- tintas;
- massas termoplásticas;
- películas pré-formadas;
- laminado elastoplásticos; e

- plásticos aplicáveis a frio.

Para a refletorização são utilizadas esferas e microesferas de vidro.

A escolha do material a ser empregado deve ser feita em função da composição do tráfego, seu volume médio diário (VMD), geometria da via, relevo da área atravessada, rampas, largura da faixa de rolamento, tipo do pavimento, textura e estado de conservação do pavimento e por fim a vida útil almejada para a sinalização.

3.2 Características dos materiais

3.1.1 Esferas e microesferas de vidro

Elas são constituídas de partículas esféricas de vidro de alta qualidade.

Microesferas de vidro são por definição e de acordo com a ABNT, aquelas com diâmetro igual ou inferior a 1000 µm (microns), ou seja, diâmetro igual ou inferior a 1mm (milímetro). Tudo que exceder esta medida é chamada de esfera.

As suas principais características são as seguintes:

a) Podem ser fornecidas em saco de papel ou juta, devendo ter internamente um saco de polietileno, cuja embalagem externa deve ser identificada com as informações a seguir:

- tipo (classificação);
- especificações a que satisfaz;
- nome e endereço do fabricante;
- número do lote de fabricação;
- data de fabricação;
- quantidade de esferas ou microesferas em quilograma
- característica do revestimento químico, quando for o caso.

b) São adicionadas aos materiais de demarcação viária a fim de produzir retrorrefletorização da luz incidente proveniente dos faróis dos veículos. Os requisitos e métodos de ensaio para as esferas e microesferas de vidro devem obedecer ao que especifica a norma NBR 16184/2013 (Esferas e microesferas de vidro – Requesitos e métodos de ensaios).

c) Apresentam diversos diâmetros e podem ser pré-misturadas (premix) à tinta e ao termoplástico (innermix ou intermix) e/ou aspergidas no momento da aplicação da demarcação (drop-on).

d) Classificação por tipo:

- Microesferas são classificadas em Tipo I (I-A e I-B) e Tipo II (II-A, II-B, II-C e II-D).
- Esferas de vidro são classificadas nos tipos III, IV, V, VI e VII.

Quanto ao seu uso tem-se:

- Tipo I-A, V e VI - são as incorporadas aos materiais termoplásticos durante sua fabricação, fornecendo retrorrefletorização somente após o desgaste da superfície da película aplicada, quando se tornam expostas. Os tipos V e VI são aplicados em trechos sujeitos a chuva, neblina ou outras condições adversas.
- Tipo I-B - são as incorporadas às tintas antes da sua aplicação, fornecendo retrorrefletorização somente após o desgaste da superfície aplicada, quando se tornam expostas;
- Tipo II-A, II-B, II-C, II-D, III e IV - são aplicadas por aspersão, concomitantemente com a tinta ou termoplástico, por aspersão ou extrusão, de modo a permanecer na superfície da película aplicada, fornecendo retrorrefletorização imediata. Os tipos III e IV são aplicados em trechos sujeitos a chuva, neblina ou outras condições adversas.
- Tipo VII – essas esferas são aplicadas por aspersão juntamente com a tinta ou termoplástico por aspersão ou por extrusão, permitindo sua imediata retrorrefletividade. São aplicadas em pistas

de aeroportos ou locais em que a refletorização deva ser maximizada.

Quanto a forma de inserção há microesferas de um tipo que são misturadas antes da aplicação (premix/intermix) e há outro tipo de microesferas ou esferas que são aspergidas no momento da aplicação da pintura (drop-on).

As esferas e microesferas de vidro a serem utilizadas para aplicação em alto-relevo devem estar de acordo com a NBR15543/2015 (Termoplástico alto relevo aplicado pelo processo de extrusão mecânica).

3.2.2 Tintas

As tintas são constituídas basicamente de solventes, resinas, pigmentos e aditivos, devendo ser apropriadas para aplicação em superfície asfáltica ou de concreto de cimento Portland.

As suas principais características são as seguintes:

a) Cores: as tintas estão disponíveis nas cores branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta.

b) Embalagem: devem ser fornecidas em embalagem metálica cilíndrica, com tampa removível e deve trazer no corpo da embalagem, bem legível, as seguintes informações:

- nome e endereço do fabricante;
- nome do produto;
- cor da tinta;
- especificações a que satisfaz;
- número do lote de fabricação;
- data de fabricação;
- prazo de validade;
- quantidade contida no recipiente, em litros.

c) Fluidez: logo após a abertura do recipiente, não deve apresentar sedimentos ou grumos que não possam ser facilmente dispersos por ação manual.

Não deve apresentar coágulos, nata, crostas ou separação de cor.

Deve estar apta para ser aplicada a temperatura ambiente no intervalo de 10ºC a 40ºC, umidade relativa do ar de até 90% e suportar temperaturas do pavimento de até 80°C.

Não deve modificar suas características ou se deteriorar quando estocada em locais cobertos e ventilados, no período mínimo de seis meses, a contar da data de recebimento do material.

Para sinalização provisória as espessuras úmidas mínimas aqui indicadas poderão ser menores, e devidamente indicadas no projeto.

Quando exigido no pavimento um aumento da resistência à derrapagem deve-se utilizar a adição de grãos abrasivos, cuja granulometria deve atender à NBR 16.184/2013 (Esferas e microesferas de vidro – Requisitos e métodos de ensaio) e com dureza Mohs igual ou superior a 7,0.

d) Tipos de tintas, suas aplicações e duração:

d.1 Tinta à base de resina.

Aplica-se em rodovias de tráfego leve a médio, com VMD ≤ 5.000 veículos e durabilidade estimada em 18 meses.

Deve satisfazer à NBR 11.862/1992 (Tinta para sinalização horizontal a base de resina acrílica).

A espessura da película úmida de tinta deve ser igual ou superior a 0,6 mm, sem adição de microesferas de vidro aplicadas por aspersão.

d.2 Tinta à base de resina acrílica emulsionada em água

Aplica-se como sinalização em rodovias de tráfego leve, com VMD ≤ 5.000 veículos e durabilidade estimada em 36 meses;

Aplica-se também como sinalização em rodovias de tráfego médio a intenso, com 5.000 ≤ VMD < 10.000 veículos e durabilidade estimada em 12 meses.

Aplica-se ainda como sinalização em rodovias de tráfego pesado, com 10.000 ≤ VMD < 20.000 veículos e durabilidade estimada em 24 meses.

Deve satisfazer à NBR 13.699/2012 (Tinta a base de resina acrílica emulsionada em água – Requisitos e métodos de ensaio) nos dois primeiros casos e a NBR 13.731/2008 (Aeroportos – Tinta a base de resina acrílica emulsionada em água – Requisitos e métodos de ensaio) no último caso.

Nos dois primeiros casos, a espessura da película úmida de tinta deve ser igual ou superior a 0,50 mm, sem adição de microesferas de vidro aplicadas por aspersão, e no último caso, superior a 0,60 mm.

3.2.3 Solventes

Para ajuste da viscosidade antes da aplicação, pode ser adicionado à tinta, no máximo, 5% em volume de solvente compatível com a mesma.

Os solventes usados na diluição da tinta ou limpeza dos equipamentos devem ser os indicados pelo fabricante da tinta e previamente aprovados pela fiscalização da SOP/CE.

3.2.4 Materiais termoplásticos

Os materiais termoplásticos são constituídos de uma mistura sólida, em grânulos ou blocos, formada por resinas naturais e/ou sintéticas, agregados (partículas granulares, pigmento e respectivo dispersor) e agentes plastificantes (óleo vegetal e/ou mineral).

Os pigmentos empregados devem assegurar sua qualidade na resistência à luz e ao calor, de modo que a tonalidade das faixas permaneça inalterada.

Os materiais termoplásticos devem ser inertes a combustíveis, lubrificantes e suportar temperaturas de até 80°C. Deve também possibilitar sua aplicação em superfícies asfálticas e de concreto de cimento Portland em temperaturas ambientes entre 15°C e 40°C, com umidade do ar de até 85%.

As suas principais características são as seguintes:

a) Cores: os termoplásticos estão disponíveis nas cores branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta.

b) Embalagem; conforme o tipo o termoplástico poderá ser acondicionado em sacos plásticos devidamente fechados e lacrados, ou em embalagens padronizadas, nas quais deve figurar em local visível e legível:

- nome e endereço do fabricante;
- nome do produto;
- cor do material;
- máxima temperatura de aquecimento;
- especificações a que satisfaz;
- número do lote de fabricação;
- data de fabricação;
- prazo de validade;
- quantidade contida em quilo, metragem ou unidades, conforme o tipo.

- o lacre deverá apresentar o número do laudo laboratorial e deverá ser conferido e retirado pela Fiscalização.

c) Tipos de termoplásticos, sua aplicação e duração: há três tipos nas cores branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta, conforme descrição a seguir.

c.1 Termoplásticos aplicados por aspersão e por extrusão: devem satisfazer a norma ABNT-NBR 13.159/1994 (Termoplástico aplicado pelo processo de aspersão) e norma ABNT-NBR 13.132/1994 (Termoplástico aplicado pelo processo de extrusão). São utilizados em rodovias de tráfego pesado, com VMD entre 20.000 e 30.000 veículos. Tem uma duração estimada em 36 meses. Para rodovias com maior intensidade de tráfego (VMD $>$ 30.000 veículos, ou que na composição do tráfego tenham percentual de veículos pesados (caminhões e ônibus) superior a 40% ou ainda com largura de faixa de rolamento inferior a 3,50 metros, a sua duração estimada cai para 24 meses. O material termoplástico é constituído de uma mistura em proporções convenientes de ligantes + partículas granulares + pigmentos + agentes dispersores + microesferas de vidro. O ligante deve ser constituído de resinas naturais ou sintéticas e um óleo como agente plastificante. Os pigmentos devem ser resistentes à luz e ao calor, de modo que a tonalidade das faixas permaneça inalterada por toda sua vida útil. A espessura da película de termoplástico, sem adição de microesferas e de esferas de vidro, aplicadas por aspersão, deve ser igual ou superior a 1,5mm e, para aplicação por extrusão, a espessura da película deve ser igual ou superior a 3mm, ambas espessuras devendo ser alcançadas com uma única aplicação.

c.2 Termoplástico pré-formado: deve satisfazer a norma ABNT-NBR 16.039/2012 (Termoplástico pré-formado para sinalização – Requisitos e métodos de ensaio). O material é fornecido em embalagem lacrada, protegida do sol e da umidade, contendo as seguintes informações na sua face externa:

- nome do fabricante;
- nome do produto;
- número do lote de fabricação;
- cor;
- quantidade;

- data de fabricação; e
- prazo de validade.

O Termoplástico pré-formado autocolante, refletivo e termosensível é composto de uma mistura de ligantes + partículas granulares + pigmentos + agentes dispersores + microesferas de vidro. Ele é fixado ao pavimento aquecido por lança chamas ou maçarico. O Termoplástico pré-formado é usado em faixas de retenção, faixas de pedestres, símbolos e legendas em rodovias com VMD até 10.000 veículos, estimando-se sua duração em 24 meses. Quando aplicado por aspersão a espessura de sua película deve ser igual ou superior a 1mm, sem adição de microesferas.

c.3 Termoplástico alto-relevo: deve satisfazer a norma ABNT-NBR 15.543/2015 (Termoplástico alto relevo aplicado pelo processo de extrusão mecânica). Disponíveis apenas nas cores brancas e amarelas é recomendado para faixas longitudinais em rodovias com tráfego de VMD acima de 10.000 veículos, tendo duração estimada em 36 meses. O termoplástico alto-relevo é composto de resinas de alta resistência à abrasão, pigmentos resistentes ao calor e à luz ultravioleta e contém microesferas de vidro. As embalagens de acondicionamento deverão conter:

- nome do fabricante;
- nome do produto;
- cor;
- máxima temperatura de aquecimento;
- número e lote de fabricação;
- data de fabricação;
- prazo de validade; e
- quantidade.

O lacre da embalagem deverá conter o número do laudo laboratorial, a ser conferido e retirado pela fiscalização. O termoplástico alto-relevo é usado como

sonorizador em rodovias, podendo ser aplicado com seis tipos diferentes de relevo, a saber:

- Tipo I - Relevo duplo com base:
  espessura da base (mm) - 2,50
  altura do relevo (mm) - 7,00
  largura do relevo (mm) - 7,00
- Tipo II - Relevo simples ranhurado com base:
  espessura da base (mm) - 2,50
  altura do relevo (mm) - 6,00
  largura do relevo (mm) - 6,00
  distância entre relevos (mm) - 20,00
- Tipo III - Relevo simples com base:
  espessura da base (mm) - 2,50
  altura do relevo (mm) - 7,00
  largura do relevo (mm) - 45,00
  distância entre relevos (mm) - 350,00
- Tipo IV - Relevo simples sem base (taco):
  altura do relevo (mm) - 7,00
  largura do relevo (mm) - 45,00
  distância entre relevos (mm) - 350,00
- Tipo V - Relevo multipontos sem base (gotas):
  altura do relevo (mm) - 5,50
  área da gota (cm²) - 5,95
- Tipo VI - Relevo multipontos sem base (calotas):
  altura do relevo (mm) - 5,50
  área da calota (cm²) – 4,90

3.2.5 Laminado elastoplástico

Deve satisfazer a norma ABNT-NBR 15.741/2016 (Laminado elastoplástico para sinalização). São disponíveis nas cores branca, amarela, vermelha, azul, verde e preta.

O laminado fornecido deve estar acondicionado em embalagem adequada, lacrada, protegida do sol e da umidade, contendo na face externa, em local bem visível as seguintes informações:

- nome do fabricante;
- nome do produto;
- número do lote de fabricação;
- cor;
- quantidade contida em metros ou quantidades de letras ou símbolos;
- largura da película;
- espessura da película;
- data de fabricação;
- prazo de validade.

O material pode ser fornecido em faixas até 60 cm de largura em rolos de 25 m, símbolos, letras e números, com o objetivo de obter efeitos visuais eficazes para a sinalização horizontal, com excelente adaptação a superfícies lisas ou texturizadas, sejam pavimentos asfálticos, concretos, paralelepípedos ou pré-moldados (poliédricos). O laminado elastoplástico é composto de borracha natural, cargas minerais, resina, pigmentos, material antiderrapante, elemento refletivo e adesivo próprio para colagem do material ao solo. Deve ser resistente a circulação intensa de veículos, depois de fixado ao piso por meio de um aderente líquido próprio (cola, fornecida juntamente com o laminado) que deve ser fornecida em quantidade necessária, e capaz de realizar uma perfeita soldadura da superfície da faixa ao mesmo. Deve suportar temperaturas de até 80°C sem sofrer deformações. Deve ser fornecido em conformidade com o projeto. A espessura não deve ser inferior a 1,5mm. É recomendado para sinalização de faixas de retenção, faixas de pedestres, símbolos, legendas, em rodovias de tráfego intenso, com VMD ≥ 10.000 veículos e tem durabilidade estimada em 36 meses. Deve ser resistente às intempéries, ação dos combustíveis e lubrificantes, e ser fabricado com materiais que acompanhem a movimentação e ondulação da via. Deve obter efeitos visuais eficazes para a sinalização horizontal, com excelente adaptação a superfícies lisas

ou texturizadas, sejam pavimentos asfálticos, concreto, paralelepípedos ou pré-moldados (poliédricos). O adesivo deve ser fornecido na quantidade suficiente para a metragem de laminado a ser instalado. O material deverá ser flexível, para acompanhar as asperezas do solo e resistir aos impactos de sua utilização.

3.2.6 Plástico a frio à base de resinas reativas

A aplicação e o fornecimento do material plástico a frio à base de resinas metacrílicas reativas e agente endurecedor devem ser realizados conforme a NBR 15.870/2016 (Plástico a frio a base de resinas metacrílicas reativas – Fornecimento e aplicação).

O plástico a frio deverá ser embalado em recipiente metálico, cilíndrico e lacrado.

O lacre deve apresentar o número do laudo laboratorial e deverá ser conferido e retirado pela fiscalização. As embalagens deverão trazer no seu corpo, bem legível, as seguintes informações:

- nome do produto;
- cor;
- referência quanto a natureza química da resina;
- data de fabricação;
- prazo de validade;
- número do lote de fabricação;
- nome do fabricante;
- quantidade contida no recipiente, em kg.

Disponível nas cores branca, amarela, vermelha, azul e verde.

O plástico a frio à base de resinas metacrílicas reativas é um material bicomponente ou tricomponente à base de resina reativa metacrílica, cargas minerais, pigmentos, aditivos e microesferas de vidro, a saber:

- Componente A: resina reativa metacrílica pura, pigmentos, aditivos, cargas minerais e microesferas de vidro somente nos materiais para ser utilizados por aspersão e aplicação a rolo.
- Componente B: fornecido em pó ou líquido. É um agente endurecedor (catalisador).
- Componente C: resina metacrílica de menor reatividade, sem acelerador, cargas minerais, aditivos e pigmentos.

A classificação dos materiais plásticos a frio deve seguir o exposto abaixo:

- Tipo I: é um material tricomponente (A, B e C) sem conter em sua composição microesferas de vidro;
- Tipo II: é um material bicomponente (A e B) sem conter microesferas de vidro em sua composição;
- Tipo III: é um material bicomponente (A e B), de baixa viscosidade, podendo ou não ter grãos abrasivos incorporados em sua composição;
- Tipo IV: é um material bicomponente (A e B), contendo em sua composição microesferas de vidro.

Somente o plástico a frio por aspersão, deve ser fornecido em três componentes A, B e C.

A resina metacrílica utilizada no plástico a frio deve ser 100% metacrílica reativa livre de solventes. Misturas com outras resinas, líquidos ou solventes não são permitidas.

O agente endurecedor (componente B) deve ser o peróxido de benzoila em pó ou líquido. Para aplicação manual, o peróxido utilizado deve ser em pó. Para aplicação mecanizada, o peróxido pode ser em pó ou líquido, conforme o tipo de equipamento utilizado para o sistema.

O plástico a frio deve ser apto a ser aplicado em temperatura do ambiente entre 5º C e 45º C e umidade relativa do ar até 80 %.

O plástico a frio deve ser inerte a intempéries, combustíveis e lubrificantes.

O plástico a frio deve ter boa característica de adesividade às microesferas de vidro e ao pavimento, produzir película seca fosca, de aspecto uniforme, sem apresentar fissuras, gretas ou descascamento durante o período de vida útil.

Pode ser aplicado pelos seguintes sistemas:

- Aspersão (spray) → aplicado mecanicamente com mistura automática dos dois componentes, espessura – 0,6mm.
- Extrusão → aplicado manualmente ou mecanicamente, recomendado para faixas de pedestres, redutores de velocidade, zebrados, símbolos e setas, espessuras – 1,5 e 3,0mm.
- Estrutura (dispersão) → aplicado mecanicamente, o processo de dispersão consiste na aplicação de aglomerado com adensamentos variáveis, permitindo o escoamento da água pela estrutura, recomendado para marcas longitudinais, linhas de canalização de tráfego e travessias de pedestres, espessura – 5mm.
- Alto relevo → aplicado mecanicamente, com mistura automática dos dois componentes, formando relevos regulares e uniformes, com a finalidade de se obter sonorização.

Para o material termoplástico, a NBR 15870 (já citada) prevê a execução do seguinte relevo:

Espessura da base (mm) - 1,50

Altura do relevo (mm) - 7,00

4 EQUIPAMENTOS

Todo equipamento, antes do início da execução do serviço, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pela SOP/CE, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

4.1 Remoção das marcas viárias

Havendo necessidade de remoção das marcas viárias antigas ou conflitantes, compete à executante empregar, em cada caso, o método mais apropriado para a eliminação das demarcações anteriores, o que pode ser feito através de processos manuais ou mecânicos.

As marcações antigas não podem ser camufladas com tinta.

4.2 Equipamentos para limpeza

A limpeza deve ser executada de modo a eliminar qualquer tipo de material que possa prejudicar a aderência do produto aplicado no pavimento, utilizando vassouras, escovas, compressores para limpeza com jato de ar ou de água, de tal forma que seja executada apropriadamente a limpeza e secagem da superfície a ser demarcada.

Poderão ainda ser utilizados produtos específicos para limpeza da superfície, desde que não agridam o meio ambiente, o pavimento e nem prejudiquem a qualidade do material a ser aplicado.

4.3 Equipamentos para aplicação de esferas, microesferas e material antiderrapante

As esferas, microesferas e material antiderrapante (se necessário) devem ser aplicados por:

- Aspersão - são espalhados na superfície da película, através de dispositivos de pressão pneumática, por pressão direta ou sucção.
- Gravidade – são deslocados através de um silo de armazenagem das máquinas ou de carrinhos manuais através da sua própria massa e distribuídas sobre as faixas através de espalhadores apropriados.

4.4 Equipamentos para aplicação de Tintas

As máquinas para aplicação das tintas devem conter, no mínimo, os seguintes itens:

a) Motor para autopropulsão;

b) Compressor com tanque pulmão de ar, com capacidade no mínimo 20% superior à necessidade típica da aplicação;

c) Tanques pressurizados para tinta, devidamente revestidos de forma a preservar a qualidade da tinta;

e) Reservatórios para microesferas de vidro a serem aplicadas por aspersão;

f) Agitadores mecânicos para homogenização da tinta;

g) Quadro de instrumentos e válvulas para regulagem, controle de acionamento das pistolas;

h) Conta-giros, horímetro e odômetro;

i) Sistema de limpeza com solvente;

j) Sistema sequenciador para atuação automática das pistolas na pintura, permitindo variar o comprimento e a cadência das faixas;

k) Dispositivos a ar comprimido para aspersão de microesferas de vidro (espalhadores), devendo apresentar flexibilidade para troca de bicos (orifícios), adequando-se para aspergir microesferas de vidro de quaisquer granulometrias;

l) Sistemas limitadores de faixa;

m) Sistema de braços suportes para pistolas;

n) Sistemas de pistolas manuais atuadas pneumaticamente, passíveis de uso em ambos os lados;

o) Dispositivos de segurança;

p) Trena;

q) Medidor de espessura.

4.5 Equipamentos para aplicação de termoplásticos

4.5.1 Termoplástico por aspersão

Os equipamentos indispensáveis para a aplicação do material termoplástico por aspersão são:

a) Usina móvel montada sobre caminhão, constituída de dois recipientes para fusão do material (branco e amarelo), providos de queimadores, controle de temperatura e agitadores com velocidade variável;

b) Sapatas para aplicação manual com largura variável de 100 a 500 mm e abertura de 3 mm;

c) Carrinho semeador para aplicação e distribuição de microesferas com largura variável de 100 a 500 mm;

d) Veículo autopropulsor contendo recipiente com capacidade variável e aquecimento indireto (câmara para óleo térmico). Para os equipamentos de projeção pneumática o recipiente precisa ser pressurizado para conduzir o material até a pistola, e nos equipamentos de projeção mecânica o material deve ser conduzido através de bomba até a pistola;

e) Termômetros em perfeito estado de funcionamento na câmara de óleo e no recipiente para fusão do material termoplástico;

f) Conjunto aplicador contendo uma ou duas pistolas próprias para termoplástico e semeador de microesferas de vidro;

g) Aquecimento indireto (com óleo térmico), para todo o conjunto aplicador, ou seja, mangueira condutora do material termoplástico e pistola;

h) Compressor com tanque pulmão de ar destinado a:

- Pressurização do recipiente de termoplástico (nos equipamentos de projeção pneumática), tanque de microesferas;

- Limpeza do pavimento e para atomização do material;
- Acionamento das pistolas para termoplástico e microesferas;

i) Dispositivos de aplicação contínua e intermitente para execução das linhas simples e/ou duplas dos materiais utilizados;

j) Dispositivos, acessórios de controle e segurança em painéis na cabine do veículo e na plataforma de comando do conjunto de aplicação;

k) Sistema de aquecimento, podendo ser com queima de gás ou óleo diesel;

l) Gerador de eletricidade para alimentação dos dispositivos de segurança e controle;

m) Dispositivo balizador para direcionamento da unidade aplicadora durante a execução da demarcação.

4.5.2 Termoplástico por extrusão

As máquinas para aplicação de termoplástico pelo processo de extrusão devem conter, os equipamentos a seguir descritos:

a) Aparelho de projeção pneumática, mecânica ou combinada;

b) Implementos auxiliares para demarcação manual quantos forem necessários à execução satisfatória do serviço;

c) Usina móvel montada sobre caminhão, constituída de dois recipientes para fusão de material, branco e amarelo, providos de queimadores, controle de temperatura e agitadores com velocidade variável;

d) Sapatas para aplicação manual com largura variável de 100 e 500 mm e abertura de 3mm;

e) Carrinho semeador para aplicação e distribuição de microesferas com largura variável de 100 a 500 mm;

f) Termômetros em perfeito estado de funcionamento no recipiente de fusão do material termoplástico;

g) Para aplicação mecânica, além dos equipamentos citados deve conter:

g.1) Aquecimento indireto com óleo térmico, para todo o conjunto aplicador, ou seja, mangueira condutora do material termoplástico e pistola;

g.2) Compressor com tanque pulmão de ar destinado à: pressurização do tanque de microesferas; limpeza do pavimento e acionamento das pistolas de microesferas;

g.3) Dispositivos de aplicação contínua e intermitente para execução das linhas simples ou duplas de materiais utilizados;

g.4) Dispositivos acessórios de controle de segurança em painéis na cabine do veículo e na plataforma de comando do conjunto de aplicação;

g.5) Sistema de aquecimento, podendo ser com queima de gás ou óleo diesel;

g.6) Gerador de eletricidade para alimentação dos dispositivos de segurança e controle;

g.7) Dispositivo balizador para direcionamento da unidade aplicadora durante a execução da demarcação;

g.8) Conjunto para aplicação e distribuição a ar comprimido de esferas e microesferas de vidro;

Deve-se dar preferência à sapata manual de cortina com rodas para demarcação exclusiva de termoplásticos, com sistema de gaveta, regulagem para larguras de faixas entre 10 a 50 cm, sistema de aquecimento permanente do reservatório, e caixa distribuidora de microesferas acoplada.

4.5.3 Termoplástico pré-formado para sinalização

Para aplicação são necessários:

a) bandeja para o adesivo (quando indicado no projeto);

b) Tocha GLP (pressão de 3 bar no mínimo) e bujão de gás;

c) Marcador de giz;

d) Termômetro infravermelho.

4.5.4 Termoplástico alto-relevo

O equipamento a ser utilizado na execução dos serviços será composto por:

a) equipamento para fusão do material termoplástico, por aquecimento indireto, provido de agitadores mecânicos, que assegurem temperatura uniforme na massa em processo de fusão e aplicação;

b) dispositivo termostático, para manutenção da fusão e termômetros indicadores;

c) unidade móvel, autopropulsora, dotada de implementos específicos para aplicação do material termoplástico, produzindo simultaneamente a linha base (se houver), e as saliências especificas para cada tipo.

d) sapatas automatizadas acopladas para aplicação de alto relevo.

4.6 Equipamentos para aplicação de laminado elastoplástico

a) marcador de giz;

b) vassoura de pelo;

c) rolo de lã;

d) bandeja para o adesivo;

e) rolete metálico com diâmetro mínimo de 80mm (25kg);

f) estilete e régua metálica para cortar excessos.

4.7 Equipamentos para aplicação de plástico a frio à base de resinas reativas

a) caminhão demarcador de faixas com sistema específico para cada tipo de aplicação;

b) sistema com bomba dosadora com mistura automática dos componentes

5 EXECUÇÃO

As sinalizações aplicadas deverão ser protegidas durante o tempo de secagem, de todo tráfego de veículos, bem como de pedestres. A Contratada será

diretamente responsável e deve colocar todos os dispositivos necessários para o adequado isolamento da área.

5.1 Sinalização de segurança

Os serviços de execução de sinalização horizontal só podem ser iniciados após a instalação de todos os elementos para sinalização de obra adequada a cada local de serviço.

5.2 Cura do revestimento

A demarcação viária deve respeitar obrigatoriamente o tempo de cura asfáltica ou de concretos novos.

Deve-se esperar pelo menos de 30 a 45 dias para que se iniciem os trabalhos de sinalização horizontal definitiva

.

5.3 Remoção das marcas viárias e limpeza

Os serviços serão precedidos da remoção de marcas viárias pré-existente e da limpeza da superfície de aplicação dos materiais, conforme descritos nos itens 4.1 e 4.2.

5.4 Sinalização em pavimento rígido

Nos pavimentos de concreto de cimento Portland, deve ser aplicado, preliminarmente, o primer promotor de aderência, precedido da remoção total da película química de cura.

Sobre o primer promotor de aderência deve ser aplicada uma demarcação de contraste na cor preta, devendo esta ter os requisitos das tintas de

demarcação, ou seja, não ter baixa aderência, excedendo em 5cm a largura e o comprimento da demarcação a ser executada.

5.5 Condições ambientais para execução do serviço

Deverão ser observadas as seguintes condições ambientais:

a) A temperatura ambiente igual ou superior a 10°C;

b) A temperatura ambiente igual ou inferior a 40°C;

c) A umidade relativa do ar igual ou inferior a 80°C;

d) O pavimento deve estar aparentemente seco e não chovendo.

e) Deve ser medida a temperatura ambiente, no mínimo duas vezes por dia trabalhado, por meio de termômetro adequado e aferido;

f) Deve ser medida a umidade relativa do ar, no mínimo duas vezes por dia trabalhado, por meio de higrômetro portátil aferido.

5.6 Pré-marcação

Previamente à execução do serviço de sinalização horizontal deve ser executada a pré-marcação de pintura, consistindo na locação e alinhamento das marcas longitudinais, transversais, de canalização, de delimitação e inscrições do pavimento, indicadas no projeto de sinalização.

Os procedimentos para execução e avaliação da demarcação devem ser seguidos rigorosamente no que estabelece a norma NBR 15.405/2016 (Tintas – Procedimentos para execução da demarcação e avaliação).

Na repintura é permitido o uso das faixas antigas como referencial, desde que não comprometa as cotas do projeto.

5.7 Tintas

A tinta não deve apresentar separação de fases, mas se houver sedimentação (parte sólida no fundo do balde), deve ser de fácil homogeneização. Caso não seja possível homogeneizar manualmente, a tinta não deve ser aplicada.

A tinta deve ser homogeneizada antes de sua deposição no tanque e deve apresentar a consistência especificada, sem ser necessária a adição de outro aditivo qualquer, salvo recomendações do fabricante da tinta e/ou especificações técnicas vigentes quanto ao aspecto diluição.

Caso haja necessidade de adição de solvente para diluição, o mesmo deve ser misturado à tinta no balde antes de sua deposição no tanque.

No caso de faixas longitudinais de sinalização a aplicação da tinta é feita por máquina automotriz, provida de pistolas e misturadores mecânicos para os materiais.

No caso de pinturas de setas, legendas e outras inscrições a aplicação da tinta é feita com pistola manual, com auxílio de gabaritos.

5.8 Termoplástico

A adição do material termoplástico nos fusores deve ser progressiva, de tal forma que não faça grandes blocos que dificultem sua fusão.

Deve-se manter agitação permanente durante sua preparação.

Deve-se controlar com rigor a temperatura do mesmo, evitando a deterioração da resina (oxidação acelerada) e a consequente alteração das propriedades do material.

5.9 Termoplástico pré-formado para sinalização

a) Com o marcador de giz, circunscreve-se a área na qual será aplicado o termoplástico pré-formado.

b) É sempre aconselhável a aplicação de primer aderente.

c) Aquecer o primer com tocha de GLP.

d) Colocar o pré-formado na posição.

e) Aquecer o pré-formado com a tocha de GLP.

f) Deslocar a chama devagar, mas de forma estável, 10 a 30 cm acima do material num movimento de varrer, para que o calor seja aplicado uniformemente. O material deve ser aquecido entre 180 e 200ºC.

g) O material irá “fundir” com a superfície do pavimento.

h) Durante a aplicação, a camada previamente tratada de esferas de vidro e material antiderrapante é enterrada no material. Isto conduz a valores iniciais reduzidos de retro reflexão e coeficiente de atrito.

i) Se forem necessários valores iniciais altos de retro reflexão e/ou coeficiente de atrito, deve-se aplicar esferas e microesferas imediatamente após a aplicação da camada enquanto o material ainda está quente, e reaquecer com a tocha de GLP.

5.10 Termoplástico alto-relevo

Em caso de equipamentos autopropulsados desenhados com controles para aplicação em condições climáticas adversas, permite-se o seu uso fora das faixas indicadas quanto a temperaturas, porém se mantêm as restrições em relação à chuva ou excesso de umidade.

A adição do material termoplástico nos fusores deve ser progressiva, de tal forma que não faça grandes blocos que dificultem sua fusão.

Deve-se manter agitação permanente durante sua preparação.

Deve-se controlar com rigor a temperatura do mesmo, evitando a deterioração da resina (oxidação acelerada) e a consequente alteração das propriedades do material.

O material será aplicado à temperatura máxima de 180°C para o termoplástico de cor amarela e de 200°C para o termoplástico de cor branca, para se manter a coesão e cores naturais do termoplástico.

5.11 Laminado elastoplástico

a) Pré-marcar o pavimento com o marcador de giz;
b) Virar o material com o verso para cima e limpar com a vassoura de pelos;
c) Aplicar o adesivo no verso do material e no local de aplicação;
d) Aguardar que o adesivo esteja dando liga ao tato
e) No verso do laminado, aplicar nova camada de adesivo com rolo de lã;
f) Colocar o produto sobre o pavimento;
g) Virar o material e colocá-lo no local de aplicação;
h) Se necessário, fazer pequenos ajustes com a mão;
i) Passar o rolete metálico para a fixação final.
j) Com estilete e régua metálica retirar os excessos;
k) Liberar para o tráfego imediatamente.
l) Se necessária, a remoção do laminado elastoplástico pode ser por:

- chama a gás que provoca o amolecimento do adesivo permitindo sua remoção por raspagem manual;
- raspagem mecânica, sem ocorrer agressão ao pavimento.

5.12 Plástico a frio à base de resinas reativas

A aplicação é feita por máquina automotriz dotada de sistemas específicos para cada tipo, provida de pistolas e misturadores mecânicos para os materiais.

6 PROTEÇÃO AMBIENTAL

Como a maioria das operações para execução dos serviços acontecem sobre o corpo estradal, os cuidados a proteção ambiental referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

6.1 Tráfego de Equipamentos

Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar a destruição desnecessária da vegetação, assim como interferência na drenagem.

6.2 Estacionamento e manutenção dos equipamentos

As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas e tratadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou de combustível não sejam levados até cursos d’agua. Esta especificação é complementada pelo DERT-ISA-07/99 – Orientações ambientais para operação de máquinas e equipamentos.

6.3 Produtos Químicos

Deve ser consultada a FISPQ (Ficha de Informação de Segurança para Produtos Químicos) utilizados, e os respectivos procedimentos necessários.

6.4 Descartes de embalagens

Descarte dos resíduos provenientes de embalagens, utensílios utilizados, sobras de material, limpeza dos equipamentos, em locais devidamente regulamentados para este fim, sob pena de responsabilidade por dano ambiental causado.

6.5 Utilização de EPI

Toda a equipe deve estar informada dos procedimentos sobre manuseio seguro e utilização dos EPI (óculos protetores e luvas resistentes).

Retirar do armazenamento somente a quantidade necessária para um turno.

6.6 Gases Tóxicos

Os termoplásticos, quando aquecidos à temperatura exigida para a sua aplicação, não devem desprender gases tóxicos ou fumaças (fumos) que possam causar danos às pessoas ou ao meio ambiente.

7 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Materiais

a) Todos os materiais utilizados devem satisfazer a esta especificação e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

b) Para garantia da qualidade dos serviços devem ser apresentados os certificados de fábrica com análise conclusiva, emitida por laboratório credenciado, contendo a aprovação dos lotes dos materiais a serem utilizados.

c) A apresentação destes certificados deve ser obrigatória para emissão da ordem de serviço.

d) Todo material a ser utilizado deve ser analisado, aprovado e selado pelo laboratório responsável pela análise, acompanhados por certificados de análise qualitativa e quantitativa do produto, por lote de fabricação.

7.2 Retrorrefletividade

O procedimento relativo à avaliação da retrorrefletividade, bem como a especificação do retro refletômetro estão descritos na NBR 16.410/2015 (Sinalização horizontal viária - Avaliação da retrorrefletividade utilizando equipamento dinâmico com geometria de 15 m ou 30 m) e NBR 14.723/2013 (Sinalização horizontal viária - Avaliação da retrorrefletividade utilizando equipamento manual com geometria de 15 m).

A retrorrefletividade inicial é definida, como o valor da retrorrefletividade avaliada entre 24h e 48h após a liberação do trecho da rodovia ao tráfego, e no máximo em até quinze dias, enquanto a retrorrefletividade residual é aquele valor avaliado após um período de tempo maior.

A garantia é em meses, condicionada aos valores mínimos de retrorrefletividade inicial e final.

Para medição deve-se posicionar o equipamento no sentido do fluxo dos veículos e na superfície da demarcação a ser medida. Para não prejudicar a medição a superfície deve estar limpa de umidade, pedras ou resíduos capazes de comprometer a medição. Não poderá incidir luz solar, pois poderá comprometer as leituras, portanto, caso ocorra, deve-se procurar outra localização ou prover meios alternativos para bloqueá-la.

Em vias de mão dupla o equipamento deve estar voltado para cada um dos sentidos do fluxo de tráfego. Para eixos duplos, a medição deve ser feita para cada uma das faixas e os resultados devem ser computados para cada sentido de

fluxo do tráfego. No caso de uma única faixa, deve ser adotada a menor média obtida.

Quando do procedimento de avaliação dos trechos as vias devem ser devidamente sinalizadas em conformidade com as normas e padrões de segurança e sinalização viária de tal forma que se mantenha a integridade da equipe de campo bem como dos usuários da via.

Para a avaliação da demarcação das faixas longitudinais, o sentido do fluxo de tráfego da via deve ser considerado devendo ser desprezados os 10m do início dos trabalhos e 10m finais da demarcação.

Os materiais utilizados devem ser especificados em projeto, sendo que sua garantia de validade deverá ser dada por condições de retrorrefletividade residual.

A retrorrefletorização residual estabelecida, sob quaisquer circunstâncias de condições físicas ou operacionais da rodovia, independente do material especificado no projeto, será de 100 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor branca e 80 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor amarela.

Para a retrorrefletorização inicial, os valores são os seguintes:

a) Para tintas e Termoplásticos, a retrorrefletorização inicial mínima estabelecida deverá ser de 250 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor branca e 150 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor amarela, para sinalização definitiva.

Nos casos específicos em que se tratar de sinalização provisória, o valor de retrorrefletorização inicial mínima será de 150 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor branca e 100 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor amarela.

b) Para termoplástico pré-formado, a retrorrefletorização inicial mínima estabelecida deverá ser de 300 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor branca e 200 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor amarela.

c) Para termoplástico alto-relevo, a retrorrefletorização inicial mínima estabelecida deverá ser de 250 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor branca e 150 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor amarela.

d) Para laminado elastoplástico, a retrorrefletorização inicial mínima estabelecida deverá ser de 200 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor branca e 150 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor amarela.

e) Para plástico a frio à base de resinas reativas, a retrorrefletorização inicial mínima estabelecida deverá ser de 250 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor branca e 200 $mcd.lx^{-1}.m^{-2}$ para a cor amarela.

O projeto definirá a retrorrefletorização inicial mínima para as demais cores em função das funções operacionais de marcação

7.3 Inspeção visual

A pré-marcação deve estar de acordo com o projeto.

A pré-marcação deve estar perfeitamente reta nas tangentes e acompanhando o ângulo nas curvas.

O material aplicado deverá apresentar as bordas bem definidas, sem salpicos ou manchas, não se admitindo diferenças de tonalidade em uma mesma faixa ou em faixas paralelas.

O controle da distribuição e ancoramento das microesferas devem ser observados em campo, embora uma avaliação visual possa ser subjetiva, podem ajudar a identificar problemas durante a execução.

7.4 Consumo de materiais

O consumo dos materiais deve ser tal que a executante garanta:

a) A retrorrefletividade inicial mínima dos serviços;

b) A retrorrefletividade residual ao final do período de garantia e,

c) Todos os materiais têm que ter características antiderrapantes tanto em condições de pavimento seco e molhado.

7.5 Tempo de secagem para liberação ao tráfego

- Tinta a base de resina → 30 minutos
- Tinta a base de resina emulsionada em água → 10 minutos
- Termoplástico → 30 minutos
- Termoplástico alto relevo → 5 minutos
- Termoplásticos pré-formados → imediato
- Laminados elastoplástico → imediato
- Plástico a frio → 30 minutos

7.6 Controles específicos

7.6.1 Termoplásticos

Devem ser aquecidos dentro da faixa indicada pelo Fabricante.

7.6.2 Termoplástico pré-formado para sinalização

Não será aceita a implantação na qual os funcionários pisem na cola espalhada sobre o pavimento e, após, pisem no termoplástico. Neste caso, todo o serviço será refeito.

7.6.3 Laminado elastoplástico

Não será aceita a implantação na qual os funcionários pisem na cola espalhada sobre o pavimento e, após, pisem no laminado. Neste caso, todo o serviço será refeito.

A soldadura é obtida pela distribuição uniforme de adesivo sobre ambas as superfícies (pavimento e laminado). Depois de colado, sua aderência tem que ser perfeita, não podendo ser retirado por tração ou efeitos atmosféricos.

Condições específicas:

- Possuir coeficiente de atrito VRD ≥ 45 (medição feita com pêndulo britânico - ASTM-E 303)
- Resistência à abrasão (g) máximo - 0,6 NBR 12119/1992 (Tintas – Determinação da resistência a abrasão – Método úmido).
- Alongamento: mínimo de 75% no momento de ruptura

8 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

8.1 Erro de execução

No caso de execução em desacordo com as especificações da ordem de serviço, projeto ou regulamentação do CONTRAN, o serviço deverá ser refeito sem custos para a SOP/CE, devendo o material ser retirado por processo manual ou mecânico, não sendo admitida em nenhuma hipótese a pintura para cobertura.

8.2 Espessura

Recomenda-se para cada 200 m² de área demarcada, ou no mínimo, em cada jornada de aplicação, a verificação da espessura da película aplicada, desconsiderando-se sempre os 5% iniciais e finais da aplicação.

8.2.1 Tintas

O material para medição da espessura deve ser coletado durante a aplicação, junto à saída do equipamento aplicador, em chapa de folha de flandres ou similar. As medidas devem ser realizadas sem aspersão de microesferas de vidro.

8.2.2 Termoplásticos

Aplicação por aspersão:

O material para medição da espessura deve ser coletado durante a aplicação, junto à saída do equipamento aplicador, em chapa de folha de flandres ou similar. As medidas devem ser realizadas sem adição de microesferas de vidro por aspersão.

Aplicação por extrusão:

O material para medição da espessura deve ser coletado durante a aplicação, junto à saída do equipamento aplicador, em chapa de folha de flandres ou similar. As medidas devem ser realizadas sem adição de microesferas de vidro.

8.2.3 Películas pré-formadas, laminado elastoplástico e plásticos aplicáveis a frio.

As espessuras serão medidas com paquímetro, sem aplicação de esferas, microesferas e materiais abrasivos.

8.3 Dimensões

A tolerância com relação às dimensões de cada faixa será de até 5%. Em excesso não será levado em consideração no pagamento, não se admitindo largura ou extensões inferiores aos indicados no projeto.

8.4 Linearidade das faixas

Na execução das marcas retas, qualquer desvio nas bordas excedendo 0,01m em 10m deverá ser corrigido.

9 MEDIÇÃO

Os serviços de sinalização horizontal serão medidos em m^2, de acordo com o projeto, espessura, tipo e especificação.

9.1 Execução mecanizada

Os serviços de sinalização horizontal por processo de aplicação mecânica devem ser medidos pela área efetivamente aplicada.

9.2 Execução manual

Os serviços de sinalização horizontal, por processo de aplicação manual, devem ser medidos da seguinte forma:

a) Pela área efetivamente aplicada:

- Para as marcas transversais, como linhas de retenção, linhas de estímulo à redução de velocidade, faixas de travessia de pedestres, etc.;
- Para as marcas de canalização, como linhas de canalização, zebrados de preenchimento de área de pavimento não utilizável, marcação de confluências, bifurcações e entroncamentos, etc.;
- Para as marcas de delimitação e controle de estacionamento e/ou parada, como linha de indicação de proibição de estacionamento e/ou parada, delimitatória de estacionamento regulamentado, etc.

b) Pela área envoltória da figura para as inscrições no pavimento, como símbolos, legendas e setas direcionais.

10 PAGAMENTO

O pagamento da sinalização horizontal será feito com base no preço contratual e incluirá a aquisição de todos os materiais e acessórios a mão de obra, EPI, encargos sociais, ferramentas, equipamentos, estoques e aplicação do material, transporte e eventuais a execução dos serviços inclusive pré-marcação.

Cumpre lembrar que:

a) Os custos de sinalização horizontal provisória durante as obras deverão estar inclusos nos custos contratuais, exceto se explicitamente constar do Edital e constar das planilhas de quantidades de Licitação.

b) A sinalização de obras para segurança dos usuários (placas, dispositivos móveis, bandeiras, cavaletes, luzes de alerta etc.), por ser inerente ao desenvolvimento dos serviços, deverão estar inclusos nos custos gerenciais da obra.

1 DEFINIÇÃO

Sinalização vertical é a sinalização viária constituída por um conjunto de placas e painéis montados sobre suportes, no plano vertical, destinados a transmitir aos usuários mensagens de regulamentação, de advertência, de educação e de indicação, com visibilidade e legibilidade de dia e de noite, para propiciar o uso da rodovia pelos veículos e pedestres com segurança e boa fluência.

As placas e os painéis são localizados na margem da pista e sobre ela, de forma que o usuário da rodovia disponha do tempo necessário à leitura da mensagem e do tempo para a ação recomendada ou simplesmente que possa receber a mensagem indicativa no tempo e local adequados. A localização das placas e painéis depende da velocidade diretriz, da composição do tráfego, da geometria e até do clima em regiões com ocorrência de nevoeiros. O posicionamento longitudinal é função da distância de visibilidade que por sua vez depende da geometria da via e da velocidade diretriz.

2 PADRONIZAÇÃO DA SINALIZAÇÃO VERTICAL

Para que as mensagens sejam compreendidas por todos, independentemente dos lugares, a sinalização tem que obedecer a uma padronização de símbolos, letras, números, formas e cores.

2.1 Padronização de formas e cores

Casos gerais:

a) Sinais de regulamentação: utilizam predominantemente a forma circular com fundo de cor branca e borda de cor vermelha;
b) Sinais de advertência: têm a forma quadrada e fundo na cor amarela;

c) Sinais de indicação: são predominantemente retangulares, compridos na horizontal, com fundo nas cores verde para indicar localidades e azul para mensagens de nomes de rodovias;
d) Sinais educativos: são predominantemente retangulares, compridos na horizontal, com fundo na cor branca;
e) Sinais de marcos quilométricos: possuem forma retangular, compridos na vertical, e fundo de cor azul;
f) Sinais turísticos: são predominantemente retangulares, compridos na horizontal e fundo de cor marrom;
g) Sinais de identificação de rodovias: têm a forma de brasão do estado ou federal; conforme a jurisdição da rodovia; e fundo na cor branca;
h) Sinais de identificação de municípios, logradouros, pontes, passarelas, viadutos, túneis, divisas e fronteiras, praças de pedágio, nome de rodovia, distancias de rodovias, são predominantemente retangulares, compridos na horizontal e fundo de cor azul;
i) Sinais de serviços auxiliares: são predominantemente retangulares, compridos na vertical e fundo de cor branca.

A cor preta é utilizada nas legendas, símbolos, orlas e tarjas das placas e painéis.

Casos particulares:

a) Regulamentação de parada obrigatória: tem a forma octogonal com fundo na cor vermelha;
b) Regulamentação de dê a preferência: são de forma triangular, vértice para baixo, com fundo branco e borda vermelha;
c) Advertência de cruzamento de ferrovia em nível: em forma de cruz de Santo André, fundo de cor amarela;
d) Advertência de sentido único ou de sentido duplo: em forma retangular, comprido na horizontal, fundo de cor amarela.

A sinalização de obras utiliza placas de advertência, com fundo de cor laranja.

2.2 Padronização alfanuméricos

As letras e número obedecem aos padrões série D e série E do Standard Alphabets for Highway Signs and Pavement Markings, da Federal Highway Administration (FHWA) e Arial Rounded MT Bold.

O alfabeto da série D deve ser utilizado para mensagens em letras maiúsculas tais como retorno, pedágio, saída, ônibus, mensagens operacionais e mensagens institucionais.

O alfabeto da série E deve ser utilizado para mensagens em letras minúsculas (com letra inicial maiúscula), referentes a nome de estado, localidades, atrativos turísticos, indicação de distâncias e destinos. As unidades métricas de Km e m, em qualquer tipo de placa, são em caracteres da série E.

As dimensões das letras é função das características das vias e da velocidade de operação. A tabela a seguir indica a altura mínima das letras maiúsculas, em função da velocidade diretriz e tipo de via.

VELOCIDADE REGULAMENTADA (Km/h)	ALTURA MÍNIMA – LETRAS MAIÚSCULAS	
	VIA URBANA (mm)	VIA RURAL (mm)
$V \leq 40$	125	150
$40 < v < 80$	150	150
$V = 80$	200	200
$80 < v \leq 100$	250	250
$V > 100$	250	300
PEDESTRES	50	50

2.3 Dimensões das placas

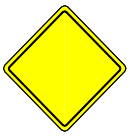
As tabelas a seguir apresentam a padronização das dimensões das placas para áreas protegidas por legislação especial (patrimônio histórico, artístico, cultural, arquitetônico, arqueológico e natural), para vias laterais ou urbanas e para rodovias, em função de suas velocidades diretrizes.

Tabela 1 - Placas de Regulamentação

Forma	Item	Dimensões (em mm)				
		Legislação especial	Vias laterais ou urbanas	40<V≤60 km/h	60<V≤100 km/h	V>100 km/h
Circular	Diâmetro	300	600	800	1000	1200
	Tarja	30	60	80	100	120
	Orla	30	60	80	100	120
Octogonal	Lado	180	248	331	414	497
	Orla interna	15	20	28	35	42
	Orla externa	8	10	14	18	21
Triangular	Lado	400	600	800	1000	1200
	Orla	60	90	120	150	180
Retangulares (compostas)	Lado maior	-	2000	2000	2500	2500
	Lado menor	-	1000	1000	1200	1200
	Orla interna	-	20	20	30	30
	Orla externa	-	10	10	15	15
	Sinalização interna	-	□ mín.= 800	□ mín.= 800	□ mín.= 800	□ mín.= 800

Fontes: DNIT / CONTRAN

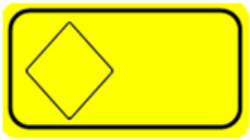
Tabela 2 - Placas de Advertência – Forma quadrada



Item	Dimensões (em mm)				
	Legislação especial	Vias laterais ou urbanas	40<V≤60 km/h	60<V≤100 km/h	V>100 km/h
Lado	300	600	800	1000	1200
Orla externa	60	8	10	12,5	15
Orla interna	120	15	20	25	30

Fontes: DNIT / CONTRAN

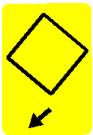
Tabela 3 - Placas de Advertência – Forma retangular A



Item	Dimensões (em mm)				
	Legislação especial	Vias laterais ou urbanas	40<V≤60 km/h	60<V≤100 km/h	V>100 km/h
Lado maior	400	2000	2000	2500	2500
Lado menor	200	1000	1000	1200	1200
Orla externa	60	20	20	30	30
Orla interna	120	10	10	15	15
Sinalização interna	-	L mín. = 800	L mín. = 800	L mín. = 800	L mín. = 800

Fontes: DNIT / CONTRAN

Tabela 4 - Placas de Advertência – Forma retangular B



Item	Dimensões (em mm)				
	Legislação especial	Vias laterais ou urbanas	40<V≤60 km/h	60<V≤100 km/h	V>100 km/h
Lado vertical	-	1500	1500	1500	1500
Lado horizontal	-	1000	1000	1000	1000
Orla externa	-	20	20	30	30
Orla interna	-	10	10	15	15
Sinalização interna	-	L mín. = 800	L mín. = 800	L mín. = 800	L mín. = 800

Fontes: DNIT / CONTRAN

As placas indicativas, geralmente em forma retangular, têm dimensões de 2,00m x 0,50m e de 2,00m x 1,00m para placas de chão e de 3,00m x 1,50m para painéis de bandeiras e pórticos.

No Brasil os parâmetros da sinalização vertical estão estabelecidos nos seguintes manuais do Conselho Nacional de Trânsito e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes:

a) Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, volume 1, Sinalização Vertical de Regulamentação, Resolução n° 180/2005 do CONTRAN;

b) Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume II, Sinalização Vertical de Advertência, Resolução n° 243/2007 do CONTRAN;

c) Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, volume III, Sinalização Vertical de Indicação, Resolução n° 486/2014 do CONTRAN;

d) Manual de Sinalização Rodoviária, do DNIT/2010;

e) CONTRAN – Resolução N° 160/04, que substitui o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro (Lei n° 9.503/97)

3 MATERIAIS

3.1 Chapas das placas

As chapas utilizadas nas placas e painéis da sinalização vertical são de aço, de alumínio e de laminado de poliéster reforçado com fibra de vidro.

3.1.1 Chapas de aço

Deverão ser utilizadas chapas de aço zincado, tipo MSG 16 (1,52mm) em conformidade com a norma NBR 11.904 (Chapas planas de aço zincadas para confecção de placas de sinalização viária). As chapas de aço depois de cortadas nas dimensões finais e furadas, devem ter suas bordas lixadas antes de receber o tratamento composto da retirada de graxa, decapagem em ambas as faces, aplicação no verso de uma demão de wash primer, a base de cromato de zinco, com solvente especial para a galvanização de secagem em estufa. O acabamento final do verso pode ser feito das seguintes formas:

- com uma demão de primer sintético seguido de duas demãos de esmalte sintético, à base de resina alquídica ou poliéster, na cor preto fosco com secagem em estufa à temperatura de 140°C, ou opcionalmente;
- com tinta a pó, a base de resina poliéster por deposição eletrostática, com polimerização em estufa a 220°C e com espessura de película de 50 micra.

3.1.2 Chapas de alumínio

Deverão ser utilizadas chapas de alumínio com espessura de 2,0mm, obedecendo as normas NBR 7.556 (Chapas de alumínio e de ligas de alumínio) e NBR 7.823 (Alumínio e suas ligas – Chapas – Propriedades mecânicas). As chapas de alumínio depois de cortadas nas dimensões finais e furadas, devem ter o mesmo tratamento das chapas de aço quanto as bordas lixadas, retirada de graxa, decapagem, aplicação de wash primer, galvanização e acabamento final do verso.

3.1.3 Chapas de laminado de poliéster

Deverão ser utilizadas chapas planas de poliéster reforçadas com fibra de vidro, devendo a chapa ter uma espessura mínima de 3,5mm e atender a norma NBR 13.275 (Chapas placas de poliéster reforçada com fibra de vibro para confecção de placas de sinalização). Devem ser fabricadas pelo processo de laminação contínua ou por prensagem a quente. As chapas devem apresentar a superfície lisa nos dois lados, sem qualquer afloramento de fibra, isentas de manchas, bolhas de ar, trinca e apresentar distribuição uniforme das fibras de vidro e espessura homogênea. As placas de poliéster devem ser opacas, conter pigmentos agregados à resina, na cor preta, e os seguintes dizeres no verso: “Material plástico – não reciclável – sem valor comercial”.

No verso de todas as placas devem constar a identificação ou marca do fabricante, o mês e o ano de fabricação e abreviatura.

3.2 Suportes de fixação das placas

Os suportes podem ser de madeira ou metálicos, conforme definição do projeto.

Os suportes de madeira devem ser em madeira de lei e receber um tratamento de betume de 0,70m de altura na sua parte enterrada e, na sua base, deverá ser fixada transversalmente uma barra de ferro, com diâmetro mínimo de 10mm e comprimento de 15 a 20cm. Na base, ancorando a barra de ferro, deverá

ser feito um bloco de concreto simples de 0,30m x 0,30m x 0,20m (Fck = 10MPa) para impedir o giro da placa. Os suportes de madeira têm dimensão de 8cm x 8cm e altura conforme indicada no projeto. As travessas de fixação das placas têm seção de 8cm x 2,5cm. Os suportes e as travessas serão pintados com esmalte sintético branco fosco.

Os suportes metálicos tipo pórtico ou semipórtico (bandeira) são de perfis tubulares de aço carbono galvanizados a fogo ou com proteção de tinta anticorrosiva. As treliças são em perfis tipo cantoneiras, protegidas também contra a corrosão. As dimensões dos suportes são definidas pelo projeto, devendo ser considerado uma pressão do vento correspondente a 126Km/h (ou 35m/s).

As estruturas dos pórticos e semi-pórticos (bandeiras) devem obedecer às normas NBR 14.428/13 (Sinalização vertical viária – Pórticos e semi-pórticos zincados – Projeto, materiais e manutenção) e NBR 14.429/13 (Sinalização vertical viária – Pórticos e semi-pórticos zincados por imersão a quente – Requisitos).

A fixação das placas aos suportes de madeira e dos painéis aos pórticos ou semipórticos metálico será feita através de parafusos de aço, cabeça francesa com porcas e arruelas tipo lisa de pressão, todos galvanizados com deposição de zinco de no mínimo 350g/m², conforme a norma NBR 7.397 (Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente – Determinação da massa do revestimento por unidade de área), devendo resultar numa espessura mínima de recobrimento de 50 micra. Quanto a resistência mecânica os parafusos devem atender a norma NBR 8.855 (Propriedades mecânicas de elementos de fixação – Parafusos e prisioneiros) e as porcas devem atender a norma NBR 10.062 (Porcas com valores de carga específicas – Características mecânicas dos elementos de fixação).

As longarinas, abraçadeiras e demais elementos de fixação devem ser confeccionados em aço carbono com proteção antioxidante e obedecer às normas

NBR 6.650 (Chapas finas a quente de aço carbono para fins estrutural) e NBR 7.007 (Aços para perfis laminados para uso estrutural).

3.3 Películas

O projeto deve indicar as películas das placas e a refletividade aplicada para o fundo e indicar também legendas e pictogramas, tudo de acordo com a norma NBR 14.891 (Sinalização vertical viária – Placas).

As películas podem ser plásticas (não refletivas) ou retrorrefletivas. As películas retrorrefletivas podem ser dos tipos de esferas inclusas, de esferas encapsuladas ou de lentes prismáticas, conforme definição dada no projeto. Há também as películas tipo X fluorescentes que são películas especiais, de alto desempenho, que são utilizadas em segmentos especiais, tais como:

a) travessias urbanas com elevado índice de acidentes;
b) curvas acentuadas que exija um procedimento diferenciado do motorista;
c) segmentos com conflitos entre o tráfego de veículos e animais silvestres;
d) condições climáticas desfavoráveis, como neblina, elevado índice pluviométrico, queimadas frequentes, etc.

As películas refletivas devem apresentar coeficientes mínimos de retrorreflexão e obedecer a norma NBR 14.644 (Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos).

Os tipos usuais de películas, suas vidas úteis e percentual mínimo de retrorrefletância em relação a retrorrefletância original são os seguintes:

a) Tipo IA e IB: vida útil de 7 anos;
retrorrefletância mínima de 50%.

b) Tipo II: vida útil de 7 anos;
retrorrefletância mínima de 80%.

c) Tipo IIIA, IIIB, IIIC, IVA, IVB e V: vida útil de 10 anos;
Retrorrefletância mínima de 80%.

3.4 Filme protetor anti-grafismo

Quando previsto no projeto, o filme protetor aplicado sobre películas refletivas não deve causar redução de retrorrefletância e também redução da vida útil superior a 10% da película sem a proteção.

O filme protetor deve ser completamente transparente, resistente à solventes e a raios ultravioletas. Sua espessura deve ser de 0,05mm.

4 EQUIPAMENTOS

Todos os equipamentos, antes do início da execução do serviço, devem ser vistoriados e aprovados pela fiscalização da SOP-CE, sem o que não será dada a autorização do início do serviço.

Os equipamentos mínimos necessários à execução da sinalização vertical são os seguintes:

a) Cones de sinalização de obras;

b) Ferramentas de escavação (trado, picaretas, pá, carrinho de mão, etc);

c) Jogo de chaves mecânicas;

d) Betoneira para produção de concreto da base de fundação;

e) Caminhão Munck para manejar os suportes de placas suspensas;

f) Caminhão plataforma para transporte e fixação de placas suspensas;

g) Equipamento de compactação manual e soquete.

5 EXECUÇÃO

5.1 – Implantação dos suportes e placas

A implantação dos suportes e placas envolve as seguintes atividades:

a) Escavação do terreno nos locais de implantação dos suportes das placas de sinalização;

b) Para as placas de chão, faz-se a fixação das placas nos suportes, coloca-se a barra de ferro para evitar o giro, implanta-se a estrutura no local, faz-se a base de concreto de cimento Portland e o reaterro compactado deixando a placa fincada firmemente no solo.

c) Para os pórticos e semi-pórticos, executa-se a fundação dimensionada pelo projeto, em função das características do terreno, monta-se a estrutura acoplando-a às fundações e, sempre com auxílio de caminhão munck e caminhão plataforma, faz-se a fixação dos painéis nas travessas da estrutura.

5.2 Detalhes da fixação das placas

A fixação das placas aos suportes ou dos painéis às travessas dos pórticos e bandeiras é feita através de parafusos, arruelas, porcas e abraçadeiras. As placas de chão deverão ser colocadas na posição vertical fazendo um ângulo de 93° a 95° em relação a linha de fluxo dos veículos. As placas sobre a pista, de pórticos e bandeiras, deverão ter uma inclinação para cima de 3° a 5°. Ambas as inclinações têm a finalidade de evitar o reflexo especular da incidência de luz dos faróis nos motoristas, assegurando dessa forma a boa visibilidade e legibilidade das mensagens.

6 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As operações de sinalização vertical acontecem sobre o corpo estradal e nas margens da pista, dessa forma a proteção ambiental é feita através dos cuidados que o construtor deve ter com a sinalização de obra para disciplinamento

do tráfego usuário por ocasião da implementação da sinalização vertical, a utilização de EPI (óculos de proteção, luvas, coletes refletivos, etc). Também na confecção das placas os cuidados ambientais são referentes a proteção contra o manuseio de produtos químicos.

7 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

7.1 Materiais

Todos os materiais da sinalização vertical devem atender a estas especificações gerais e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

Para garantia da qualidade dos suportes, placas e acessórios deverão ser apresentados os certificados de fábrica contendo as características físicas exigidas para os lotes de materiais da sinalização vertical.

A vida útil das placas de aço, placas de alumínio, placas de poliéster reforçado com fibra de vidro devem ser de sete anos no mínimo.

A vida útil dos suportes de madeira ou metálicos deve ser de 10 anos no mínimo.

7.2 Retrorrefletividade

O procedimento de avaliação da retrorrefletividade, bem como a especificação do retrorrefletômetro estão descritos na norma NBR 15.426 (Sinalização vertical viária – Avaliação da retrorrefletividade utilizando retrorrefletômetro portátil).

As medições da retrorrefletância devem obedecer aos valores especificados no item 3.3 para ter a sua aprovação.

8 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O controle geométrico da sinalização vertical abrange os seguintes itens:

a) posicionamento da placa conforme indicado no projeto;
b) aprumo dos suportes e das placas;
c) dimensões das placas e dos suportes;
d) alturas dos suportes.

9 MEDIÇÃO

As placas de chão, na lateral da rodovia, são medidas pela área em metros quadrados, conforme o tipo da placa e conforme o material da chapa. Nesses tipos de placas os suportes não são objeto de medição em separados, pois estão incluídos na composição dos preços unitários das áreas das placas.

As placas e painéis sobre a rodovia são medidas pela área em metros quadrados, conforme o material da chapa e não incluem os suportes. Os suportes que podem ser semi-pórticos (ou bandeiras), pórticos simples ou duplos, são medidos por unidade, conforme o tipo indicado no projeto, inclusive a fundação.

10 PAGAMENTO

O pagamento da sinalização vertical será feito com base nos preços contratuais dos itens de serviço medidos conforme estabelecido no item 9, estando incluídos a aquisição e transportes de todos os materiais, a mão de obra e encargos sociais, ferramentas, equipamentos, EPIs, estocagem, aplicação e implantação da sinalização, impostos, lucros e eventuais incidências sobre os serviços.

1 DEFINIÇÃO

Dispositivos auxiliares de sinalização são elementos aplicados na via ou em obstáculos próximos a ela, de forma a tornar a operação do trânsito mais eficiente e mais segura.

Os dispositivos auxiliares complementam tanto a sinalização horizontal quanto a sinalização vertical.

Esta especificação estabelece os requisitos básicos e essenciais exigíveis para a execução dos dispositivos auxiliares de sinalização nas rodovias estaduais do Ceará.

2 TIPOS DE DISPOSITIVOS E FUNÇÕES

2.1 Dispositivos delimitadores

São elementos utilizados para melhorar a percepção pelo condutor quanto aos limites da rodovia, podendo ser mono ou bidirecionais em função de possuírem uma ou duas faces refletivas. Os tipos e as cores das faces refletivas são definidos em função do sentido de circulação da via.

2.1.1 Balizadores

São dispositivos refletorizados, instalados fora da superfície pavimentada, com o objetivo de direcionar os veículos na pista, especialmente à noite. São utilizados em trechos limitados da rodovia, onde há modificação do alinhamento horizontal.

Constituído por uma só peça, deve ter uma superfície plana para aplicação do elemento refletivo. Deverá atender a norma NBR 7394 (Segurança no tráfego - Balizador em suporte plástico).

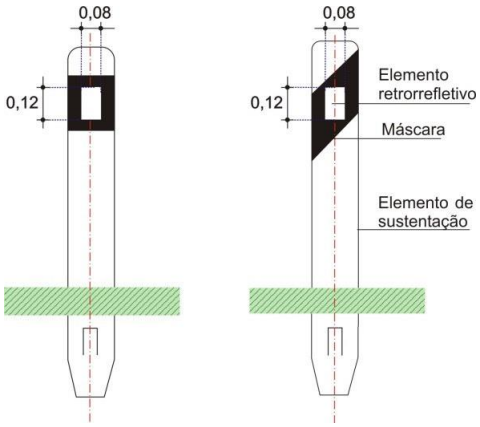
É constituído por elemento retrorrefletivo mono ou bidirecional aplicado sobre uma máscara preta em suporte vertical com formato de lâmina.

A cor do elemento retrorrefletivo, segundo o Anexo II do CTB, será:

- Branca – para ordenar fluxos de mesmo sentido;
- Amarela – para ordenar fluxos de sentidos opostos;
- Vermelha – em vias rurais, de pista simples e duplo sentido de circulação, pode ser utilizado unidade refletiva na cor vermelha, junto ao bordo da pista ou acostamento do sentido oposto.

Os elementos retrorrefletivos devem possuir altura de 0,12m e largura de 0,08m.

Figura I – Balizador



Fonte: CONTRAN

A cadência longitudinal é de 60 metros nos trechos em tangente, e de 10 a 60 metros em curvas de acordo com o projeto de balizamento.

2.1.2 Balizador refletivo de ponte, viaduto, túnel, barreira e defensa

Consiste na aplicação de elemento retrorrefletivo aplicado sobre a mureta ou guarda-corpo de ponte, viaduto, túnel, barreira e defensa.

O elemento refletivo deve ser acoplado em estrutura de obras de arte e em dispositivo de contenção que necessite de melhor definição de seus limites junto à pista.

A cor do elemento retrorrefletivo será, segundo o Anexo II do CTB:

- Branca – para ordenar fluxos de mesmo sentido;
- Amarela – para ordenar fluxos de sentidos opostos;
- Vermelha – em vias rurais, de pista simples e duplo sentido de circulação, podem ser utilizadas unidades refletivas na cor vermelha, afixados no guarda-corpo ou mureta de obras de arte, barreiras e defensas do sentido oposto.

Será colocado frontalmente ao fluxo, ao longo do guarda-corpo ou da mureta de proteção de pontes e viadutos, ou em outras estruturas e em dispositivos de contenção, em toda a sua extensão.

Os elementos retrorrefletivos devem possuir pelo menos altura de 0,12m e largura de 0,08m.

a) Posicionamento vertical

Nas obras de arte a face do elemento retrorrefletivo deve ser colocada de forma que o seu centro fique entre 0,50m e 0,80m acima do nível da pista.

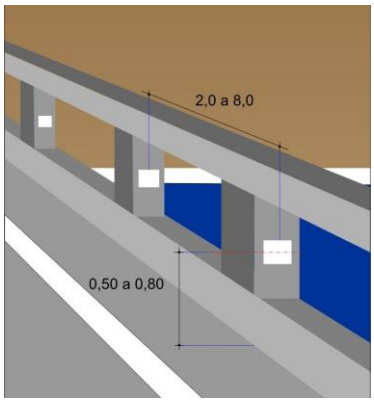
No caso de defensa metálica, o balizador deve ser posicionado no centro da lâmina.

b) Posicionamento longitudinal

Na estrutura de obras de arte, pontes e viadutos o espaçamento entre balizadores pode ser entre 2,00m e 8,00m, observando-se as características específicas de cada local.

Em barreira, túnel, defensa e barreira rígida serão de 60 metros nos trechos em tangente, e de 10 a 60 metros em curvas de acordo com o projeto de balizamento.

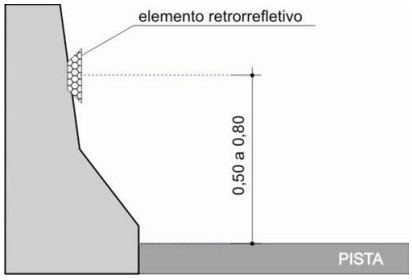
Figura II – Balizador em obra de arte



Fonte: CONTRAN

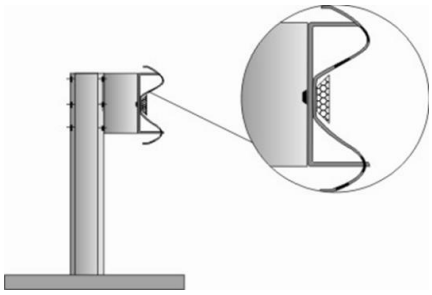
Nota: Observar que neste caso o guarda corpo da obra de arte é vazado. Este modelo poder ser também utilizado nos postes de defensas metálicas.

Figura III – Balizador em barreira rígida



Fonte: CONTRAN

Figura IV – Balizador em defensa metálica



Fonte: CONTRAN

2.1.3 Tacha

A tacha é um dispositivo auxiliar a sinalização horizontal, fixada na superfície do pavimento.

Consiste em um corpo resistente aos esforços provocados pelo tráfego, possuindo uma ou duas faces retrorefletivas nas cores compatíveis com a marca viária que ela complementa.

Deverá atender a NBR 14636 (Sinalização horizontal viária - Tachas refletivas viárias – Requisitos).

O corpo das tachas pode ser metálico ou de resina sintética à base de poliéster ou plástico acrílico, preenchido por composto de alta resistência ou qualquer outro material plástico.

Seu uso é obrigatório em rodovias; túneis e passagens subterrâneas.

Não deve ser utilizada transversalmente ao fluxo de veículos e em acostamento.

O corpo da tacha pode ser na cor branca ou amarela, de acordo com a cor da marca viária que complementa, sendo permitida a utilização de cor neutra que não conflite com a sinalização horizontal.

Quanto ao desempenho de retrorrefletividade, as tachas são classificadas em:

- Tipo I: com refletivo sem revestimento antiabrasivo;
- Tipo II: com refletivo e com revestimento antiabrasivo (face de material não vítreo);
- Tipo III: com refletivo e com revestimento antiabrasivo (face de material de vidro);
- Tipo IV: com refletivo de esferas de vidro espelhado.

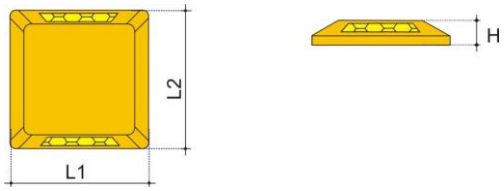
A cor do elemento retrorrefletivo será segundo o Anexo II do CTB:

- Branca – para ordenar fluxos de mesmo sentido;
- Amarela – para ordenar fluxos de sentidos opostos;
- Vermelha – em vias rurais, de pista simples e duplo sentido de circulação, podem ser utilizadas unidades refletivas na cor vermelha, junto a linha de bordo do sentido oposto.

As tachas devem estar situadas acima da superfície do pavimento e apresentar as dimensões mínimas e máximas abaixo:

- H (altura) = mínima de 1,7cm e máxima de 2,2cm;
- L1 (face que contém o elemento retrorrefletivo) = mínima de 9,6cm e máxima de 13,0cm
- L2 = mínima de 7,4cm e máxima de 11,0cm

Figura V - Tacha



Fonte: CONTRAN

A cadência de colocação das tachas é a estabelecida pelo projeto.

2.1.4 Tachão

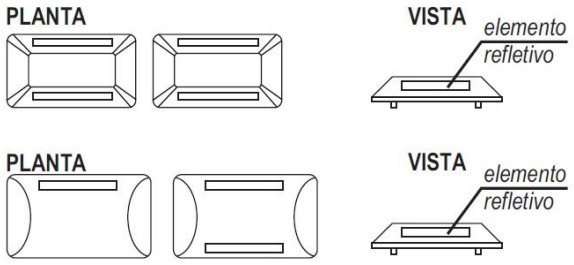
O tachão somente deve ser empregado para possibilitar a separação rígida entre as linhas de tráfego de canalização, ou de uso exclusivo, ou em trechos de proibição de ultrapassagem, para garantir o afastamento do fluxo normal de veículos nos segmentos caracterizados como críticos em termos de acidentes. Pode ser empregado também, para afastar o fluxo normal de veículos de obstáculos rígidos.

Deverá atender a NBR 15576 (Sinalização horizontal viária - Tachões refletivos viários - Requisitos e métodos de ensaio).

Não deve ser utilizado transversalmente ao fluxo de veículos e em acostamento.

O corpo do tachão deve ser sempre de cor amarela. O elemento retrorrefletivo pode ser na cor branca, para separar fluxos do mesmo sentido, ou amarela, para separar fluxos de sentidos opostos.

Figura VI – Tachões



2.1.5 Cilindro delimitador

O cilindro delimitador é um dispositivo de controle de tráfego, auxiliar a sinalização, utilizado para canalizar e direcionar o tráfego e delimitar áreas.

Deverá atender a NBR 16658 (Segurança no tráfego - Cilindro delimitador – Requisitos).

O cilindro delimitador proporciona ao condutor melhor percepção do espaço destinado à circulação, restringindo a transposição de marcas viárias ou melhorando a visibilidade de obstáculos na via.

Possui forma cilíndrica, sendo constituído de material deformável que pode permitir a recuperação ou não da forma inicial, quando abalroado.

Em situações temporárias de sinalização de obras, o corpo do cilindro delimitador deve ser sempre na cor laranja e o elemento retrorrefletivo na cor branca.

Pode ser utilizado quando se deseja inibir a circulação de veículos sobre marcas viárias, evitando o seu desrespeito, ou quando a geometria da via dificulta a visualização dessas marcas.

Pode ser utilizado também para melhorar a visibilidade de obstáculos na via, tais como ilhas, canteiros ou refúgios, dentre outros.

As cores do cilindro delimitador serão segundo o Anexo II do CTB:

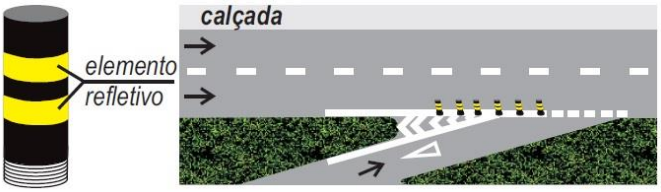
- Cor do corpo: preta;
- Cor do material refletivo: amarela.

O cilindro delimitador deve ter as seguintes dimensões:

- H= altura entre 0,75m e 0,90m;
- D = diâmetro máximo 0,20m.

O projeto indicará onde serão colocados os cilindros delimitadores.

Figura VII – Cilindro delimitador



- Cor do Corpo : preta
- Cor do Material Refletivo: amarela.

2.2 Dispositivos de canalização

Os dispositivos de canalização são colocados sobre a pista para separar fluxos ou tipos diferentes de veículos. Eles são postos em série sobre a pista podendo ser do tipo prismas, que tem a função de meio fio quando não se pode construí-lo, e do tipo segregador que tem a função de separar parte da pista para permitir o uso exclusivo de um determinado tipo de veículo ou de pedestres.

O prisma tem a cor branca ou amarela dependendo da marca viária que ele complementa.

O segregador tem sempre a cor amarela.

Figura VIII – Prisma

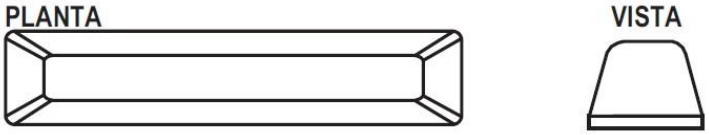


Figura IX – Segregador

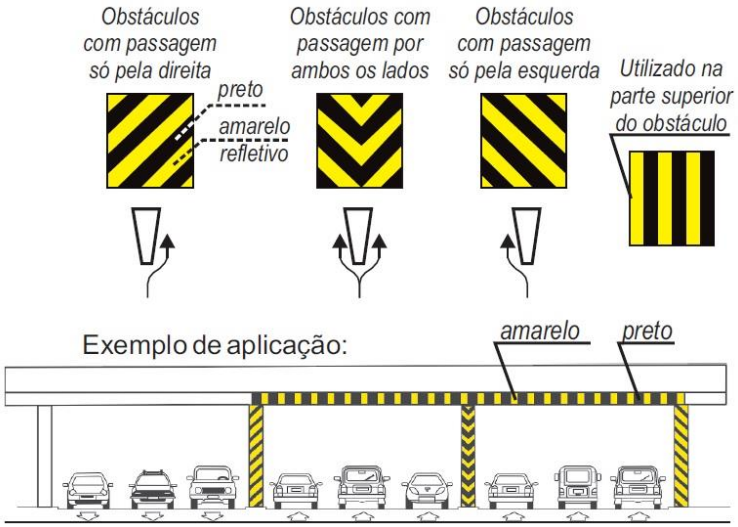
2.3 Dispositivos de sinalização de alerta

São dispositivos capazes de melhorar a percepção do condutor, quanto aos obstáculos e situações geradoras de perigo potencial à sua circulação, que estejam na via ou adjacente à mesma.

Neste grupo encontram-se os marcadores de obstáculos, os marcadores de perigo e os marcadores de alinhamento.

a) Marcadores de obstáculos: alertam o condutor quanto a existência de obstáculo disposto na via ou adjacente a ela.

Figura X – Marcadores de obstáculos



b) Marcador de perigo: é uma placa refletiva de 0,30m x 0,90m, fixada em suporte, destinada a alertar o condutor do veículo quanto a situação potencial de perigo. Seu uso é junto a obstáculos tais como pilares de viadutos, cabeceiras de pontes, nariz de bifurcações e ilhas de interseção

Figura XI – Marcadores de perigo

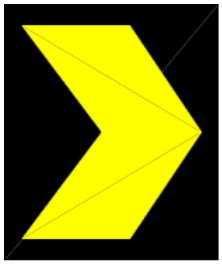
O marcador de perigo deve ser colocado imediatamente à frente dos obstáculos e à distância de no mínimo 0,30m e no máximo de 5,00m.

c) Marcador de alinhamento: assinala aos motoristas uma alteração no alinhamento horizontal da rodovia.

O dispositivo de sinalização deve ser implantado em série ao longo de todo o trecho onde ocorre a mudança no alinhamento, do lado externo da curva e com a ponta da seta voltada para o lado interno da curva ou da pista.

Constituem-se de placas com dimensão de 0,50m x 0,60m, revestidas com película na cor preta e ponta de seta com película refletiva na cor amarela em caso de uso permanente e, em situação de uso temporário, nas cores preta e laranja, respectivamente.

Figura XII – Marcador de alinhamento



Fonte: CONTRAN

Devem ser utilizados como complementação à linha de bordo, às tachas refletivas e/ou balizadores, e aos sinais de advertência de curvas, quando é necessário enfatizar mudanças na trajetória, como curvas horizontais, retornos ou acessos em curva nas interseções.

Em segmento onde existe a possibilidade de poeira ou neblina deve ser previsto a utilização de película na cor lima-limão para a confecção dos marcadores de alinhamento.

Deve ser confeccionado com material retrorrefletivo, exceto a cor preta, que deve ser fosca.

O projeto indicará o local e a cadência de aplicação dos marcadores de alinhamento.

2.4 Alterações nas características dos pavimentos

São recursos que alteram as condições normais da pista, quer pela sua elevação com a utilização de dispositivos físicos colocados sobre ela, quer pela mudança nítida das características da própria superfície do revestimento.

São as ondulações transversais, sonorizadores, revestimento rugoso e pavimento microfresado.

2.4.1 Ondulação transversal

Ondulação transversal (lombada): é um dispositivo físico colocado acima do pavimento, com a finalidade de reduzir a velocidade dos veículos que passam pelo local, a um nível satisfatório, aumentando a segurança de veículos e pedestres em trânsito.

A implantação de ondulações transversais (lombadas) depende de autorização expressa da autoridade de trânsito com circunscrição sobre a via, podendo ser colocadas após estudo de alternativas de engenharia de tráfego, quando estas possibilidades se mostrarem ineficazes para a redução de velocidade e acidentes.

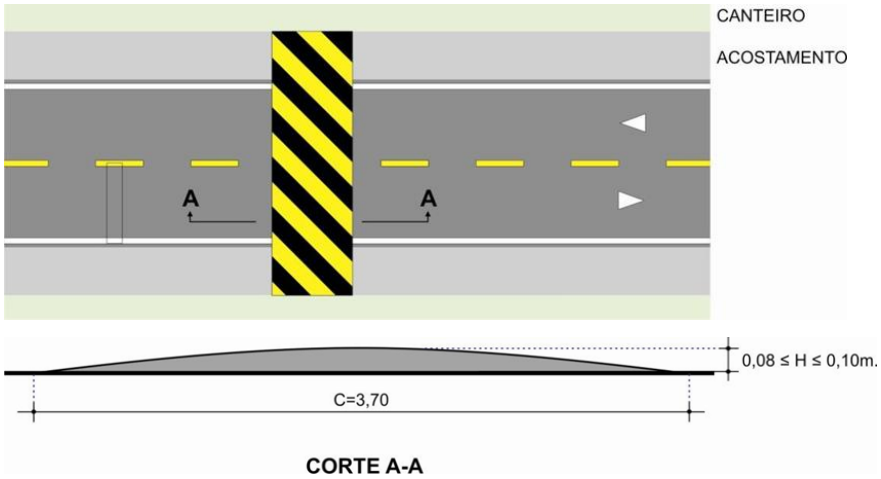
Será utilizada onde se necessite reduzir a velocidade do veículo de forma imperativa, nos casos em que estudo técnico de Engenharia de Tráfego demonstre índice significativo ou risco potencial de acidentes cujo fator determinante é o excesso de velocidade praticado no local e onde outras soluções são ineficazes.

É constituída de uma lombada física transversal ao fluxo do tráfego, implantada no pavimento.

A ondulação transversal a ser implantada em rodovias (Tipo A) possui respectivamente as seguintes dimensões:

- L (Largura): igual à da pista, acostamento e baia para estacionamento e/ou parada de veículos, mantendo-se as condições de drenagem superficial em suas laterais;
- C (Comprimento) = 3,70m;
- H (altura) = 0,08 ≤ H ≤ 0,10m.

Figura XIII – Lombada tipo A



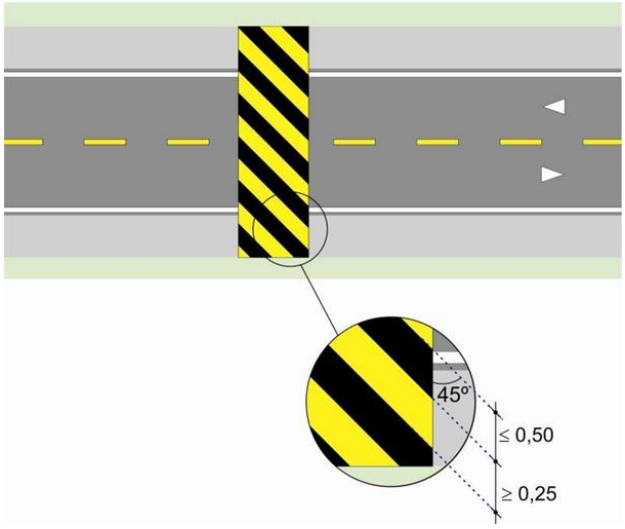
Fonte: CONTRAN

Pode ser executada com concreto, ou outro material que garanta as suas características físicas.

A ondulação transversal deve ser demarcada com faixas oblíquas na cor amarela, inclinadas a 45º em relação à seção transversal da via, no sentido anti-horário, com largura mínima de 0,25 m, espaçadas entre si de no máximo de 0,50m, alternadamente sobre a ondulação.

No caso de pavimentos que necessitem melhor definição de contraste, os intervalos entre as faixas amarelas devem demarcados com cor preta, admitindo-se também a pintura de toda a ondulação transversal na cor amarela.

Figura XIV – Lombada tipo A



Fonte: CONTRAN

Após o período de 1 (um) ano da implantação da ondulação transversal, a autoridade com circunscrição sobre a via deve avaliar o seu desempenho, por meio de estudo de Engenharia de Tráfego, devendo estudar outra solução de engenharia quando não for verificada a sua eficácia.

2.4.2 Sonorizador

O Sonorizador é um dispositivo físico implantado na superfície do pavimento, que provoca trepidação e ruído na passagem dos veículos, com o objetivo de alertar o condutor para uma situação atípica à frente.

O sonorizador pode ser utilizado na via pública em caráter temporário ou definitivo, com autorização expressa da autoridade de trânsito com circunscrição sobre a via e com base em estudos de Engenharia de Tráfego, com o objetivo de alertar o condutor para situações potencialmente perigosas à frente, tais como: obra, passagem de nível, situação geométrica adversa, ondulação transversal, pedágio, travessia de pedestres ou ciclistas, entre outras.

É constituído de uma sequência de réguas transversais ao fluxo do tráfego, apostas sobre o pavimento.

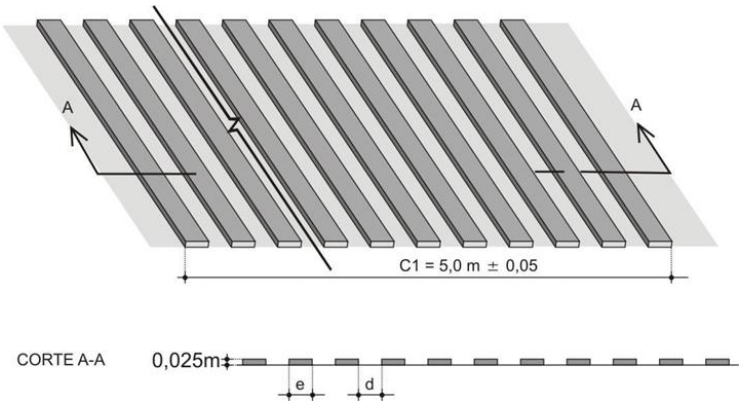
Pode ser executado com concreto, material de demarcação viária, ou outro material que garanta as suas características físicas.

Dimensões:

a) Sonorizador executado com concreto ou outro material:

- *l* largura do sonorizador: igual à da pista, mantendo-se as condições de drenagem superficial;
- e (largura da régua) = 0,08m;
- *d* (espaçamento entre réguas) = 0,08m;
- *C1* (comprimento) = 5,00m ± 0,05;
- altura da régua: 0,025m.

Figura XV – Sonorizador de concreto



Fonte: CONTRAN

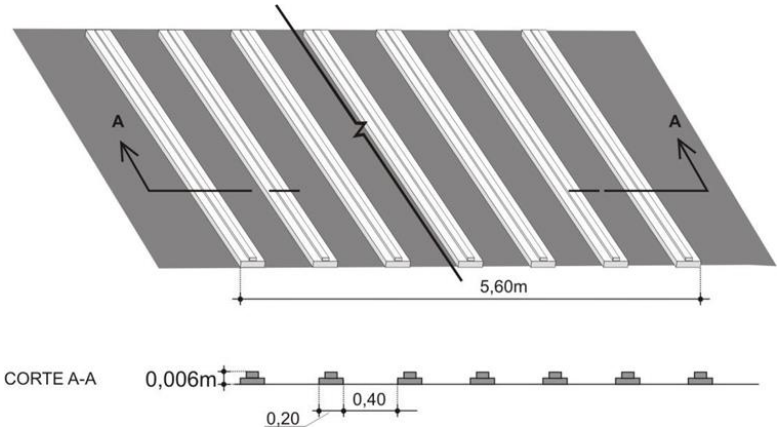
Não deve ser utilizado:

- Em local com edificação lindeira;
- Em trecho com curva horizontal; e
- Em ponto de interseção vertical (PIV).

c) Sonorizador executado com material de marcação viária:

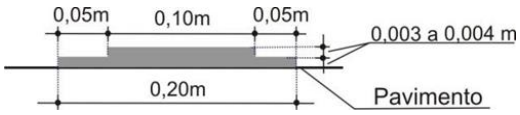
- Largura do sonorizador = igual à da pista, mantendo-se as condições de drenagem superficial;
- Largura da faixa-base = 0,20m;
- Largura da faixa sobreposta (centralizada sobre a faixa-base) = 0,10m;
- Espaçamento entre faixas-base = 0,40m;
- Comprimento = 5,60m;
- Espessura de cada faixa = de 0,003m a 0,004m;
- Cor do material: branca.

Figura XVI - Sonorizador em material viário



Fonte: CONTRAN

Figura XVII – Detalhe sonorizador em material viário



Fonte: CONTRAN

Em síntese o sonorizador será constituído por marcas transversais, que podem ser executadas com:

- Materiais termoplásticos;
- Termoplástico pré-formado;
- Laminado elastoplástico;

- Plástico a frio à base de resinas reativas.

2.4.3 Revestimento rugoso

Revestimento rugoso é um recurso utilizado para:

- Melhorar a aderência pneu / pavimento;
- Reduzir os efeitos da aquaplanagem;
- Alertar o condutor do veículo.

Através da modificação da macrotextura superficial consegue-se o efeito desejado.

Os locais a serem tratados devem ser definidos por estudos de engenharia.

Podem ser utilizados, observando-se o volume de tráfego, os seguintes serviços:

- Micro revestimento a frio, Faixa III da SOP-ES-P 19/19;
- Tratamentos superficiais duplos, classe I-II da SOP-ES-P 12/19.

2.4.4 Pavimento microfresado

Tem os mesmos objetivos do revestimento rugoso, no entanto só pode ser utilizado em revestimentos asfálticos espessos ou de concreto de cimento Portland.

A microfresagem deve ser executada conforme a SOP-ES-P 22/19.

2.5 Dispositivos de proteção contínua

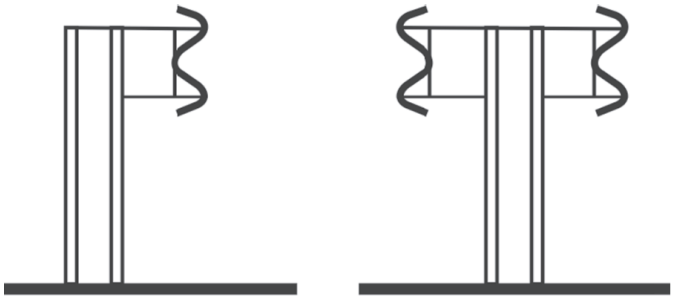
São elementos colocados na via de forma contínua e permanente, podendo ser confeccionado com material flexível, maleável ou rígido e tem os seguintes objetivos:

a) Evitar que veículos e pedestres transponham determinado local;
b) Evitar a interferência de um fluxo de veículos sobre o fluxo oposto;

Os dispositivos de proteção contínua são os seguintes:

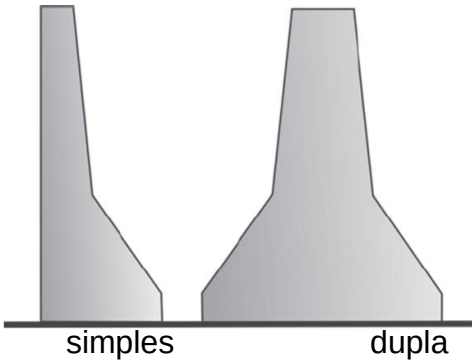
a) Defensas metálicas: deverão obedecer às normas NBR 6970/12 (Segurança no tráfego – Defensas zincadas por imersão a quente) e NBR 6971/12 (Segurança no tráfego – Defensas metálicas – Implantação).

Figura XVIII – Defensas metálicas



b) Barreiras de concreto: deverão obedecer a norma NBR 14.855/16 (Segurança no tráfego – Barreira de concreto).

Figura XIX – Barreira de concreto



c) Dispositivo anti-ofuscamento: é um dispositivo de proteção visual para impedir o ofuscamento dos condutores provocado pela luz dos faróis dos veículos que circulam no sentido oposto ou por interferências luminosas adjacentes à via.

Deverá ser observado o disposto na NBR 7941 (Segurança no tráfego – Dispositivo anti-ofuscante).

Deve ser utilizado no canteiro divisor de fluxos opostos, montados sobre sistema de contenção veicular ou diretamente no solo, com a função de bloquear a luz dos faróis que provocam ofuscamento nos condutores que transitam no sentido oposto.

Sua instalação não deve interferir na visibilidade da sinalização vertical.

Deve resistir à ação dos ventos e não utilizar peças e conjuntos que, em caso de acidente, agravem suas consequências.

Na sua utilização deve ser levada em consideração a largura do canteiro, o VMD, a composição do tráfego, a geometria e o histórico de acidentes.

Devem permitir a visão perpendicular, o que evita sensação de confinamento.

Deve ser compatível com o sistema de contenção que lhe serve de apoio, de modo que não resulte fresta superior a 0,10m entre a barreira antiofuscamento e a superfície superior do sistema de contenção.

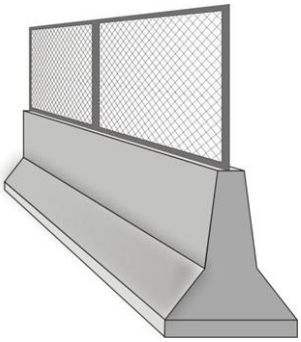
Para que o antiofuscamento seja efetivo, o conjunto barreira antiofuscamento e o sistema de contenção deve ter altura total compreendida entre 1,60m e 2,20m.

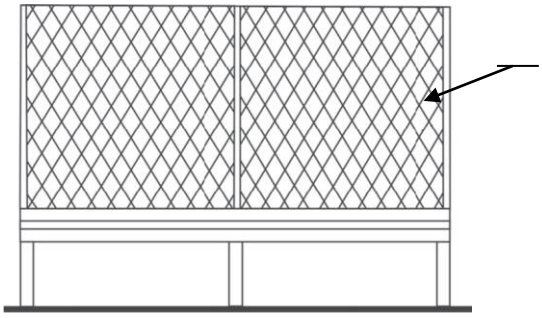
Os sistemas antiofuscamento atualmente mais em uso são:

- Painel de chapa expandida - confeccionadas em aço carbono, com uma grande variedade de malhas e suportes, podendo ser montado sobre sistema de contenção veicular ou diretamente no solo.
- Painel eletrossoldado - constituído por painéis de malha retangular, com uma grande variedade de malhas e suportes, podendo ser montado sobre sistema de contenção veicular ou diretamente no solo.
- Lamela plástica - são dispositivos elaborados em polietileno ou PVC, com bordas arredondadas, suportados por elementos metálicos.

Figura XX - Painéis

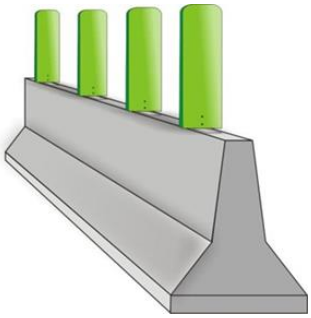
Tela





Fonte: CONTRAN

Figura XXI – Lamela plástica



Fonte: CONTRAN

2.6 – Dispositivos de uso temporário

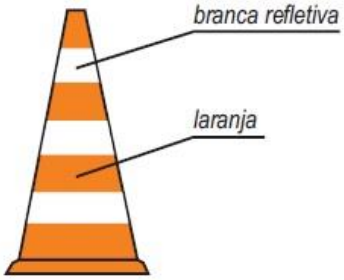
São dispositivos diversos, fixos ou móveis, utilizados em situações temporárias na via, tais como operações de trânsito, obras, situação de emergência ou de perigo na via, tendo como objetivos alertar, bloquear ou canalizar o trânsito e ainda proteger pedestres, trabalhadores e equipamentos.

Os dispositivos de uso temporário têm as cores laranjas e branca, exceto a placa de PARE e SIGA que são nas cores vermelha e verde respectivamente.

As figuras número XXII a seguir ilustram os tipos de dispositivos temporários mais usuais.

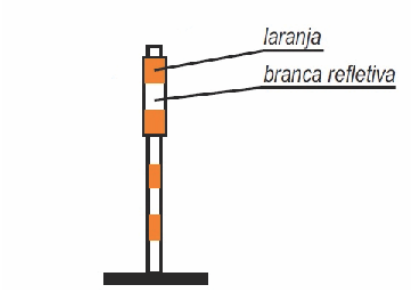
Figuras XXII – Dispositivos temporários

- Cones

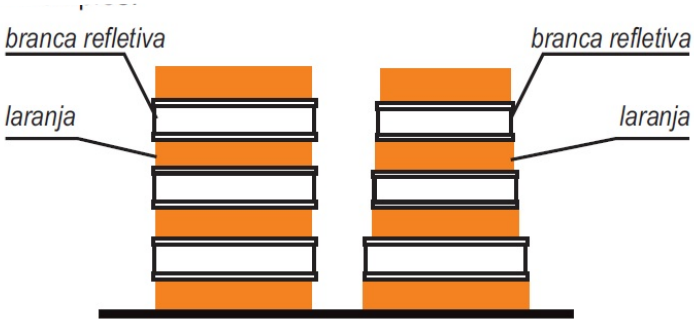


- PARE e SIGA

- Balizador Móvel

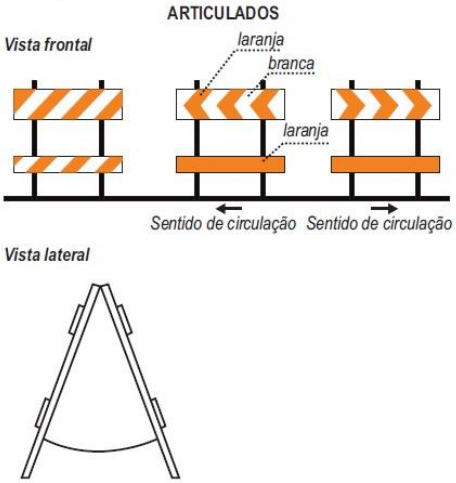


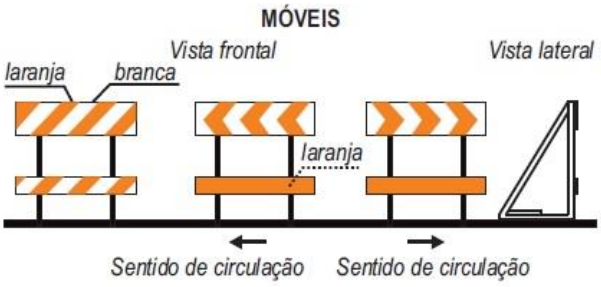
- Tambores



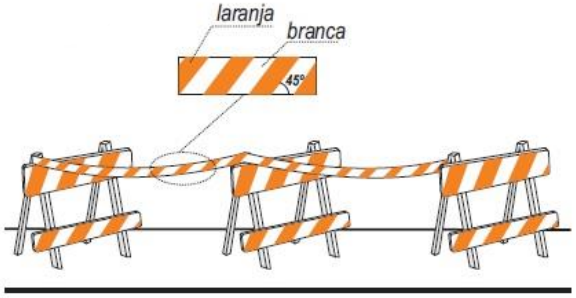
- Cancelas

- Cavaletes

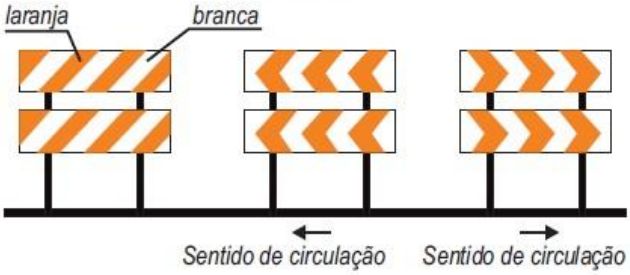




- Fita Zebrada

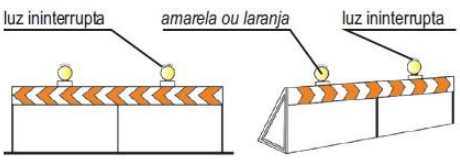


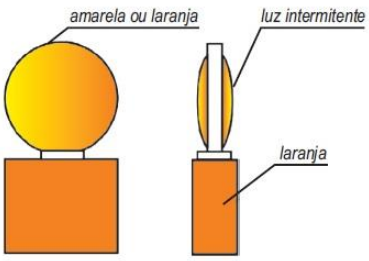
- Barreiras



Elementos Luminosos Complementares

Exemplos:





3 MATERIAIS

Os materiais industrializados devem vir acompanhado do certificado de fábrica, contendo as seguintes informações:

- Nome do produto;
- Nome do fabricante;
- Especificação ou norma a que satisfaz;
- Número do lote de fabricação;
- Data de fabricação.

3.1 Balizadores

Devem atender a norma NBR 7394 (Balizadores e delineadores). Será utilizada película refletiva tipo II, conforme definido na norma NBR 14.644 (Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos). Os suportes de solo devem ter sua fixação garantida pela ancoragem com enterramento de no mínimo 0,30m.

3.2 Balizadores refletivo de ponte, viaduto, túnel, barreira e defensa

Os dispositivos de fixação serão de aço galvanizado por imersão a quente, conforme norma NBR 6323 (Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente), ou conforme especificação do projeto. A película será refletiva tipo III, conforme definido na norma NBR 14.644 citada no item 3.1.

3.3 Tacha

Os materiais deverão atender a NBR 14636 (Sinalização horizontal viária - Tachas refletivas viárias – Requisitos).

Os tipos de corpo das tachas podem ser metálicos ou de resina sintética à base de poliéster ou plástico acrílico, preenchido por composto de alta aderência ou qualquer outro material plástico.

Os tipos de tachas a serem utilizadas serão:

- tachas refletivas Tipo III (monodirecionais e/ou bidirecionais com um pino) - segmentos com VMD < 20.000;
- tachas refletivas Tipo III metálicas (monodirecionais e/ou bidirecionais com dois pinos) - segmentos com VMD > 20.000.

Os pinos metálicos para a fixação das tachas serão constituídos de aço carbono galvanizado, devendo apresentar a forma de parafuso de cabeça tipo francesa, podendo ser revestidos pelo material do corpo, e apresentando roscas ou aletas em sua parte externa. As dimensões do pino devem ser compatíveis com as da tacha.

A fixação será por meio mecânico-químico com pino incorporado à base;

A cola aplicável é aquela recomendada pelo fabricante, respeitando-se as limitações de temperatura determinantes de alterações do pavimento.

A cola utilizada para fixação deve oferecer perfeita aderência da tacha ao pavimento asfáltico ou de concreto, devendo ter um tempo de secagem que permita a liberação do tráfego em, no máximo, trinta minutos.

3.4 Tachão

Os materiais deverão atender a NBR 15576 (Sinalização horizontal viária - Tachões refletivos viários - Requisitos e métodos de ensaio).

Nos pavimentos expostos ao tráfego não poderá haver tachões com arestas vivas nas superfícies, bem como as arestas inferiores devem ser chanfradas.

O corpo dos tachões será de resina sintética à base de poliéster ou plástico acrílico, preenchido por composto de alta aderência ou qualquer outro material plástico com alta resistência a compressão.

3.5 Prisma

É feito de resina de poliéster, com dimensões médias de 150mm de largura, 130mm de altura e 450mm de comprimento. Possui dois pinos de fixação no pavimento.

3.6 Segregador

É feito de resina de poliéster, com dimensões médias de 170mm de largura, 90mm de altura e 480mm de comprimento. Possui dois pinos de fixação no pavimento.

3.7 Cilindro delimitador

O corpo deve ser oco confeccionado em E.V.A. ou poliuretano com proteção a raios UVs, resistente a intempéries.

Deve possuir flexibilidade tal que, quando sob impacto do tráfego for solicitado a dobrar a 90º, não apresente ruptura e volte a posição inicial por si mesmo, sem apresentar deformações permanentes.

A fixação deverá ser feita utilizando-se um dispositivo metálico estampado com cantos arredondados com diâmetro de 160mm e pino com rosca M-

12, introduzido durante o processo de fabricação, que deverá fazer a ancoragem ao solo através do chumbador com rosca fêmea de 12 mm.

3.8 Marcador de perigo

Serão utilizadas películas refletivas Tipo III conforme Norma ABNT NBR 14644 citada no item 3.1.

3.9 Marcador de alinhamento

Serão utilizadas películas refletivas Tipo III conforme Norma ABNT NBR 14644 citada no item 3.1

.

3.10 Ondulação transversal - Lombada

Quando em concreto, será executada em concreto de cimento Portland com fck ≥ 30Mpa.

Se o projeto indicar outro material, o serviço será objeto de especificação particular.

3.11 Sonorizador

Quando em concreto, será executado em concreto de cimento Portland com fck ≥ 30Mpa. O diâmetro máximo do agregado deve ser compatível com a espessura do dispositivo

Quando executado com materiais de marcação viária, deve atender a SOP-ES-S 01/19, no tocante a plástico a frio à base de resinas reativas.

3.12 Revestimento rugoso

Conforme indicado no projeto, os materiais devem atender a uma das seguintes especificações:

- Micro revestimento a frio a SOP-ES-P 19/19;
- Tratamentos superficiais duplos a SOP-ES-P 12/19.

3.13 Pavimento microfresado

Deverá atender a SOP-ES-P 22/19.

3.14 Painel de chapa expandida

Confeccionado em chapa de aço carbono expandida (espessura de 1,93mm ou 3,04mm), que após a expansão, passa por processo de galvanização a quente conforme NBR 6323 (Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente).

São emolduradas em barras chatas, também galvanizadas, (através de soldagem por arco elétrico com gás de proteção) e fixadas com abraçadeiras de aço inox a suportes tubulares galvanizados por imersão a quente de 2” de diâmetro e de 2mm a 3 mm de espessura.

Podem ser fixados em barreiras rígidas ou no solo e revestidos em poliéster verde escuro através de pintura eletrostática.

3.15 Painel eletrossoldado

São painéis compostos por tela de arame de aço galvanizado por imersão a quente, com no mínimo 180g/m^2 (NBR 6323), revestido com liga metálica de zinco e alumínio, eletrossoldado. Contém no mínimo três curvaturas em “V” para enrijecimento mecânico.

Fios horizontais de 4,65mm ou 5mm e vertical de 4mm ou 4,35mm, malhas 1,25cm x 20cm ou 2,5cm x 10cm.

Os postes serão de aço galvanizado por imersão a quente, com no mínimo 275g/m^2 (NBR 6323), seção retangular, 4cmx 6cm, espessura mínima de 1,55mm.

O painel poderá ser aparafusado a barreira rígida através de base metálica em formato de “T” com parte central dobrada em 90º, espessura de 3/16” (4,76mm); com sete furos (para combinações de fixação à mureta de concreto).

Todos os postes serão munidos de rebites de aço galvanizados recartilhados e com rosca interna tipo M6 para fixação dos painéis através de fixadores plásticos em poliamida (com proteção anti UV), e parafusos em aço inox cabeça boleada sextavada interna M6 x 40mm. Devem possuir fechamento em tampa plástica com proteção anti UV na extremidade superior.

Podem ser fixados em barreiras rígidas ou no solo e revestidos em poliéster verde escuro através de pintura eletrostática.

3.16 Lamela plástica

São lâminas ocas, confeccionadas em polietileno ou PVC, pigmentadas de verde escuro.

As lamelas têm 0,20m de largura e 0,60m a 1,20m de altura, fixadas por barramentos metálicos zincados.

O material não pode apresentar deformações ocasionadas por possíveis variações de temperatura ambiente.

As bordas devem ser arredondadas e a base em plástico maciço feito a partir do esmagamento das paredes da lâmina moldada do próprio corpo da peça.

As lamelas são montadas em sistema de sustentação composto de elemento metálico apoiado e fixado a perfil tubular, que permite a variação da distância entre as lâminas.

O elemento é aparafusado na lâmina fazendo um sanduíche com base em plástico no maciço da lâmina.

O conjunto formado pela lâmina, elemento metálico de sustentação e o perfil tubular deve ser fixado na barreira rígida ou defensa metálica.

Para a instalação em barreira rígida, é utilizado um elemento metálico de fixação que suporta o conjunto pelo perfil tubular a cada 3 metros e chumbados na lateral superior da barreira rígida.

3.17 Defensas Metálicas

O perfil que se constitui na guia de deslizamento, o poste, os espaçadores, os calços e as cintas são de aço-carbono obedecendo a norma NBR 6650 (Chapas finas a quente de aço–carbono para uso estrutural), apresentando as seguintes propriedades mecânicas:

- Resistência a tração mínima ---------- 370 N/mm²
- Limite de escoamento mínimo ---------- 240 N/mm²
- Alongamento mínimo, após ruptura (Lo = 50mm) dado
  em % para espessura de E $<$ 3mm ---------- 20 %
  E $\geq$ 3mm ---------- 23 %
- Dobramento a 180° (calço de 1,5 vezes a espessura
  do corpo de prova) ----------sem apresentar trincas

Os parafusos, porcas arruelas são também de aço-carbono zincados por imersão a quente, para proteção contra a corrosão. A zincagem deve proporcionar um revestimento mínimo de 350 g/m², com uma espessura mínima de 50 micrômetros em cada face revestida.

3.18 Barreiras

As barreiras são de concreto armado com a ferragem e resistência do concreto definidos pelo projeto. Elas devem obedecer às especificações SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas), SOP-ES-OAE 03/19 (Armadura para concreto armado) e SOP-ES-OAE 05/19 (Formas e cimbres).

3.19 Dispositivos de uso temporário

Os materiais dos cones, balizadores móvel e tambores são todos construídos a base de polietileno.

O material das placas de PARE e SIGA obedecem a especificação SOP-ES-S 02/19 (Sinalização vertical).

O material das cancelas e dos cavaletes podem ser de aço, alumínio ou madeira, conforme definido no projeto.

A fita zebrada pode ser de material plástico ou de polietileno de baixa densidade.

4 EXECUÇÃO

Os dispositivos auxiliares de sinalização podem constar de um projeto executivo de implantação ou de restauração rodoviária e podem também serem

necessários numa obra emergencial rodoviária, com base apenas em projetos tipo muitas vezes elaborados no local da emergência.

Após a disponibilização dos dispositivos no canteiro da obra, determina-se os locais indicados no projeto para implantá-los, fazendo-se as escavações e fundações quando forem necessárias. Para os dispositivos fixos acoplados a suportes, de madeira ou metálico, a parte enterrada do suporte terá uma profundidade mínima de 0,30m.

4.1 Balizadores

Quando fixos, em obras duradouras, deverão ser implantados nos locais e na cadência indicados no projeto. Os balizadores móveis são utilizados em obras temporárias e emergenciais.

4.2 Balizadores refletivos de ponte, viadutos, túnel, barreira e defensa

Esses balizadores são fixados às estruturas a sinalizar obedecendo o posicionamento e o alinhamento indicado no projeto.

4.3 Tachas e tachões

A pista que vai receber esses dispositivos deverá estar limpa e seca. A fixação das tachas e tachões obedecerão aos locais e as cadências indicadas no projeto, observando-se que nos bordos eles devem ser implantados além da faixa de sinalização horizontal em uma distância de 5cm a 15cm, para não impedir futuras sinalizações, e quando no meio da pista eles devem ser implantados entre faixas duplas e, nos segmentos sem pintura, quando a faixa for simples e descontínua. As peças são assentadas através de pinos e cola, comprimindo-as com marreta de borracha. Até a secagem final da cola (30 minutos) os elementos refletivos devem estar cobertos com fita adesiva para evitar perda de retrorrefletividade.

4.4 Cilindro delimitador

Os cilindros delimitadores são de uso temporário, geralmente delimitando interseções, ilhas e obstáculos, devendo serem colocados nos locais e cadência indicados no projeto.

4.5 Prismas e segregadores

São colocados sobre a plataforma da pista para dividi-la em faixas que serão destinadas a uso exclusivo de determinados tipos de veículos ou para separar faixas de pedestres e ciclistas. São colocados na pista conforme a indicação do projeto, podendo ser de uso temporário ou permanente.

4.6 Marcadores de obstáculos, perigos e alinhamento

Os marcadores de obstáculos são pintados em zebrados nos próprios obstáculos em cores amarela e preta refletivas.

Os marcadores de perigos são placas de zebrados refletivos, em cores amarelo e preto, fixados em suportes de madeira ou metálicos, conforme projeto. Os zebrados inclinados de 45° indicam o sentido do tráfego. As placas são retangulares, com o comprido na vertical ou na horizontal.

Os marcadores de alinhamento são também placas fixadas em suportes, colocadas nos bordos da rodovia para indicar ao motorista a curvatura da rodovia.

4.7 Ondulação transversal e sonorizador

A execução da ondulação sobre o pavimento consta das seguintes atividades:

a) marcação do local de implantação indicado no projeto;

b) execução de ranhuras no revestimento para proporcionar maior aderência;

c) colocação de formas;

d) concretagem, adensamento por vibração e conformação da ondulação utilizando régua aplicada transversalmente à forma. O concreto terá a resistência a compressão estabelecida no projeto.

e) Retirada das formas e liberação ao tráfego.

A execução de sonorizador sobre o pavimento consta das seguintes atividades:

a) marcação do local de implantação indicado no projeto;

b) colocação das formas tipo gabaritos com altura de 2,5cm, largura de 8cm, em formato de grelha;

c) confecção das nervuras com concreto ou massa de sinalização horizontal, conforme indicado no projeto, fazendo-se o chanfro das arestas para não cortar os pneus;

d) retirada das formas e liberação ao tráfego.

4.8 Revestimento rugoso e pavimento microfresado

Esses serviços serão executados obedecendo a respectiva especificação, a saber SOP-ES-P 12/19 (Tratamento superficial duplo) ou SOP-ES-P 19/19 (Microrrevestimento a frio) ou SOP-ES-P 22/19 (Fresagem a frio).

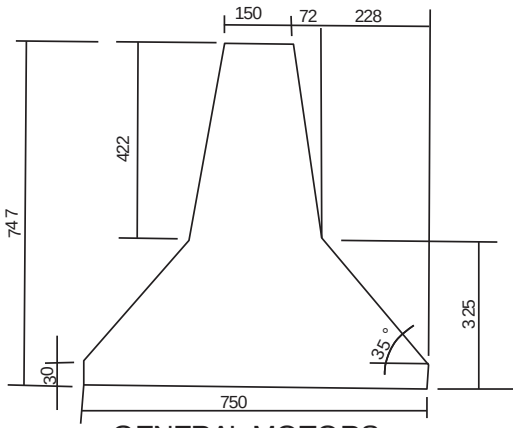
4.9 Defensas metálicas

Os suportes das defensas são fincados por percussão, com equipamento apropriado, seguindo-se da fixação da lâmina que é denominada guia de deslizamento. O conjunto de dois suportes e uma guia de deslizamento mede 4,0 metros, recebendo a denominação de módulo. A distância do piso até a aresta

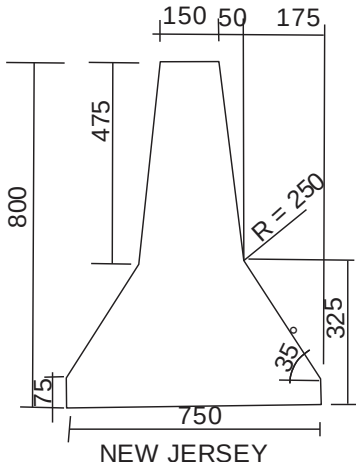
superior da defensa é de 75cm. O início e o final das defensas metálicas serão ancorados em bloco de concreto enterrado (dimensões de 0,70m x 0,70m x 0,70m) ou chumbados em barreira de ponte ou viaduto e ainda providos de sinalização auxiliar tipo marcador de perigo.

4.10 Barreira de concreto armado

Será executada de acordo com o projeto. Os tipos mais usuais são o general motors e o new jersey.



GENERAL MOTORS



NEW JERSEY

4.11 Dispositivos anti-ofuscantes

Na execução dos dispositivos anti-ofuscantes deverão ser observados o posicionamento dos painéis ou das lamelas para que elas sejam eficazes no bloqueio da luz dos faróis de veículos trafegando em sentido oposto. Também é importante a boa fixação do dispositivo ao suporte para que seja garantida a necessária rigidez do conjunto.

4.12 Dispositivo de uso temporário

A utilização dos dispositivos de uso temporário exige cuidados no seu posicionamento para proporcionar a necessária visibilidade dos motoristas sobre

eles, com o tempo e a distância suficientes para reduzir a velocidade, desviar do percurso ou mesmo parar o veículo.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

A maioria das operações para execução dos serviços acontecem sobre o corpo estradal, os cuidados a proteção ambiental referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar a destruição desnecessária da vegetação, assim como interferência na drenagem.

6 CONTROLE TECNOLÓGICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O material industrializado deverá vir acompanhado do respectivo certificado de fábrica e será submetido previamente à inspeção visual pela Fiscalização, devendo ser recusado os materiais que apresentem defeitos.

A retrorrefletividade das películas das placas quando se mostrar deficiente na inspeção visual, a película deverá ser submetida a uma avaliação segundo a norma NBR 15.426 (Sinalização vertical viária – Avaliação da retrorrefletiidade utilizando refletômetro portátil), não sendo aceito refletância inferior a 80% do padrão original.

As tachas não devem apresentar manchas e nem permitir a penetração de água no elemento refletivo. Havendo indícios de baixa resistência à compressão deve-se submeter três amostras aleatórias ao exigido na norma NBR 14.636 (Sinalização horizontal viária – Tachas refletivas viárias – Requisitos). A resistência à compressão mínima admissível é de 15.000Kgf.

Os tachões não devem apresentar manchas e nem permitir a penetração de água no elemento refletivo. Havendo indícios de baixa resistência à compressão deve-se submeter três amostras aleatórias ao exigido na norma NBR 15.576 (Sinalização horizontal – Tachões refletivos viários – Requisitos e método de ensaio). A resistência mínima admissível é de 15.000Kgf.

O controle do concreto de ondulação transversal e de sonorizador é feito obedecendo ao especificado na SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas). A resistência a compressão mínima é a estabelecida no projeto.

Os serviços e os materiais que não atenderem ao controle tecnológico serão rejeitados e substituídos ou refeitos, todos os ônus por conta do construtor.

7 CONTROLE GEOMÉTRICO E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O controle geométrico consiste na verificação da correção da localização da implantação dos dispositivos auxiliares, obedecendo ao projeto, e se as placas e os suportes estão aprumados. Também será conferida à trena a distância entre dispositivos, obedecendo a cadência estabelecida no projeto.

Os serviços serão aceitos quando as divergências geométricas entre o previsto no projeto e o executado forem inferior a 5% de tolerância.

8 MEDIÇÃO

Os serviços serão medidos em conformidade com o adiante exposto, de acordo com o projeto, o tipo e a especificação.

- Balizador monodirecional em unidade
- Balizador bidirecional em unidade
- Balizador refletivo de ponte, viaduto, túnel, película Tipo III em unidade

- Balizador refletivo de ponte, viaduto, túnel, película Tipo X em unidade
- Balizador refletivo de barreira e defensa, película Tipo III em unidade
- Balizador refletivo de barreira e defensa, película Tipo X em unidade
- Tacha monodirecional em unidade
- Tacha monodirecional metálica em unidade
- Tacha bidirecional em unidade
- Tacha bidirecional metálica em unidade
- Tachão monodirecional em unidade
- Tachão bidirecional em unidade
- Cilindro delimitador em unidade
- Marcador de perigo 0,30m x 0,90m, placa de aço galvanizado em unidade
- Marcador de perigo 0,30m x 0,90m, placa de poliéster com fibra de vidro em unidade
- Marcador de perigo 0,50m x 1,50m, placa de aço galvanizado em unidade
- Marcador de perigo 0,50m x 1,50m, placa de poliéster com fibra de vidro unidade
- Marcador de alinhamento, película Tipo III, placa de aço galvanizado em unidade
- Marcador de alinhamento, película Tipo III, placa de poliéster com fibra de vidro em unidade
- Marcador de alinhamento, película Tipo X, placa de aço galvanizado em unidade
- Marcador de alinhamento, película Tipo X, placa de poliéster com fibra de vidro em unidade
- Ondulação transversal em metros quadrados
- Sonorizador de concreto em metros quadrados

- Sonorizador de termoplástico em metros quadrados
- Sonorizador de termoplástico pré-formado em metros quadrados
- Sonorizador de laminado elastoplástico em metros quadrados
- Sonorizador de plástico a frio em metros quadrados
- Revestimento rugoso de micro revestimento a frio em metros quadrados
- Revestimento rugoso de tratamento superficial duplo a frio em metros quadrados
- Revestimento rugoso de pavimento microfresado em metros quadrados
- Barreira antiofuscamento de painel chapa expandida instalada em barreira rígida em metros quadrados
- Barreira antiofuscamento de painel chapa expandida instalada no solo em metros quadrados
- Barreira antiofuscamento de painel eletrossoldado expandida instalada em barreira rígida em metros quadrados
- Barreira antiofuscamento de painel eletrossoldado expandida instalada no solo em metros quadrados
- Barreira antiofuscamento de lamela plástica em metros quadrados
- Os suportes de madeira serão medidos em m
- Os suportes metálicos de aço carbono serão medidos em kg
- Os suportes poliméricos de materiais reciclados serão medidos em m

9 PAGAMENTO

Os pagamentos dos dispositivos auxiliares da sinalização serão feitos com base nos preços contratuais e incluirá a aquisição de todos os materiais e acessórios, a mão de obra, EPI, encargos sociais, ferramentas, equipamentos, estoques e aplicação do material, transporte, impostos, lucro e eventuais a execução dos serviços.

5 – ESPECIFICAÇÕES DE PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL

1 DEFINIÇÃO

A proteção vegetal consiste na plantação de vegetais diversos com o fim de preservar as áreas expostas do copo estradal e também áreas de ocorrências de materiais exploradas, protegendo-as contra processos erosivos e atenuando a agressão ao meio ambiente

2 MATERIAIS

2.1 Terra Vegetal

A terra vegetal aqui referida é a camada superficial orgânica resultante do expurgo do desmatamento executado na faixa estradal ou em área de uso (acampamento) ou em ocorrência de material destinado à rodovia. Essa camada orgânica, após a separação dos troncos e raízes mais volumosos, é estocada em montes com altura em torno de 1,50m, largura de 2,00 a 4,00m e com qualquer comprimento, para ser posteriormente espalhada nas áreas expostas, no menor decurso de tempo possível.

O objetivo do espalhamento da terra vegetal sobre a área exposta, desmatada e escavada, é o favorecimento da renovação da cobertura vegetal, de uma forma natural.

2.2 Adubos e corretivos

Quando indicados no projeto, geralmente em proteção vegetal de taludes, serão utilizados adubos de origem animal, isentos de sementes de ervas, palhas e outros materiais estranhos. O uso de corretivos ou fertilizantes comerciais terá que vir acompanhado de certificado de laboratório idôneo e do órgão governamental responsável pelo meio ambiente atestando que o produto não contém elementos tóxicos ou poluidores.

2.3 – Sementes, placas e mudas

A revegetação de áreas expostas pode ser por semeadura, implantação de placas vegetais ou por mudas, conforme definição do projeto.

As sementes de gramíneas e leguminosas são as que apresentam melhor desempenho na revegetação por semeadura de áreas expostas.

Os manuais agronômicos recomendam, para as sementes de procedência nacional e importadas, as seguintes condições mínimas de pureza e germinação apresentadas nas tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1 – Sementes nacionais		
SEMENTES	PUREZA %	GERMINAÇÃO %
Gramíneas	55	60
Leguminosas	75	75

Tabela 2 – Sementes importadas		
SEMENTES	PUREZA %	GERMINAÇÃO %
Gramíneas	90	80

A implantação de placas (ou mantas) mais usuais e mais eficientes é a de gramíneas.

O projeto indicará as gramíneas e as leguminosas em função dos estudos do clima, solo e da topografia da área. Nesta especificação, para simples orientação dos tipos usuais, apresentamos a listagem a seguir:

a) Gramíneas: Brachiária Humidícula;
Brachiária Decubens Stopt;
Brachiária Rudiziagalis;
Loliurn;

Aragrostis Curvula;
Melinis Minutiflora;
Paspalurn Natatum; e
Bermuda Grass.

b) Luguminosas: Puerária Phaseoloides;
Colopogonium Muconóides;
Cajanus Cajan (feijão gandu);
Centrocema Pubescens; e
Estizolobium Anterrinum.

Para o processo de revegetação por mudas as mais utilizadas são de árvores frondosas ou frutíferas e de arbustos. A localização do plantio das mudas, as espécies vegetais e os tipos de adubos serão indicados pelo projeto. As espécies mais plantadas no estado do Ceará estão relacionadas a seguir.

a) Arbustos: Dracaena Deremensis (dracena);
Jasminum Nudiflorum (jasmim);
Magnólia Spp (magnólia).

b) Árvores: Nin Indianus (nin indiano);
Anacardium Occidentale (cajueiro);
Mimosa Caesalpiniae Folia (sabiá);
Licania Rígida (oiticica);
Hymenaea Stigno Carpa (jatobá);
Cocos Nucífera (coqueiro);
Ficus Spp (figueiras).

3 EQUIPAMENTO

Na operação de espalhamento da terra vegetal sobre a área exposta é utilizado o trator de esteiras.

Para o plantio de vegetação são utilizados os utensílios de jardinagem/horticultura compostos de pá, enxada, carrinho de mão, ancinho, cavadeira, trado, soquetes, foice, facão, alfanje, regadores, etc, podendo, em função da grandeza da obra ser necessário os seguintes equipamentos de maior porte: caminhão basculante, caminhão de carroceria, carro pipa com dispositivo para rega, hidrossemeadeira, trado mecânico para abertura de covas, escarificadores, grade de discos, máquina semeadora, secadeira mecânica, trator agrícola e pá mecânica.

4 EXECUÇÃO

4.1 Recomposição de áreas e taludes

As áreas expostas de ocorrência de materiais, áreas de uso e faixa de domínio deverão ser regularizadas, ter seus taludes suavizados, visando sempre a sua drenagem natural.

Os taludes deverão estar regularizados, sem erosões e drenados contra águas afluentes na crista e no sopé.

4.2 Revegetação por semeadura, placas ou mudas

O projeto detalhará os locais da proteção vegetal, e indicará as espécies vegetais, o tipo de plantio, o preparo do solo, a adubação e a irrigação.

A execução da proteção vegetal envolve as seguintes atividades:

a) Preparo do solo

Compreende a escarificação, a pulverização, o revolvimento do solo, o tratamento contra praga, a correção do solo, a adubação e o preparo de leivas. A correção do solo geralmente é feita por calagem que consiste na incorporação de calcário dolomítico ao solo, realizada com uma antecedência de 30 a 60 dias da

adubação para que o calcário possa atuar e reduzir a acidez, deixando o Ph em torno de 5,5%. A taxa de aplicação de calcário varia entre 1.000 e 1.500 kg/ha. A adubação é a distribuição e incorporação de adubo orgânico ou adubo químico, na proporção indicada pela análise do solo feita pelo projeto. É usual a aplicação de adubo NPK acrescido de enxofre.

b) Plantio

Compreende as atividades de semeadura ou implantação de mantas ou de mudas. No caso de implantação de mudas de gramíneas ou leguminosas deve-se adotar a taxa de 81 mudas por metro quadrado. Para mudas de árvores e arbustos o projeto indicará o espaçamento a ser adotado no plantio. A semeadura pode ser por processo manual ou por hidro-semeadura, utilizando equipamento apropriado. Antecedendo a semeadura por processo manual haverá o preparo do solo e a abertura de sulcos ou pequenas covas.

O plantio de árvores e arbustos na faixa de domínio deve levar em consideração a segurança dos usuários da via. O plantio de árvores e arbustos em canteiro central evitam o ofuscamento noturno, mas devem ser protegidos por defensas maleáveis. As árvores na faixa de domínio têm por finalidades a consolidação da propriedade, o controle da erosão o sombreamento para descanso e recreação e a integração paisagística da rodovia com o ambiente natural.

c) Irrigação

A melhor época de plantio é a que antecede ao período das chuvas na região. Havendo necessidade de irrigação, esta deve ser feita no mínimo em uma vez por semana até que ocorra a germinação das sementes e a consolidação das hastes ou estolões. A irrigação de sementes e estolões deve ser na forma de chuvisco leve nas horas amenas do dia, sendo recomendado de 5 a 10 litros de água por metro quadrado.

d) Adubação de cobertura

O projeto poderá indicar uma adubação de cobertura para revigoramento e crescimento das espécies já plantadas e pegadas. Essa adubação se processará após decorridos 90 a 120 dias do plantio sendo feita na quantidade de 50% da adubação primitiva. Nesta ocasião deverá ser feita o replantio das espécies que não pegaram ou germinaram.

5 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

A recomposição de áreas e taludes será controlada por inspeção visual da suavização dos taludes e da regularização da área visando a drenagem natural. A fiscalização poderá recorrer a nivelamentos topográficos para conferência de cotas e declividades.

O espalhamento de terra vegetal será controlado unicamente por inspeção visual.

A cobertura vegetal terá sua consolidação avaliada visualmente após decorridos um prazo de 120 a 150 dias do plantio, devendo neste período a construtora proceder a manutenção e a reposição exigidas, assumindo todos os ônus.

6 MEDIÇÃO

A recomposição de taludes, de áreas de ocorrências de materiais e da faixa de domínio será medida pela área trabalhada em metros quadrados.

O espalhamento de terra vegetal em áreas expostas será medido pelo volume espalhado, em metros cúbicos, tendo como base o volume da camada vegetal da área desmatada originalmente.

A proteção vegetal será medida pela área plantada e pegada, em metros quadrados, ou pelo número de árvores e arbustos quando o plantio dessas espécies for feito por mudas.

7 PAGAMENTO

O pagamento será efetuado pelo preço contratual para as quantidades medidas conforme estabelecido no item 6, estando incluídos todas as etapas dos serviços, bem como aquisição de materiais, transportes, equipamentos, veículos, mão de obra, encargos sociais, impostos, lucro e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

A impermeabilização asfáltica de taludes é a aplicação de uma mistura de emulsão asfáltica, cimento e água, em duas demãos, tendo por finalidades o combate à erosão e a impermeabilização contra as águas de chuvas. Este serviço não pode ser aplicado em talude de corte que tenha lençol freático rebaixado por dreno subterrâneo. Recomenda-se ainda não usá-lo, quando outra solução pode resolver o problema, por motivos estéticos e de proteção ambiental.

2 MATERIAIS

2.1 Emulsão asfáltica

Será usada a emulsão de ruptura lenta RL-1C (60% de CAP residual).

2.2 Cimento Portland

Deverá obedecer a especificação DNER-EM 36 – Recebimento e aceitação de cimento Portland comum e Portland de alto forno, em vigor na SOP-CE.

2.3 Água

Deverá ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais à mistura com emulsão asfáltica e cimento.

2.4 Solo do talude

O solo do talude a ser impermeabilizado contra a água da chuva não poderá ter umidade natural elevada (acima de 7%) e nem teor elevado de matéria orgânica.

3 EQUIPAMENTO

Para a execução da impermeabilização asfáltica de taludes serão utilizados os seguintes equipamentos.

a) Para o apoio: andaime de madeira ou metálico com 4,0m de comprimento e 0,60m de largura, acionado por sistema de cordas e roldanas; escadas de madeira de fácil remoção e que admitam a fixação de suportes entre elas; outros meios de apoio seguros para o acesso dos operadores à superfície rampada do talude.
b) Para limpeza: vassouras, enxadões e outros equipamentos para a limpeza do talude.
c) Para a impermeabilização: brochas, trincas de fios de cerdas para o espalhamento em duas demãos da mistura asfáltica sobre o talude.

4 EXECUÇÃO

4.1 Regularização e limpeza dos taludes

A pintura impermeabilizante deve ser feita logo após a execução do corte, sempre que possível.

A superfície do talude deverá se apresentar plana, sem ressaltos nem cavidades. Os ressaltos que subsistirem, se forem terrosos, deverão ser raspados com enxadões ou outro equipamento apropriado. Se forem rochosos não deverão ser removidos. Os sulcos deverão ser preenchidos com solo-cimento, com teor de 10% de cimento, compactado com soquete, na umidade ótima, determinada em função do solo de preenchimento. Antes da aplicação do solo-cimento, os sulcos deverão ser escavados em forma de caixas, com pelo menos 10 cm em qualquer de suas dimensões.

Após a regularização do talude, faz-se uma varredura de toda área a ser tratada, de modo a eliminar todo material pulverulento.

4.2 Preparo da mistura

Em um tambor comum, devidamente limpo, introduz-se a emulsão e adiciona-se água gradativamente, revolvendo-se continuadamente os dois materiais com uma haste de madeira ou de metal. Terminada a adição de água, acrescenta-se o cimento, progressivamente continuando-se o revolvimento até obter-se uma mistura cremosa, quase fluida. A quantidade da mistura a ser produzida de cada vez é função da área a ser pintada e do número de operadores, de maneira que toda mistura seja aplicada em no máximo 1 (uma) hora depois de pronta.

As proporções máximas dos traços em pesos recomendados, são as seguintes:

a) Para solos arenosos:

na 1ª demão: 1 de emulsão + 0,8 de água + 0,55 de cimento;

na 2ª demão: 1 de emulsão + 0,5 de água + 1 de cimento.

b) Para solos argilosos:

na 1ª demão: 1 de emulsão + 1 de água + 0,5 de cimento;

na 2ª demão: 1 de emulsão + 0,5 de água + 1 de cimento.

Para garantir a maior penetração possível da mistura no talude, pode-se variar ligeiramente a fluidez na 1ª demão, alterando-se a relação emulsão/água, conseguindo-se experimentalmente o traço ideal em função do solo de cada caso.

4.3 Quantidade de aplicação

As taxas de aplicação da mistura em cada demão é de 1,0 a 1,5kg/m² de talude.

No caso de cortes executados com banquetas, o preparo da mistura deverá ser feito na plataforma da banqueta para evitar as inconveniências do transporte vertical.

4.4 Aplicação da mistura

Imediatamente antes da aplicação da 1ª demão o talude poderá ser ligeiramente umedecido para facilitar a penetração. Cada operador disporá de um balde contendo mistura e executará a pintura com uma brocha ou trincha de fios de cerda, iniciando na parte superior do talude em direção à parte mais baixa, em faixas com 1m de altura. O operador deverá apoiar-se no andaime, ou escada, ou ser suportado por cordas que se deslocarão paralelamente aos taludes. Outros tipos de apoio poderão ser utilizados desde que não afetem a conformação do talude.

As aplicações da mistura serão feitas em duas demãos, conforme traços estabelecidos, aplicando-se a 1ª demão em uma faixa de todo talude seguida da aplicação da 2ª demão desta faixa.

Para cortes com banquetas, deve-se pintar cada talude limitado pela plataforma da banqueta, a partir da cota mais alta, passando-se somente para o talude inferior quando concluído as duas demãos do talude superior. A pintura da plataforma da banqueta deverá se iniciar pelo bordo junto a canaleta de drenagem prosseguindo-se em direção ao bordo externo, geralmente da direita para a esquerda da plataforma.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

As atividades da impermeabilização asfáltica de taludes que podem causar danos ao meio ambiente são o armazenamento e a pintura dos taludes com a mistura asfáltica.

O depósito de material asfáltico deve ser instalado em local afastado de cursos d'água.

É vedada o refugo de asfalto ou de mistura asfáltica na faixa de domínio da rodovia ou em qualquer outro local que possa causar danos ambientais.

A desmobilização desta atividade inclui a remoção do depósito de ligante, a limpeza de eventuais resíduos asfálticos e a recomposição da área afetada pelo serviço.

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

A condição essencial é que todos os materiais atendam esta especificação e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

a) Emulsão asfáltica

A todo carregamento de emulsão asfáltica que chegar a obra será exigido o respectivo certificado de fábrica, contendo os resultados dos ensaios, atendendo a norma NBR-P-EB-472 (cópia no anexo desta especificação) conforme a seguir:

a.1) Viscosidade Saybolt-Furol (DNER-ME 004/94);
a.2) Resíduo por evaporação (ABNT-NBR-6568/84);
a.3) Peneiramento (DNER-ME 005/94); e
a.4) Sedimentação (DNER-ME 006/00).

Havendo qualquer indício de má qualidade da emulsão asfáltica, deverão ser realizados os ensaios da norma ABNT-P-EB 472 para confrontar com os resultados do certificado de fábrica.

b) Cimento Portland

Os sacos de cimento deverão ser armazenados em lugar abrigado, sobre um piso de madeira, em pilhas de no máximo 10 sacos. Havendo suspeição sobre a qualidade do cimento, serão colhidas amostras para realização de ensaios em laboratório especializado. Os resultados dos ensaios deverão atender o prescrito na norma ABNT-NBR-5732 (condições de recebimento do cimento Portland comum que é feita através da especificação de recebimento do cimento e de dezesseis ensaios físicos e químicos).

c) Água

O controle da água é feito por inspeção visual da fonte de abastecimento, podendo ser aprovada quando não é salobra e apresenta cristalinidade.

Havendo suspeição sobre a qualidade da água, coleta-se amostras e leva-se a laboratório especializado para realização de ensaios. A água será considerada aprovada ao obter-se os seguintes resultados:

c.1) Acidez: 5,8% a 8,0%
c.2) Matéria orgânica: máx 3mg/l (oxigênio consumido);
c.3) Resíduo sólidos: máx 5.000mg/l;
c.4) Sulfatos: máx. 300mg/l (Ion máx 50/l);
c.5) Cloretos: máx. 50mg/l;
c.6) Açúcar: máx. 500mg/l.

6.2 Controle de execução

O controle de execução se faz pela conferência da mistura estabelecida, se estão sendo obedecidas as quantidades do traço de emulsão asfáltica + água + cimento que resultou na consistência quase fluída, adequada à sua aplicação no talude a ser impermeabilizado, e também pela conferência visual da homogeneidade de aplicação da pintura do talude em duas demãos.

7 MEDIÇÃO

A execução da impermeabilização asfáltica de taludes será medida pela área impermeabilizada, em metros quadrados.

A emulsão asfáltica será medida pelo peso efetivamente aplicado, em toneladas, calculado com base na área executada, na taxa de aplicação e na proporção da emulsão nos traços da 1ª demão e da 2ª demão.

8 PAGAMENTO

O pagamento será efetuado pelo preço unitário contratual para as quantidades medidas conforme o item 7, estando incluído nos preços todos os custos das etapas dos serviços, envolvendo regularização e limpeza dos taludes e plataformas de banquetas, bota-fora de eventuais materiais retirados dos taludes, preparo da mistura de emulsão + água + cimento, aquisição, transportes e estocagens dos materiais, equipamentos, ferramentas, mão de obra, encargos, impostos, lucro e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

A estrutura de gabião para arrimo de proteção do corpo estradal é utilizada como sustentação para evitar o desmoronamento quando as condições hidrológicas, geotécnicas e de ingrimidade do leito estradal são instáveis e exigem um arrimo de gravidade, resultante da ação de seu peso próprio, do tipo flexível e permeável.

Para evitar carreamento de solo para o interior dos gabiões e para preservar sua capacidade drenante/filtrante deve-se estender uma manta de geotêxtil na face interna dos gabiões e executar, entre esta face com o geotêxtil e o maciço a ser arrimado, uma camada de transição, com areia de rio, com 20cm de espessura, ao longo de toda face interna.

2 MATERIAIS

2.1 Tipo de gabião

O gabião aqui especificado para proteção do corpo estradal é o tipo caixa, que são peças em forma de paralelepípedos retângulos constituídos por uma rede metálica de malha hexagonal, de dupla torção, fabricado com arame de aço com baixo teor de carbono, com zincagem pesada, recoberto ou não com material plástico. As arestas da caixa são ligadas com fios de diâmetro maior que o da malha para robustecer a armação metálica.

2.2 Arame da malha

A malha hexagonal com dupla torção é fabricada com arame de aço zincado a quente obedecendo a norma ABNT-NBR 8964/85 (Arame de aço de baixo teor de carbono, zincado para gabiões). Em ambientes agressivos de corrosão o

arame é revestido com uma camada de cloreto de polivinil (PVC), com espessura mínima de 0,4mm.

2.3 Pedra de Mão

A pedra de mão, que é definida como o fragmento de rocha, de forma arredondada, com diâmetro entre 7,6cm e 25cm, deverá ter tamanhos uniformes, com a menor dimensão compreendida entre uma e duas vezes a dimensão da malha. A pedra pode ser natural ou resultante de britagem, sendo exigido um peso específico real superior a 2,3tf/m³. Não são aceitos materiais friáveis, que se fragmentam.

3 EQUIPAMENTOS

Para o preparo do terreno e para o enchimento dos gabiões com pedras são utilizados equipamentos manuais tais como pás, picaretas, enxadas, carrinhos de mão e socadores de pedras.

Para o transporte de pedras e movimentação na obra são utilizados caminhões basculantes e pás carregadeiras.

4 EXECUÇÃO

4.1 Dimensões usuais das caixas

COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	ALTURA (m)	VOLUME (m³)
1,50	1,00	0,50	0,75
2,00	1,00	0,50	1,00
3,00	1,00	0,50	1,50
4,00	1,00	0,50	2,00
5,00	1,50	0,50	3,75
1,50	1,00	1,00	1,50
2,00	1,00	1,00	2,00
3,00	1,00	1,00	3,00
4,00	1,00	1,00	4,00
5,00	1,00	1,00	5,00
5,00	1,50	1,00	7,50

4.2 Fornecimento das malhas hexagonais

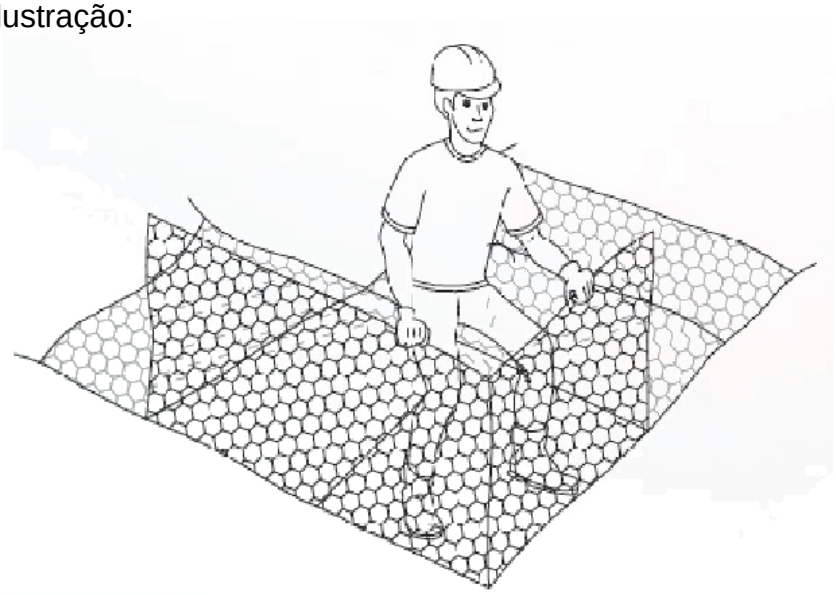
O fabricante entregará os gabiões no local da obra dobrados e reunidos em pacotes. Na obra as caixas contendo os gabiões são abertas, montadas, costuradas pelas arestas e fixados os diafragmas às paredes laterais, tudo de acordo com as dimensões das caixas previstas no projeto.

4.3 Pré-montagem dos gabiões

4.3.1 Sequência executiva:

a) Identificar os fardos dos gabiões, organizando-os por tipo e dimensões;
b) Preparar uma área limpa, com piso plano, regular e duro para os trabalhos de pré-montagem das caixas;
c) Abrir completamente o gabião sobre a área limpa para regularizá-lo nos pontos amassados na formação dos fardos ou durante o transporte;
d) Levantar e redobrar a 90° as paredes laterais aos pares para a união das arestas ou cantos da caixa. Se necessário, pode-se utilizar um pedaço de madeira serrada para alinhar a malha e fazer a dobra das paredes laterais;

Ilustração:



e) Unir as arestas dos quatro cantos da caixa, bem como as divisões internas (diafragmas). A costura obedecerá a seguinte sequência:

e.1 - Unir primeiramente os cantos superiores usando as pontas dos arames de reforço que são os de maior diâmetro;

e.2 - Em seguida, costurar de baixo para cima, percorrendo toda linha de união das arestas;

e.3 - A costura é feita com os arames de amarração que são fornecidos juntamente com as caixas;

e.4 - Após a fixação do arame de amarração no vértice inferior, realiza-se a costura passando o arame por todas as malhas, alternando voltas simples com voltas duplas do arame de amarração até atingir o vértice superior;

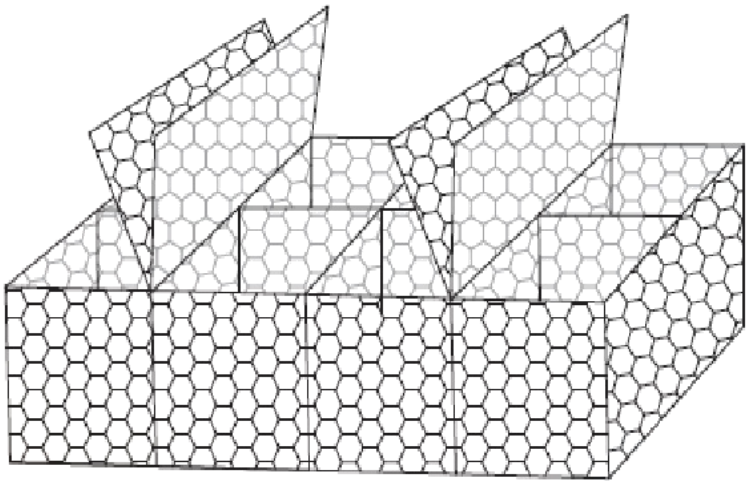
e.5 - Quanto mais firme os pontos de costura, melhor será a qualidade da pré-montagem das caixas.

4.4 – Montagem dos gabiões

4.4.1 – Sequência executiva:

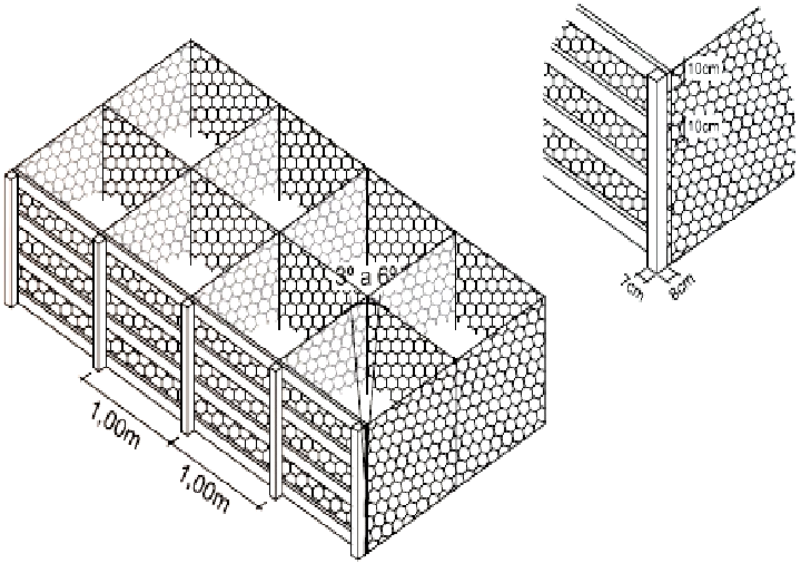
a) Posicionar os gabiões conforme a seção projetada, costurando-os entre si, em todas as arestas comuns, seguindo os critérios de amarração do item 4.3;

Ilustração:



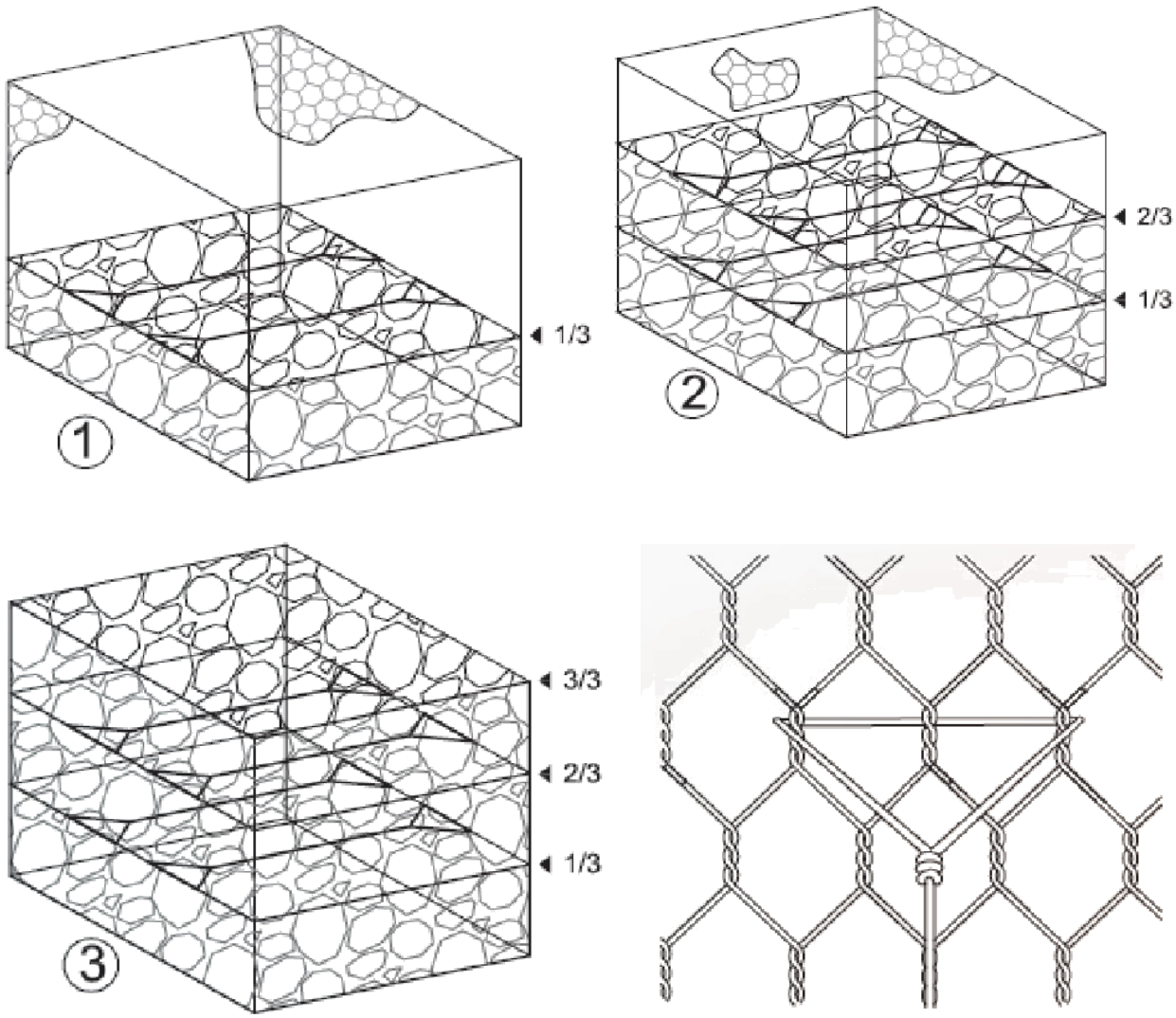
b) Posicionar os gabaritos de madeira para auxiliar no alinhamento das caixas e impor a inclinação de projeto, normalmente entre 3° e 6° para dentro do aterro a ser arrimado;

Ilustração:



c) Proceder o enchimento das caixas com as pedras, que deverão ser arrumadas manualmente evitando, ao máximo, os espaços vazios. Para caixas com altura de 1,00m, o enchimento deve ser feito em três etapas. A cada terço preenchido deve-se instalar tirantes, que são arames que atirantam a parede de verso com as de frente da caixa, aumentando a rigidez. Recomenda-se 4 tirantes por m². A amarração dos tirantes nas paredes deve envolver 2 malhas hexagonais (ver ilustração). Para caixa com altura de 0,50m, o enchimento deve ser feito em duas fases, com tirantes a meia altura. Nas extremidades do muro de arrimo podem ser instalados tirantes complementares para maior rigidez.

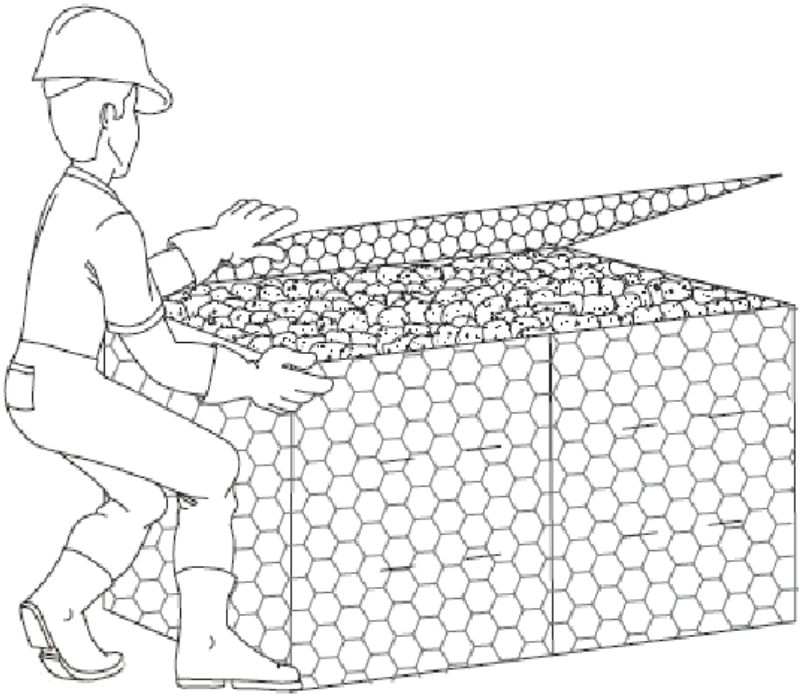
Ilustração:



d) Quanto a sequência de execução do muro de gabiões pode-se encher o primeiro terço de várias caixas adjacentes, desde que estejam devidamente pré-fixadas à camada ou fiada inferior, deixando-se a última camada vazia para facilitar a montagem da caixa seguinte. O enchimento do segundo e terceiro terços de uma caixa pode ser feito desde que a caixa adjacente esteja parcialmente cheia, ou seja, manter sempre um terço de defasagem da caixa vizinha.

e) A tampa da caixa será fechada em todos os bordos obedecendo os critérios de costura já citados.

Ilustração:



f) O geotêxtil e o filtro de areia de rio serão implantados na parede interna do muro de gabiões, entre este e o maciço arrimado.

5 PROTEÇÃO AMBIENTAL

A atividade passível de causar algum dano ambiental ligada à execução de gabiões para arrimo e proteção do corpo estradal é a produção de pedras de mão quando são oriundas de exploração de pedreira. O primeiro cuidado é com a localização da pedreira que não poderá ser em área de preservação ambiental. A exploração de pedreira exige o licenciamento de instalação do britador e licença de operação. A exploração da pedreira deverá ser planejada e executada de modo a possibilitar a recuperação ambiental da área ocupada, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1 Controle de materiais

A condição essencial é que os materiais atendam esta especificação e as especificações particulares e complementares contidas no projeto.

6.1.1 Malha hexagonal e arames

O fornecimento da malha hexagonal e arames para os gabiões deverá vir acompanhado do certificado de fábrica por lote de fabricação.

6.1.2 Pedras de Mão

O controle das pedras de mão deve ser efetuado por inspeção visual e testes expeditos com relação as dimensões das pedras e sua resistência a fragmentação.

6.2 Controle de execução

O controle da montagem e preenchimento das caixas será por inspeção visual, verificando-se os seguintes itens:

a) o posicionamento das pedras que deverá resultar na mínima percentagem de vazios entre elas;
b) o formato da gaiola que deverá ser de paralelepípedo retângulo;
c) o fechamento das arestas, feito com os fios de arame, conforme indicado no projeto ou manual do fabricante.

6.3 Controle das dimensões

As dimensões e o posicionamento do muro de gabiões serão verificados por medições geométricas a trenas, externamentes, conferindo-se as medidas do projeto e adotando-se uma tolerância de 10% para mais ou para menos por medida isolada.

6.4 Aceitação

Os serviços serão aceitos quando atendidas as especificações de materiais, o controle de execução e as dimensões projetadas.

7 MEDIÇÃO

A estrutura de gabião para arrimo de proteção do corpo estradal é medida pelo volume das caixas, em metros cúbicos, efetivamente montadas e concluídas, conforme o projeto.

A manta de geotêxtil quando indicada no projeto será medida pela área aplicada, em metros quadrados.

A areia de rio para o leito filtrante será medida pelo volume, em metros cúbicos, conforme projeto.

Os transportes dos materiais serão medidos pelo peso em toneladas na distância transportada em quilômetros de acordo com as fórmulas de transportes locais e comerciais aplicáveis.

8 PAGAMENTO

O pagamento será efetuado pelo preço unitário contratual para as quantidades medidas conforme o item 7, estando incluído nos preços todos os custos das etapas dos serviços, envolvendo o preparo do terreno que vai receber os

gabiões, bota-fora de eventuais materiais excedentes, fornecimento e transporte de materiais, equipamentos, ferramentas, mão de obra, encargos sociais, impostos, lucro e eventuais.

6 – ESPECIFICAÇÕES DE MEIO AMBIENTE

1 DEFINIÇÃO

A proteção acústica de áreas lindeiras à rodovia é um tratamento ambiental feito através da implantação de barreiras acústicas artificiais ou naturais, com o objetivo de impedir que o ruído proveniente do tráfego rodoviário alcance, de forma não reduzida, uma comunidade lindeira, em particular estabelecimentos que necessitam de silêncio nas suas atividades, tais como hospitais, escolas, laboratórios, indústria de precisão, etc.

2 CONCEITUAÇÃO ACÚSTICA

2.1 Poluição sonora

É o desconforto auditivo causado por níveis de som ou ruído considerados elevados pela legislação ambiental que estabelece os limites máximos de 70 dB(A) para o período diurno e de 60 dB(A) para o período noturno. A unidade dB(A) mede os decibéis na frequência da ponderação “A”, que é ouvida pelo sistema auditivo humano (entre 20 e 20.000 hertz). É de se notar que acima de 90 dB(A) os ruídos causam efeitos maléficos ao sistema auditivo que poderão gerar a perda da audição.

2.2 Isolamento sonoro

É a redução do som ou ruído de uma fonte sonora em pelo menos 25 dB(A) quando da passagem através de barreira acústica.

2.3 Barreira acústica

É o anteparo natural ou artificial, disposto ao longo da margem rodoviária, com o objetivo de impedir que o ruído proveniente do tráfego alcance uma comunidade lindeira de forma não reduzida. As barreiras acústicas podem ser

refletoras, absorventes ou altamente absorventes, em função do tipo de material de sua estrutura.

2.4 Reflexão sonora

É a parcela do som que retorna em direção à sua origem, quando encontra no seu percurso uma barreira acústica.

2.5 Transmissão sonora

É a parcela do som que transpõe a barreira, embora em parte reduzida.

3 MATERIAIS

3.1 Barreiras naturais

As barreiras acústicas naturais são constituídas do plantio de espécies vegetais arbóreas ou arbustivas, formando um anteparo do tipo absorvente do ruído proveniente do tráfego. O projeto indicará as espécies vegetais que comporão a barreira. Na região nordeste do Brasil há uma espécie que tem apresentado um bom desempenho que é o Sabiá do Campo (Mimosa Caesalpinaefolia Bendl), uma árvore de pequeno porte, com altura de 5m a 8m, possuindo acúleos (espinhos) nos ramos, folhas bipenadas, flores em espigas cilíndricas, crescem rapidamente até atingir 3m de altura, possui florescência branca que dura até 8 meses por ano, é resistente ao fogo e tem vida superior a 50 anos.

Para o plantio das espécies vegetais, recomenda-se consultar a especificação DER-ES-PCE 01/19 Proteção vegetal, que apresenta a forma de plantar, adubar e irrigar, além de uma gama de espécies arbóreas e arbustivas.

3.2 Barreiras artificiais

As barreias acústicas artificiais podem ser metálicas, de madeira, de alvenaria, de concreto e painéis de materiais transparentes. Muito usual são os painéis de alumínio recheados com fibra de vidro por apresentarem uma elevada absorção sonora.

4 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

Para as barreiras naturais, são utilizadas as ferramentas de plantação agrícola, constituídas de pás, picaretas, enxadas, escavadeiras manuais, podendo-se mecanizar a escavação das covas quando a topografia do terreno permitir.

Para as barreias artificiais, os equipamentos e as ferramentas variam com o tipo de material constituinte da barreira, sendo a montagem feita de forma manual.

5 EXECUÇÃO

Para a execução de barreira natural, o plantio das espécies obedece aos procedimentos agrícolas de plantação, adubação, correção do solo, irrigação e poda.

Para a execução de barreiras artificiais, o projeto definirá o tipo de material, a confecção das barreiras e a montagem

6 CONTROLE E CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

A inspeção final da barreira natural exige um prazo temporal de pelo menos 90 dias, onde ocorrerão as atividades de irrigação das espécies vegetais, a poda, a reposição de plantas, a limpeza, a adubação complementar e o crescimento das árvores e arbustos.

Para a barreira artificial a inspeção de aceitação se fará em função dos tipos de materiais utilizados e obedecerão ao exigido no projeto.

As barreiras acústicas serão aceitas quando a inspeção final indicar conformidade com as exigências do projeto.

7 MEDIÇÃO

O plantio de árvores e/ou arbustos da barreira natural será medido pela quantidade de espécies plantadas e efetivadas, com a germinação e o crescimento assegurados, conforme previsto no projeto.

A medição da barreira artificial será feita pela área executada e aprovada, em metros quadrados, conforme previsto no projeto.

8 PAGAMENTO

O pagamento será efetuado pelo preço contratual para as quantidades medidas conforme estabelecido no item 7, estando incluídos todas as etapas de execução, bem como aquisição de materiais, transportes, equipamentos, ferramentas, veículos, mão de obra, encargos sociais, impostos, lucro e eventuais.

1 DEFINIÇÃO

Tratamento de taludes com solos inconsistentes se aplica a taludes de cortes, quando neles ocorrem materiais instáveis que podem desmoronar e colocar em risco os usuários da rodovia. Geralmente tais situações ocorrem nos cortes em rochas fraturadas, em rochas decompostas ou em cortes mistos de solos com blocos de rochas.

Nesta especificação são consideradas a proteção do talude de corte por aplicação de uma tela e por aplicação de concreto projetado, podendo ou não o projeto indicar uma solução combinada dos dois tipos de proteção.

A proteção com concreto projetado ou gunitagem consiste na aplicação por jateamento com bombas hidráulicas de um concreto fino feito com areia + cimento + pedrisco (gunita)

A proteção com tela, que pode ser metálica ou plástica, esta última feita de polímeros de alta resistência e pouco suscetíveis ao fogo, consiste na aplicação de telas sobre a superfície do talude, fixadas por meio de grampos chumbados nas fendas ou outra forma de fixação.

2 MATERIAIS

2.1 Telas metálicas ou plásticas

A proteção de talude com solos inconsistentes através de tela envolve a própria tela cuja aplicação deve obedecer as recomendações do catálogo do fabricante, os grampos de aço para fixação nas fendas que deverão obedecer a especificação SOP-ES-OAE 03/19 (Armaduras para concreto armado) e o concreto de chumbamento que deverá obedecer a especificação SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas).

2.2 Concreto projetado

Os materiais para a proteção de talude por jateamento de concreto deverão obedecer a especificação SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas). As proporções dos materiais no traço do concreto fino serão definidas pelo projeto.

3 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos para a proteção de talude com solos inconsistentes dependem das condições do local de sua aplicação. De um modo geral são constituídos de:

a) equipamentos de sinalização de advertência de obras, quando o serviço é feito em rodovia com tráfego;
b) ferramentas manuais tipo pás, enxadas, picaretas, trados, etc;
c) plataforma de madeira e escoramento para o trabalho de operários;
d) betoneira ou caminhão betoneira;
e) equipamento bombeador/jateador de concreto;
f) caminhão guindaste;
g) caminhão de carroceria fixa

4 EXECUÇÃO

Antecedendo a solução a ser aplicada deverá haver um estudo geológico/geotécnico da encosta de onde resultou o talude e desenvolvido o projeto com a solução mais apropriada para a proteção contra solos inconsistentes.

4.1 Proteção com tela

Inicialmente o talude deverá ser limpo, regularizado e removido os blocos soltos de pedras aparentes. Esta operação exige cuidados especiais devido

aos riscos de acidentes com a própria mão de obra e, no caso de rodovia com tráfego, com os seus usuários, devendo-se ter o auxílio da polícia rodoviária.

Concluída a limpeza do talude, deve-se executar uma valeta ao longo da crista do corte, 40cm de largura e 20cm de profundidade, para receber a primeira linha de grampos e fixar a parte superior da tela. As telas vêm acondicionadas em bobinas. A aplicação inicia-se pelo topo do talude, isto é, parte-se da crista do talude (ou encosta) desenrolando-se a bobina da tela no sentido de montante para jusante. Os grampos de fixação já devem estar implantados no talude para o engate com a tela e assim se proceder ao emolduramento dos blocos de rochas instáveis. Os transpasses laterais entre panos das telas devem ser de 20 a 30cm de sobreposição. O transpasse longitudinal, se houver, deve ser de 50cm, devendo o amarrilho entre duas telas ter largura de, no mínimo, 30cm na área do transpasse longitudinal.

A fixação da tela será feita com grampos de aço de tamanhos e formas variáveis, definidos em projeto, sendo esta fixação preponderante para a performance do produto final.

4.2 Proteção com concreto projetado

A preparação do talude é idêntica à da proteção com tela.

Concluída a limpeza do talude, faz-se o jateamento do concreto fino, com o equipamento apropriado, numa espessura média de 5cm ou outra indicada no projeto.

Dependendo das condições geotécnicas do solo, pode-se associar a aplicação de tela com o concreto projetado. A tela neste caso deverá ser com malha de 5 a 20cm e fios de 3 a 5mm. A fixação da tela ao talude é feita por grampos ou

chumbadores que por sua vez são fixados com o uso de marretas ou mesmo chumbadores especiais rosqueados.

5 CONTROLE E CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO

A condição essencial é que sejam atendidas esta especificação e as especificações particulares e complementares do projeto.

5.1 Materiais

A areia, o pedrisco, o cimento e a água que comporão o concreto fino a ser jateado deverão atender ao exigido na especificação SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas).

Os grampos de aço para fixação da tela deverão atender ao exigido na especificação SOP-ES-OAE 03/19 (Armaduras para concreto armado).

A tela e seus acessórios deverão atender as especificações contidas no catálogo do fabricante.

A proteção de talude que não atender as especificações aqui estabelecidas não será aceita e deverá ser refeita, todos os ônus para o construtor.

6 MEDIÇÃO

O tratamento de taludes com solos inconsistentes será medido pela área em metros quadrados de concreto projetado e pela área em metros quadrados de tela aplicada, estando incluídas as peças de fixação da tela no talude e a valeta na crista do corte para a primeira linha de fixação da tela.

A limpeza e regularização do talude será medido pela área, em metros quadrados, conforme o projeto.

7 PAGAMENTO

O pagamento do tratamento de taludes com solos inconsistentes será feito pelos preços contratuais de cada serviço, medido conforme o item 6, estando incluídos todas as etapas de execução, materiais, transportes, equipamentos, ferramentas, mão de obra, encargos sociais, impostos, lucro e eventuais.

CERCA DE TELA PARA PROTEÇÃO DA FAUNA

1 DEFINIÇÃO

Cerca de tela para a proteção da fauna é o tratamento ambiental necessário em corredores ecológicos atravessados por rodovia, visando-se evitar a travessia dos animais sobre a plataforma estradal, com riscos de atropelamento e de acidente rodoviário.

A cerca de tela é feita com arame galvanizado, com as dimensões da malha definida em projeto, em função do tamanho das espécies de animais silvestres do corredor ecológico, associando-se ainda no sopé da cerca placas pré-moldadas de concreto, ou fibra de vidro, com 0,30m de altura, para impedir a passagem de animais menores. A altura externa total da cerca é de 2,00m (1,70 de tela + 0,30m de placa).

A cerca de tela é sustentada por estacas de concreto armado com as dimensões definidas em projeto, inclusive o comprimento a ser enterrado. A amarração da tela nas estacas é feita com fios de arame também galvanizados. O espaçamento entre estacas é definido pelo projeto, em função do comprimento das placas pré-moldadas.

Nos corredores ecológicos com cerca de tela, a transposição dos animais se fará através de obras de arte correntes (bueiros), obras de arte especiais (pontes) ou por passagens subterrâneas construídas exclusivamente com essa finalidade.

A vegetação arbustiva ou de capim ou de leguminosas no sopé da cerca de tela é benéfica porque favorece o bloqueio de animais. A vegetação nas margens laterais da pista de rolamento e taludes de aterro é maléfica porque impede o motorista de ver um animal que possa invadir a rodovia.

2 MATERIAIS

Os materiais constituintes das telas de arame galvanizado, as estacas de concreto armado e as próprias placas pré-moldadas de concreto ou de fibras de vidro são de fácil obtenção no comércio, devendo vir acompanhadas dos seus catálogos técnicos do fabricante, contendo as características especificadas para os materiais.

3 FERRAMENTAS

A montagem da cerca de tela de arame galvanizado é feita manualmente. Para a implantação das estacas e da tela são utilizados trado, pás, enxadas, picaretas, marretas, torquês, etc.

4 EXECUÇÃO

4.1 Limpeza da faixa de implantação da cerca de tela

Antes da implantação da cerca de tela, deverá ser feita a limpeza de uma faixa com 2,00m de largura que consistirá do desmatamento e destocamento dos vegetais e remoção dos obstáculos à implantação da cerca.

4.2 Implantação da cerca de tela

As estacas serão cravadas na profundidade estabelecida pelo projeto, mantendo-se o correto alinhamento e o reaterro da fundação muito bem compactado para não sofrer deslocamentos. A fixação da tela às estacas deverá obedecer ao projeto, devendo a tela ficar estirada, sem folgas que permitam a passagem de animais. Nas curvas ou deflexões as estacas deverão ser escoradas por peças de concreto ou ancoradas em contrafortes por fios também galvanizados.

5 CONTROLE E CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO

A condição essencial é que sejam atendidas esta especificação e as especificações particulares e complementares do projeto.

5.1 Materiais e controle de execução

As estacas de concreto armado deverão obedecer às especificações SOP-ES-OAE 02/19 (Concretos e argamassas) e SOP-ES-OAE 03/19 (Armadura para concreto armado), com a resistência do concreto estabelecida em projeto.

A tela de arame galvanizado e os fios de amarração nas estacas deverão obedecer às especificações do catálogo do fabricante.

As placas pré-moldadas de concreto ou de fibra de vidro deverão obedecer também às especificações do catálogo do fabricante e as exigências do projeto.

A cerca de tela para proteção da fauna que não atender as especificações aqui estabelecidas não será aceita e deverá ser refeita, todos os ônus para o construtor.

6 MEDIÇÃO

A cerca de tela para proteção da fauna será medida pela extensão executada, em metros lineares, de acordo com o projeto e esta especificação

7 PAGAMENTO

O pagamento da cerca de tela para proteção da fauna será feito pelo preço contratual do serviço, medido conforme o item 6, estando incluídos todas as etapas de execução, limpeza da faixa, materiais, transportes, ferramentas, mão de obra, encargos sociais, impostos, lucro e eventuais.

7 – ESPECIFICAÇÕES CONTROLE ESTATÍSTICO

1 DEFINIÇÃO

Adotou-se o procedimento DNER-PRO 277/97 (Metodologia para controle estatístico de obras e serviços) aplicável ao controle das obras e serviços contidos nas especificações da SOP/CE, com exceção das obras de arte especiais e pavimentos de concreto de cimento Portland que deverão obedecer à norma ABNT-NBR 12.655/2015 (Preparo, controle e recebimento de concreto).

O PRO 277 adota as seguintes definições:

- Amostra – número finito de observações selecionadas pertencente a um universo ou população de dados;
- Plano de amostragem – critérios utilizados para a formação de amostras de um lote;
- Risco – probabilidade de ocorrer falha ou ação externa, que determine perda;
- Defeito – falta de conformidade com qualquer dos requisitos especificados, ou condições estabelecidas em normas técnicas.

2 CONDIÇÕES GERAIS

São os riscos e os níveis de qualidade que a SOP-CE e a construtora ou executante estão dispostos a assumir, em função do tamanho da amostragem, considerando-se que os dados serão obtidos aleatoriamente e obedecem a uma distribuição normal da população.

Nesta metodologia são adotados os seguintes riscos ou probabilidades e os seguintes níveis de qualidade:

α = risco ou probabilidade para o executante de rejeição de um serviço de boa qualidade. O valor de α varia com o número de amostras;

β = risco ou probabilidade para a SOP-CE de aceitação de um serviço de má qualidade. O risco é de 10% (β = 0,10) para todas as obras;

p_1 = nível de qualidade aceitável pela SOP-CE ou % de defeitos máxima admitida em um serviço de boa qualidade. A quantidade máxima aceitável de defeitos é de 5% (p_1 = 0,05) para todas as obras;

p_2 = nível de qualidade inaceitável pela SOP-CE ou % mínima de defeitos de um serviço considerado de má qualidade. O serviço é inaceitável com 30% ou mais de defeitos (p_2 = 0,30) para obras de drenagem e com 25% ou mais de defeitos (p_2 = 0,25) para as demais obras (exceto O.A.Especiais e pavimentos de concreto que são regidos pela ABNT).

3 FORMULÁRIO ESTATÍSTICO

3.1 – Variável aleatória (VA)

$$VA = \overline{X} \pm KS$$

Sendo: $\overline{X} = \dfrac{\Sigma xi}{n}$ (média aritmética)

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma\,(Xi - \overline{X})^2}{n - 1}} \quad \text{(desvio padrão)}$$

$$K = \frac{Z\alpha \,.\, Z_2 + Z\beta \,.\, Z_1}{Z\alpha + Z\beta} \quad \text{(coeficiente)}$$

Os valores Z são obtidos na tabela da distribuição normal e são correspondentes a:

$Z\alpha$ = risco do executante, é variável com o número de amostras n;

$Z\beta$ = risco da SOP (10%): $\beta = 0{,}10 \Rightarrow Z\beta = 1{,}28$;

Z_1 = aceitação do serviço com até 5% defeituoso (p_1 = 0,05) $\Rightarrow$ Z_1 = 1,64;

Z_2 = rejeição de um serviço com no mínimo 30% defeituoso (p_2 = 0,30) $\Rightarrow$ Z_2 = 0,63 para drenagem e no mínimo 25% defeituoso (p_2 = 0,25) $\Rightarrow$ Z_2 = 0,67 para os demais serviços

.

$$n = \left(1 + \frac{K^2}{2}\right) x \left(\frac{Z\alpha + Z\beta}{Z_1 - Z_2}\right)^2 \quad \text{(tamanho da amostra)}$$

4 TABELAS DO PLANO DE INSPEÇÃO

4.1 – Serviços e obras de drenagem

n	5	6.	7	8	9	10	11	12	13	15
k	1,32	1,26	1,15	1,14	1,05	1,03	0,99	0,97	0,95	0,92
α	0,30	0,25	0,16	0,15	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k = coeficiente multiplicador; α = risco do executante										

4.2 Demais serviços: terraplenagem, pavimentação (sem placas de concreto), obras complementares, sinalização e proteção do corpo estradal.

n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n° de amostras; k = coeficie multiplicador; α = risco do executante														

5 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO/REJEIÇÃO

5.1 – Para o valor mínimo

- Se $\overline{X} - Ks <$ valor mínimo admitido: rejeita-se o serviço;

- Se $\overline{X} - Ks \geq$ valor mínimo admitido: aceita-se o serviço;

5.2 – Para o valor máximo

- Se $\overline{X} + Ks >$ valor máximo admitido: rejeita-se o serviço;
- Se $\overline{X} + Ks \leq$ valor máximo admitido: aceita-se o serviço;

5.3 – Para o valor admitido entre um valor mínimo e um valor máximo

- Se $\overline{X} - Ks <$ valor mínimo admitido ou $\overline{X} + Ks >$ valor máximo admitido: rejeita-se o serviço;
- Se $\overline{X} - Ks \geq$ valor mínimo admitido e $\overline{X} + Ks \leq$ valor máximo admitido: aceita-se o serviço.

Nota: por este controle estatístico, a tolerância a mais que tradicionalmente se aceitava para o caso do suporte CBR, devido aos 4 dias de embebeção do corpo de prova, deixou de existir.

1 DEFINIÇÃO

O controle estatístico de obras de arte especiais e pavimentos de concreto obedece aos critérios da norma ABNT-NBR 8.953/2015, conforme foi definido na especificação SOP-ES-CE 01/19 (Controle estatístico de obras e serviços).

2 CONDIÇÕES GERAIS

O controle aqui referido é o controle estatístico dos resultados dos ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos de concretos que tenham uma determinada resistência à compressão estabelecida no projeto como mínima a ser alcançada.

Os corpos de prova de uma amostra são coletados e moldados aos pares no mesmo ato, e rompidos com a mesma idade, devendo-se considerar apenas o resultado da amostra com o maior valor da resistência.

A maneira de se calcular o valor mínimo estatístico de uma população com a mesma resistência à compressão característica de projeto é função do número de amostras e também da condição de preparo do concreto no tocante à precisão com que se mede o cimento, os agregados e a água de amassamento na execução do traço de concreto. O método estabelece três condições, a saber:

- condição A – aplicável a todas as classes de concreto: cimento e agregados medidos pelo peso e a água medida pelo peso ou volume, corrigido em função da umidade determinada dos agregados;

- condição B – aplicável às classes C10 à C20 (10MPa à 20 MPa): cimento medido em peso, agregados medidos em volumes, guardando de alguma forma no canteiro de obra uma correlação com os pesos desses agregados, e a água medida em volume corrigido pela umidade estimada dos agregados;

- condição C – aplicável apenas aos concretos de classe C10 e C15 (10MPa e 15MPa): cimento medido em peso, agregados medidos em volume e água medida em volume corrigido pela umidade estimada dos agregados.

3 FORMULÁRIO ESTATÍSTICO

3.1 – Número de amostras inferior a 20

As amostras f são numeradas em ordem crescente, da menor resistência (f_1) para a maior resistência (fm).

A resistência à compressão pode sofrer correções através do fator Ψ, tabelado conforme o número de amostras da população e da condição de execução do traço de concreto.

TABELA DE CORREÇÃO Ψ DA RESISTÊNCIA

CONDIÇÃO DE REPARO	NÚMERO n DE AMOSTRAS / VALORES DE Ψ										
	2	3	4	5	7	8	9	10	12	14	≥16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02

3.1.1 Até 5 amostras ($f_1 + f_2 + ... fm$)

f_{ck}. est. = Ψ . f_1

3.1.2 De 6 a 19 amostras ($f_1 + f_2 + ... + fm$)

m no máximo igual a 19

$$f_{ck}\ .\ est. = 2\ x\ \frac{f_1 + f_2 + \ldots + f(m - 1)}{n/2 - 1} - fm$$

Quando o número de amostras for ímpar despreza-se a maior resistência à compressão, passando-se a ter um número par de amostras.

Para concretos de fck superior à 50 MPa, o número mínimo de amostras é 12 (doze)

O valor de fck. est. não pode ser inferior a Ψ. f_1, sendo Ψ dado pela tabela em função do número de amostras.

3.2 Número de amostras igual ou superior a 20

Fck. est. = $\overline{f}$ – 1,65 s

Sendo: = $\overline{f}$ resistência média das amostras;

s = desvio padrão

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma\ (f_i - \overline{f})^2}{n - 1}}$$

4 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO/REJEIÇÃO

A resistência à compressão estatística mínima terá que ser igual ou superior a resistência estabelecida no projeto. Tal fato não acontecendo o serviço será rejeitado, devendo as peças de concreto serem demolidas e substituídas, todos os ônus para o construtor.

SOP-CE | SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

Av. Alberto Craveiro, 2775 Térreo | Castelão | Fortaleza/CE
CEP: 60.861-211 | CNPJ: 33.866.288/0001-30
Horário de Atendimento: 08 às 17 Horas
Contato: (85) 3108.2800 / 2801
Disponível no site: www.sop.ce.gov.br

VOLUME 4

ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA SERVIÇOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

Anexos

SOP-CE | SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria das Cidades

EXPEDIENTE

Camilo Santana
Governador

Zezinho Albuquerque
Secretário das Cidades

Francisco Quintino Vieira Neto
Superintendente da SOP

Ilo Santiago
Superintendente Adjunto de Rodovias

Celso Lelis
Superintendente Adjunto de Edificações

Walter Batista
Assessor de Controle Interno e Ouvidoria

Mayana Freitas
Assessora Jurídica

Ana Flávia Gomes
Assessoria de Comunicação

Hermano Zenaide Filho
Diretor de Engenharia Rodoviária

Sérgio Azevedo
Diretor de Infraestrutura Rodoviária e Aeroportuária

Aline Cordeiro
Diretora de Projetos de Edificações

Cláudio Brito
Diretor de Engenharia de Edificações

Silvio Campos
Diretor de Articulação Técnica e Obras Especiais

Arnoudo Alves
Diretor de Planejamento e Gestão

3ª EDIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA SERVIÇOS E OBRAS RODOVIÁRIAS

CRÉDITOS

Gerência
Geólogo Francisco Quirino Rodrigues Ponte
Coordenador do Programa BID

Comissão Fiscalizadora
Engenheiro Civil Galdino Lins Ribeiro
Geológo José Furtado Pinto
Engenheiro Civil Roberto Xavier de Lima
Engenheira Civil Larissa Augusto e Silva

Redação
Engenheiro Civil Hermano Zenaide Filho

Colaboração/Diagramação
Engenheiro Civil Daniel Zenaide
Publicitário Diego Castelo Branco

CAPÍTULOS

VOLUME 1
NOTAS INTRODUTÓRIAS
INSTRUÇÕES GERAIS DE OBRAS
T – TERRAPLENAGEM
D – DRENAGEM
OAC – OBRAS DE ARTE CORRENTES

VOLUME 2
P – PAVIMENTAÇÃO

VOLUME 3
OAE – OBRAS DE ARTE ESPECIAIS
OC – OBRAS COMPLEMENTARES
S – SINALIZAÇÃO
PCE – PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL
MA – MEIO AMBIENTE
CE – CONTROLE ESTATÍSTICO DE OBRAS E SERVIÇOS

VOLUME 4
ANEXOS

ÍNDICE | VOLUME 4

1 – APRESENTAÇÃO.....4

2 – ANEXOS.....5
Anexo I – Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo.....6
Anexo II – Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo Modificados por polímero elastoméricos.....8
Anexo III – Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo modificados por borracha moída de pneus e asfalto de baixa penetração.....9
Anexo IV – Especificações para Asfaltos Diluídos de Petróleo de Cura Rápida (ADP-CR).....10
Anexo V – Especificações para Asfaltos Diluídos de Petróleo de Cura Média (ADP-CM).....11
Anexo VI – Especificações das Emulsões Asfálticas para Pavimentação.....12
Anexo VII – Especificações das Emulsões Asfálticas Catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos.....14
Anexo VIII – Determinação do resíduo asfáltico por evaporação – método expedito para canteiro de obras.....15
Anexo IX – Determinação expedita da resistência à água (adesividade) sobre agregados Graúdos.....18
Anexo X – Cálculo da superfície específica de um agregado – Fórmula de Vogt (adaptada da 1ª fórmula de Duriez).....24
Anexo XI – Determinação da densidade aparente de mistura betuminosa (DNER-ME 117/94).....26
Anexo XII – Ensaio Marshall para mistura betuminosa a frio com Emulsão Asfáltica.....30
Anexo XIII – Exemplo numérico de dosagem Marshall para PMF denso (de apostilas de aula do Prof. Humberto Santana).....35
Anexo XIV – Exemplo numérico de critério Marshall para mistura a quente (de apostilas de aula do Prof. Humberto Santana).....41
Anexo XV – Ensaio de desgaste por abrasão para lamas asfálticas (The wet track abrasion test – WTAT).....43
Anexo XVI – Ensaio acelerado de adesividade com agregado graúdo e miúdo – Ensaio expedito.....46
Anexo XVII – Determinação da forma de agregado graúdo pela percentagem de grãos defeituosos.....49
Anexo XVIII – Roteiro para o projeto de mistura asfáltica a frio.....50
Anexo XIX – Roteiro para projeto de mistura asfáltica tipo macadame a quente e a frio.....52

APRESENTAÇÃO

Com o objetivo de atualizar e aprimorar a tecnologia rodoviária no Estado do Ceará, a Superintendência de Obras Públicas (SOP-CE) tem a satisfação de apresentar esta 3ª Edição das Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias, que foram revistas, atualizadas e complementadas a partir da 2ª edição publicada no ano de 2000.

O trabalho de revisão, atualização e complementação das especificações gerais teve início no antigo Departamento Estadual de Rodovias (DER-CE), como parte do Programa Viário de Integração e Logística – Ceará IV, implementado pelo Governo Estadual através do Empréstimo 3395/OC – BR, firmado com o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) no ano de 2019, na gestão do Engenheiro José Sérgio Fontenele de Azevedo, e foi concluído e editado pela Superintendência de Obras Públicas, que incorporou e sucedeu ao DER-CE.

A revisão das especificações foi realizada por uma equipe de alto nível, composta por engenheiros servidores do Estado, de consultoras e de construtoras, através do contrato nº 060/2018, firmado entre SOP-CE/DER-CE e a Consultora de Engenharia HMD Ltda. Os trabalhos foram gerenciados pelo Geólogo Francisco Quirino Rodrigues Ponte, coordenador do Programa BID, tendo como comissão fiscalizadora os servidores públicos Engenheiro Civil Galdino Lins Ribeiro, o Geológo José Furtado Pinto e o Engº Civil Roberto Xavier de Lima. A Engenheira Civil Larissa Augusto Silva também prestou valorosa e determinante contribuição para a elaboração deste documento.

Apresenta-se neste Volume 4, os Anexos das Especificações Gerais para Serviços e Obras Rodoviárias.

Engº Civil Francisco Quintino Vieira Neto
Superintendente da SOP/CE

2 – ANEXOS

ANEXO I – ESPECIFICAÇÕES DOS CIMENTOS ASFÁLTICOS DE PETRÓLEO

Tabela A2: Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) – classificação por penetração. Resolução nº 19 de 11 de julho de 2005 da ANP – Regulamento técnico ANP nº 03/2005.

Características	Unid.	Limites				Métodos	
		CAP 30/45	CAP 50/70	CAP 85/100	CAP 150/200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1mm	30 a 45	50 a 70	85 a 100	150 a 200	NBR 6576	D 5
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	52	46	43	37	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt Furol	s					NBR 14950	E 102
a 135ºC, mín.		192	141	110	80		
a 150ºC, mín.		90	50	43	36		
a 177ºC		40 -150	30 -150	15-60	15-60		
Ou							
Viscosidade Brookfield	cP					NBR 15184	D 4402
a 135ºC, SP 21, 20rpm, mín.		374	274	214	155		
a 150ºC, SP 21, mín.		203	112	97	81		
a 177ºC, SP 21		76-285	57-285	28-114	28-114		
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST)(1)		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)		
Ponto de fulgor, mín.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	60	60	100	100	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 5min	D 2872						
Variação em massa, máx.(2)	% massa	0,5	0,5	0,5	0,5		
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	10	20	50	50	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	8	8	8	8	NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín.(3)	%	60	55	55	50	NBR 6576	D 5

Tabela A1: Especificações dos Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) – classificação por viscosidade, Portaria N° 2, DNC/1993

CARACTERÍSTICAS	UNID.	VALORES			MÉTODOS	
		CAP-7	CAP-20	CAP-40	ABNT	ASTM
Viscosidade a 60^{0}C	P	700 a 1500	2000 a 3000	4000 – 80000	MB-827	D 2171
Viscosidade Saybolt-Furol A 135^{0}C (*)	s	100 mín.	120 mín.	170 mín.	MB-517	D-102 D 2170 e D-2161
A 177^{0}C (*)	s	15 a 60	30 a 150	40 a 150		
Efeito do calor e do ar (EAC) a 163^{0}C por 5 h Variação em massa	%	1,0 máx.	1,0 máx.	1,0 máx.	MB-425	D 1754
Relação de viscosidade (**)		4,0 máx.	4,0 máx.	4,0 máx.		
Ductilidade a 25^{0}C	cm	50 mín.	20 mín.	10 mín.	MB-167	D 113
Índice de Suscetibilidade térmica (***)		(-1,5) a (1+)	(-1,5) a (+1)	(-1,5) a (+1)		
Penetração normal 100g, 5s, 25^{0}C	0,1mm	90 mín.	50 mín.	30 mín.	MB-107	D 5
Ponto de Fulgor	^{0}C	220 mín.	235 mín.	235 mín.	MB-50	D 92
Solubilidade no tricloroetileno	% massa	99,5 mín.	99,5 mín.	99,5 mín.	MB-166	D 2042

ANEXO I – ESPECIFICAÇÕES DOS CIMENTOS ASFÁLTICOS DE PETRÓLEO

Observações:

CAP – Classificação por penetração

(1) O índice de suscetibilidade térmica é obtido a partir da seguinte equação:
IST = [(500) (log PEN) + (20) (TºC) 1951] / [120 (50) (log PEN) + (TºC)]
onde: (TºC) = Ponto de amolecimento
PEN = penetração a 25°C, 100g, 5s.

(2) A variação em massa, em porcentagem, é definida como:
M= (M inicial – M final)/ M inicial x 100
onde: M inicial massa antes do ensaio RTFOT; M final massa após o ensaio RTFOT

(3) A penetração retida é definida como:
PEN retida = (PEN final / PEN inicial) x 100
onde: PEN inicial penetração antes do ensaio RTFOT; PEN final penetração após o ensaio RTFOT

CAP – Classificação por viscosidade

(*) Permitida sua determinação pelo Método ASTM D 2170 e sua posterior pelo Método ASTM D 2161

(**) Relação Viscosidade = $\frac{\text{VISC. a } 60^0\text{C (poise) depois EAC}}{\text{VISC. a } 60^0\text{C (poise) antes EAC}}$

(***) Índice de Suscetibilidade = $\frac{(500)(\text{LOG PEN}) + (20)\ (+^0\text{C}) - 1951}{120\text{-}(50)\ (\text{LOG PEN}) + t^0\text{C})}$

onde (t^0C) = Ponto de amolecimento, MB-164 (ver tabela anexa)

Nota: O produto não deve produzir espuma quando aquecido a 175^{0}C.

ANEXO II – ESPECIFICAÇÕES DOS CIMENTOS ASFÁLTICOS DE PETRÓLEO MODIFICADOS POR POLÍMEROS ELASTOMÉRICOS

Tabela A2: Especificações dos cimentos asfálticos de petróleo modificados por polímeros elastoméricos. Resolução nº 32 de 21 de setembro de 2010 da ANP – Regulamento técnico ANP nº 04/2010.

Grau (ponto de amolecimento, mín./recuperação elástica, mín.)		55/75-E	60/85-E	65/90-E
Ensaios na amostra virgem:	**Métodos**	**Limite de especificação**		
Penetração 25°C, 5s, 100g, dmm	NBR 6576	45-70	40-70	40-70
Ponto de amolecimento mín., °C	NBR 6560	55	60	65
Viscosidade Brookfield a 135°C, spindle 21, 20 rpm, máx., cP	NBR 15184	3000	3000	3000
Viscosidade Brookfield a 150°C, spindle 21, 50 rpm, máx., cP	NBR 15184	2000	2000	2000
Viscosidade Brookfield a 175°C, spindle 21, 100 rpm, máx., cP	NBR 15184	1000	1000	1000
Ensaio de separação de fase, máx., °C	NBR 15166	5	5	5
Recuperação elástica a 25°C, 20cm, mín., %	NBR-15086	75	85	90
Ensaios no resíduo do RTFOT				
Variação de massa, máx., %	ASTM D 2872	1	1	1
Variação do PA, °C, máx.	NBR 6560	-5 a +7	-5 a +7	-5 a +7
Porcentagem de penetração original, mín.	NBR 6576	60	60	60
Porcentagem de recuperação elástica original a 25°C, mín.	NBR 15086	80	80	80

ANEXO III – ESPECIFICAÇÕES DOS CIMENTOS ASFÁLTICOS DE PETRÓLEO MODIFICADOS POR BORRACHA MOÍDA DE PNEUS E ASFALTO DE BAIXA PENETRAÇÃO

Tabela A3: Especificações dos cimentos asfálticos de petróleo modificados por borracha moída de pneus, tipo terminal blend. Resolução nº 39 de 24 de dezembro de 2008 da ANP – Regulamento técnico ANP nº 05/2008.

Características	Métodos	AB8	AB22
Penetração 25°C, 5s, 100g, dmm	NBR 6576	30 - 70	30 - 70
Ponto de amolecimento mín., °C	NBR 6560	50	55
Viscosidade Brookfield a 175°C, spindle 3, 100 rpm, máx., cP	NBR 15529	800 - 2000	2200 - 4000
Ponto de fulgor, mín., °C	NBR 11341	235	235
Recuperação elástica no ductilômetro 25°C, 10cm, mín., %	NBR 15086	50	55
Recuperação elástica no torciômetro 25°C, 30cm, mín., %	NLT 329*	50	55
Ensaios no resíduo do RTFOT			
Variação de massa, máx., %	NBR 15235	1,0	1,0
Variação do PA, °C, máx.	NBR 6560	10	10
Porcentagem de penetração original, mín.	NBR 6576	55	55
Porcentagem de recuperação elástica original a 25°C, mín.	NBR 15086	100	100

Tabela A4: Proposta IBP/ABNT de especificação do asfalto de baixa penetração

Ensaio	Norma	Especificação
Penetração (100g, 5s, 25°C), 0,1mm	NBR-6576	15 - 30
Ponto de amolecimento, °C	NBR-6560	61 mínimo
Viscosidade Brookfield, – 135°C – spindle 21, cP	NBR-14184	600 - 3000
Viscosidade Brookfield, – 150°C – spindle 21, cP	NBR-14184	300 mínimo
Viscosidade Brookfield, – 177°C – spindle 21, cP	NBR-14184	145 mínimo
Ponto de fulgor, °C	NBR-11341	230 mínimo
Densidade relativa, 20/4°C	ASTM D 70	ANOTAR
Aquecimento a 177°C	X 215	Não espuma

ANEXO IV – ESPECIFICAÇÕES PARA ASFALTOS DILUÍDOS DE PETRÓLEO DE CURA RÁPIDA (ADP – CR)

Tabela A5: Especificações para asfaltos diluídos de petróleo (ADPs) de cura rápida. Resolução nº 30 de 9 de outubro de 2007 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 02/2007

Características	Métodos		Tipos de CR	
	ABNT	ASTM	CR-70	CR-250
No ADP				
Água, %volume, máx.	NBR 14236	D 95	0,2	0,2
Viscosidade cinemática, cSt, 60°C	NBR 14756	D 2170	70-140	250-500
Viscosidade Saybolt-Furol, s			–	–
50°C	–	–	60-120	–
60°C			–	125-250
Ponto de fulgor (V.A. Tag), mín.	NBR 5765	D 3143	–	27
Destilação até 360°C, % volume total destilado, mín.				
190°C			10	–
225°C	NBR 14856	D 402	50	35
260°C			70	60
316°C			85	80
Resíduo, 360°C, % volume mín.			55	65
No resíduo da destilação				
Viscosidade, 60°C (2)	NBR 5847	D 2171	600-2400	600-2400
Betume, % massa, mín. (2)	NBR 14855	D 2042	99,0	99,0
Ductilidade, 25°C, cm, mín. (1) (2)	NBR 6293	D 113	100	100

(1) Se a ductilidade obtida a 25°C for menor do que 100cm, o ADP estará especificado se a ductilidade a 15,5°C for maior do que 100cm.

(2) Ensaios realizados no resíduo da destilação.

ANEXO V – ESPECIFICAÇÕES PARA ASFALTOS DILUÍDOS DE PETRÓLEO DE CURA MÉDIA (ADP – CM)

Tabela A6: Especificações para asfaltos diluídos de petróleo (ADP) de cura média. Resolução nº 30 de 9 de outubro de 2007 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 02/2007

Características	Métodos		Tipos de CM	
	ABNT	ASTM	CM-30	CM-70
No ADP				
Água, % volume, máx.	NBR 14236	D 95	0,2	0,2
Viscosidade cinemática, cSt, 60°C	NBR 14756	D 2170	30-60	70-140
Viscosidade Saybolt-Furol, s			–	–
25°C			75-150	–
50°C			–	60-120
Ponto de fulgor, (V.A. Tag),°C mín.	NBR 5765	D 3143	38	38
Destilação até 360°C, % volume total destilado, mín.				
225°C	NBR 14856	D 402	25	20
260°C			40-70	20-60
316°C			75-93	65-90
Resíduo, 360°C, % volume mín.			50	55
No resíduo da destilação				
Viscosidade, 60°C(2)	NBR 5847	D 2171	300-1200	300-1200
Betume, % massa, mín.(2)	NBR 14855	D 2042	99,0	99,0
Ductilidade, 25°C, cm, mín.(1) (2)	NBR 6293	D 113	100	100

(1) Se a ductilidade obtida a 25°C for menor do que 100cm, o asfalto diluído estará especificado se a ductilidade a 15,5°C for maior do que 100cm.

(2) Ensaios realizados no resíduo da destilação.

ANEXO VI – ESPECIFICAÇÕES DAS EMULSÕES ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTAÇÃO

Tabela A7: Especificações das emulsões asfálticas para pavimentação. Resolução nº 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 06/2012

Característica	Unid.	Limite									Método[1]	
		Ruptura rápida		Ruptura média		Ruptura lenta				Ruptura controlada	ABNT NBR	ASTM
		RR-1C	RR-2C	RM-1C	RM-2C	RL-1C	LA-1C	LAN	EAI	LARC		
Ensaio para a emulsão												
Viscosidade Saybolt-Furol a 25ºC, máx.	s	90	–	–	–	90	90	90	90	90	14491	D244
Viscosidade Saybolt-Furol a 50ºC	s	–	100 a 400	20 a 200	100 a 400	–	–	–	–	–	14491	D244
Sedimentação, máx.	% m/m	5	5	5	5	5	5	5	10	5	6570	D6930
Peneiração (0,84mm), máx.	% m/m	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	14393	D6933
Resistência à água (cobertura), mín.[2]	%	80	80	80	80	80	–	–	–	–	14249	D244
Adesividade em agregado miúdo, mín.	%	–	–	–	–	–	75	–	–	75	14757(3)	–
Carga da partícula	–	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	neutra	–	positiva	6567	D244
pH, máx.	–	–	–	–	–	6,5	–	6,5	8	6,5	6299	–
Destilação												
Solvente destilado	% v/v	–	–	0 a 12	0 a 12	–	–	–	0 a 15	–	6568	D244
Resíduo seco, mín.	% m/m	62	67	62	65	60	60	60	45	60	14376	D6934
Desemulsibilidade												
Mín.	% m/m	50	50	–	–	–	–	–	–	–	6569	D6936
Máx.	% m/m	–	–	**50**	**50**	–	–	–	–	–	6569	D6936
Mistura com filer silício	%	–	–	–	–	máx. 2,0	1,2 a 2,0	–	–	mín. 2,0	6302	D244
Mistura com cimento	%	–	–	–	–	máx. 2,0	máx. 2,0	–	–	mín. 2,0	6297	D244
Ensaio para o resíduo da emulsão obtido pela NBR 14896												
Penetração a 25ºC (100g e 5s)	mm	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 15,0	4,0 a 25,0	4,0 a 15,0	6576	D5
Teor de betume, mín.	%	97	97	97	97	97	97	97	97	97	14855	D2042
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	40	40	40	40	40	40	40	40	40	6293	D113

(1) A equivalência das normas NBR, ASTM e ISSA é parcial, sendo que, preferencialmente, os ensaios devem ser realizados pelas normas NBR.

(2) Se não houver envio de amostra ou informação da natureza do agregado pelo consumidor final, o distribuidor deverá indicar a natureza do agregado usado no ensaio no certificado da qualidade.

(3) Para o ensaio da adesividade em agregado miúdo, a norma equivalente à NBR 14757 é a ISSA TB-114.

ABNT P-EB 599 – EMULSÕES ASFÁLTICAS PARA LAMA ASFÁLTICA

CARACTERÍSTICAS	MÉTODOS DE ENSAIOS IBP/ABNT	TIPOS DE CM				
		ANIÔNICAS		CATIÔNICAS		ESPECIAL
		LA-1	LA-2	LA-1C	LA-2C	LA-E
Ensaios sobre a Emulsão						
a) Viscosidade Saybolt-Furol a 25^{0}C, s, (máx)	P-MB-581	100	100	100	100	100
b) Sedimentação, 5 dias, por diferença, % (máx)	P-MB-722	5	5	5	5	5
c) Peneiração (retido na peneira n^0 200)(0,84mm), % (máx)	P-MB-609	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
d) Mistura com cimento, % (máx)	P-MB-469	2	-	2	-	2
e) Mistura com filler silício	P-MB-795	1,2-2,0	1,2-2,0	1,2-2,0	1,2-2,0	1,2-2,0
f) Carga da partícula	P-MB-563	Negativa	Negativa	Positiva	Positiva	-
g) Destilação	P-MB-586					
solvente destilado, % em volume sobre o total da emulsão		0	0	0	0	0
Resíduo, % peso (mínimo)		58	58	58	58	58
Ensaio sobre o resíduo						
a) Penetração a 25^{0}C, 100g, 5s, 0,1mm	MB-107	50-150	50-150	50-150	50-150	50-150
b) Teor de beltume, % peso (mínimo)	P-MB-166	97	97	97	97	97
c) ductilidade a 25^{0}C, 5cm/min, cm, (mín)	P-MB-167	40	40	40	40	40

Nota: 1) As características de desgaste da mistura devem ser determinadas pelo Teste de Abrasão (WTAT) do DNER.
2) As emulsões LA-2 e LA-2C rompem no ensaio de mistura com cimento

ANEXO VII – ESPECIFICAÇÕES DAS EMULSÕES ASFÁLTICAS CATIÔNICAS MODIFICADAS POR POLÍMEROS ELASTOMÉRICOS

Tabela A8: Especificações das emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos. Resolução nº 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento Técnico ANP nº 06/2012

Característica	Unid.	Limite					Método[1]	
		Ruptura rápida		Ruptura média	Ruptura controlada	Ruptura lenta	ABNT NBR	ASTM
		RR1C-E	RR2C-E	RM1C-E	RC1C-E	RL1C-E		
Ensaio para a emulsão								
Viscosidade Saybolt-Furol, a 50ºC	s	70 máx.	100-400	20-200	70 máx.	70 máx.	14491	D244
Sedimentação, máx.	% massa	5					6570	D6930
Peneiração 0,84mm, máx.	% massa	0,1					14393	D6933
Resistência à água, mín. de cobertura[2]							6300	D244
Agregado seco	%	80						
Agregado úmido	%	80	80	60	60	60		
Carga da partícula	–	positiva					6567	D244
pH, máx.	–	–	–	–	6,5	6,5	6299	D244
Destilação – solvente destilado a 360ºC	% volume	0-3	0-3	0 a 12	0	0	6568	D244
Resíduo seco, mín.	% massa	62	67	62	62	60	14376	D6934
Desemulsibilidade Mín.	% massa	50	50	–	–	–	6569	D6936
Máx.	% massa	–	–	50	–	–		
Ensaio para o resíduo da emulsão obtido pela ABNT NBR 14896								
Penetração a 25ºC (100g e 5s)	0,1 mm	45-150	45-150				6576	D5
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	50	55				6560	D36
Viscosidade Brookfield a 135ºC, SP21, 20 rpm, mín.	cP	550	600				15184	D4402
Recuperação elástica a 25ºC, 20cm, mín.	%	65	70				15086	D6084

(1) A equivalência das normas NBR e ASTM é parcial, sendo que, preferencialmente, os ensaios devem ser realizados pelas normas NBR.

(2) Se não houver envio de amostra ou informação da natureza do agregado pelo consumidor final, o distribuidor deverá indicar a natureza do agregado usado no ensaio no certificado da qualidade.

ANEXO VIII – DETERMINAÇÃO DO RESÍDUO ASFÁLTICO POR EVAPORAÇÃO – MÉTODO EXPEDITO PARA CANTEIRO DE OBRAS

EMULSÕES ASFÁLTICAS

MÉTODO DE ENSAIO DO I B P

SUMÁRIO

1. Objetivo
2. Documentos Complementares
3. Definição
4. Aparelhagem
5. Execução de Ensaio
6. Resultados

1. OBJETIVO

Este método tem por objetivo determinar de maneira prática e simples a quantidade de resíduo asfáltico em uma emulsão asfáltica.

É empregado para todas as emulsões asfálticas.

2. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação deste método é necessário consultar:

Resolução N° 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento Técnico ANP N° 06/2012

.

MÉTODO EXPEDITO PARA CANTEIRO DE OBRAS

3 – DEFINIÇÃO

A amostra é colocada em um bécher ou recipiente metálico e aquecida com agitação contínua até a total evaporação de água e solvente (este quando contido).

4 – APARELHAGEM

a. Fonte de aquecimento (bico de Bunsen, fogareiro ou aquecedor elétrico).

b. Tela de arame com centro de amianto 16,0 x 16,0cm.

c. Bécher de 600ml em vidro pirex, ou panela de alumínio para ± 1.000ml com cabo ou prato de alumínio.

d. Bastão de vidro ou metálico.

e. Balança com sensibilidade de 0,1g, e capacidade de 1.600g, no mínimo.

f. Peneira N^0 20 (0,84mm) com aro de 76,2mm de diâmetro interno.

5 – EXECUÇÃO DO ENSAIO

5.1. Preparação da amostra

5.1.1. Coletar uma amostra representativa, agitar para homogeneização e passar pela peneira n^0 20 (0,84mm).

5.2. Procedimento do ensaio

5.2.1. Tratar o conjunto recipiente + bastão. Anotar o peso (A).

5.2.2. Pesar 100g da amostra. Anotar o peso (B).

5.2.3. Levar a amostra para o aquecimento sob agitação contínua evitando a formação de bolhas e respingos.

Continuar agitando e aquecendo até o desaparecimento total das gotículas de água.

5.2.4. Deixar esfriar até a temperatura ambiente.

5.2.5. Pesar o conjunto com o resíduo asfáltico. Repetir a operação até obter peso constante. Anotar o peso (C).

6 – RESULTADO

A porcentagem de resíduo asfáltico será determinada pelo cálculo abaixo:

$$\% \text{ Resíduo} = [(C - A)/B] \times 100$$

ANEXO IX – DETERMINAÇÃO EXPEDITA DA RESISTÊNCIA À ÁGUA (ADESIVIDADE) SOBRE AGREGADOS GRAÚDOS

EMULSÃO ASFÁLTICA CATIÔNICA

MÉTODO DE ENSAIO DO I B P

SUMÁRIO

1. Objetivo
2. Documentos Complementares
3. Definição
4. Aparelhagem
5. Execução do Ensaio
6. Resultado

1. OBJETIVO

Esta Norma prescreve o método expedito para verificação da resistência à água (adesividade) do asfalto residual, proveniente da ruptura das emulsões asfálticas catiônicas aplicadas sobre agregados graúdos.

2. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

Resolução N° 36 de 13 de novembro de 2012 da ANP – Regulamento técnico ANP N° 06/2012

NBR 5734/97- Peneiras de malhas quadradas com telas de tecido metálico – Especificações

3. DEFINIÇÃO

Para os efeitos desta norma é adotada a definição 3.1.

ANEXO IX – DETERMINAÇÃO EXPEDITA DA RESISTÊNCIA À ÁGUA (ADESIVIDADE) SOBRE AGREGADOS GRAÚDOS

3.1. Resistência à água (adesividade) de asfalto residual proveniente da ruptura de emulsões asfálticas catiônicas aplicadas sobre agregados graúdos.

É a propriedade do agregado ser aderido por material betuminoso, verificada pelo não deslocamento da película betuminosa que o recobre, quando a mistura agregado-asfalto residual, após a devida cura, é imersa em água em ebulição, durante 3 minutos.

4. APARELHAGEM

A aparelhagem necessária ao ensaio é a seguinte:

a. Cesto cilíndrico constituído por tela metálica de malhas quadradas com abertura de 4 a 5mm e diâmetro dos fios da ordem de 0,9 a 1,1mm, com cerca de 7,5cm de diâmetro e 15cm de altura, provido de 3 pés, com comprimento cerca de 1cm. (ver fig. 1).

b. Fogão ou outra fonte de calor.

c. Estufa capaz de manter a temperatura $\approx (135 \pm 2)^0$C.

d. Balança com capacidade de 1kg, sensível a 0,1g.

e. Espátula de aço inoxidável, com l6amina de aproximadamente 20cm de comprimento.

f. Cápsula de porcelana ou metálica, com cabo, com capacidade de 500ml.

g. Bécher de vidro, pirex, com capacidade de 600ml, graduado, com cerca de 12cm de altura e 8,5cm de diâmetro.

h. Termômetro de 0^0C a 200^0C, graduado em 1^0C.

i. Tela com centro de amianto com cerca de 25 x 25cm.

j. Placa de vidro de superfície lisa ou papel siliconado com aproximadamente 30 x 40cm.

k. Bandeja metálica com aproximadamente 30 x 40cm.

5. EXECUÇÃO DO ENSAIO

5.1. Preparo das Amostras

5.1.1. A amostra de agregado a ser utilizada no ensaio é obtida do material que passa na peneira de 19mm e fica retida na de 12,5mm.

A seguir a amostra deve ser levada e colocada na cápsula de porcelana, contendo água potável, durante 1 minuto.

Logo após, drenar a água, colocar os agregados na bandeja e levá-la à estufa a 120^0C por 2 horas.

5.1.2. A emulsão asfáltica catiônica utilizada no ensaio será a temperatura ambiente. Quando esta estiver abaixo de 25^0C será aquecida até atingir a referida temperatura.

5.2. Operação do Ensaio

As operações para realização do ensaio variam em função do tipo de emulsão asfáltica catiônica empregada.

5.2.1. Emulsão Asfáltica Catiônica de Ruptura Rápida

5.2.1.1. Pesar, na cápsula de porcelana, (300 $\pm$ 1) g da amostra previamente preparada. Umedecer os agregados e transferí-los para o cesto cilíndrico.

5.2.1.2. Colocar cerca de 400ml de emulsão asfáltica no bécher.

5.2.1.3. Imergir o cesto com agregados, no bécher contendo a emulsão, por um tempo tal que ocorra a formação de uma película contínua de emulsão em torno do agregado.

5.2.1.4. Retirar o cesto do bécher.

5.2.1.5. Colocar os agregados recobertos com asfalto sobre a placa de vidro ou papel siliconado, deixando-os repousar por cerca de 1 hora, para que ocorra a ruptura. A ruptura é notada pela mudança da coloração de marrom para preto.

5.2.1.6. Transferir os agregados para a bandeja metálica e levá-los à estufa a (135 ± 2)^{0}C durante 2 horas, para que a ruptura e cura se completem.

5.2.1.7. Retirar a amostra da estufa, transferí-la para o cesto cilíndrico e aguardar que atinja a temperatura ambiente.

5.2.1.8. Colocar 400ml de água potável no bécher de 600ml e aquecê-la até a ebulição.

5.2.1.9. Imergir o cesto com os agregados, no bécher, contendo água em ebulição.

Caso a colocação do cesto cause a queda da temperatura da água, elevar a temperatura até o ponto de ebulição da água, mantendo o cesto com os agregados por 3 minutos imersos na água em ebulição.

5.2.1.10. Após os 3 minutos, retirar o cesto, contendo os agregados, lavá-los imediatamente em água corrente e espalhá-los sobre a placa de vidro ou papel siliconado.

5.2.1.11. Proceder a análise visual dos agregados e estimar a porcentagem de área que se manteve recoberta com asfalto.

5.2.2. Emulsão Asfáltica Catiônica de Ruptura Média e Lenta

5.2.2.1. Pesar, na cápsula de porcelana (300 ± 1) g da amostra previamente preparada.

5.2.2.2. Umedecer os agregados.

5.2.2.3. Verter sobre os agregados (25 ± 1) g de emulsão asfáltica, revolver continuamente os agregados até que ocorra recobrimento de toda a sua superfície.

5.2.2.4. Aguardar que ocorra a completa ruptura da emulsão asfáltica. A ruptura é notada pela mudança da coloração de marrom para preto. Deixar a amostra repousar durante 1 hora, a temperatura ambiente.

5.2.2.5. Transferir os agregados para a bandeja metálica e levá-los à estufa a (135 ± 2)^{0}C durante 3 horas, para que a ruptura e a cura se completem.

5.2.2.6. Retirar a amostra da estufa, transferi-la para o cesto cilíndrico e aguardar que atinja a temperatura ambiente.

5.2.2.7. Colocar 400ml de água potável no bécher de 600ml e aquecê-la até a ebulição.

5.2.2.8. Imergir o cesto com os agregados, no bécher, contendo água em ebulição.

Caso a colocação do cesto cause a queda da temperatura da água, elevar a temperatura até o ponto de ebulição da água, mantendo o cesto com os agregados por 3 minutos imersos na água em ebulição.

5.2.2.9. Após os 3 minutos, retirar o cesto, contendo os agregados lavá-los imediatamente em água corrente e espalhá-los sobre a placa de vidro ou papel siliconado.

5.2.2.10. Proceder a análise visual dos agregados e estimar a porcentagem de área que se manteve recoberta com asfalto.

6. RESULTADO

O resultado é expresso como sendo a porcentagem da área, estimada visualmente, dos agregados que se mantiverem recobertos com asfalto após o ensaio.

ANEXO IX – DETERMINAÇÃO EXPEDITA DA RESISTÊNCIA À ÁGUA (ADESIVIDADE) SOBRE AGREGADOS GRAÚDOS

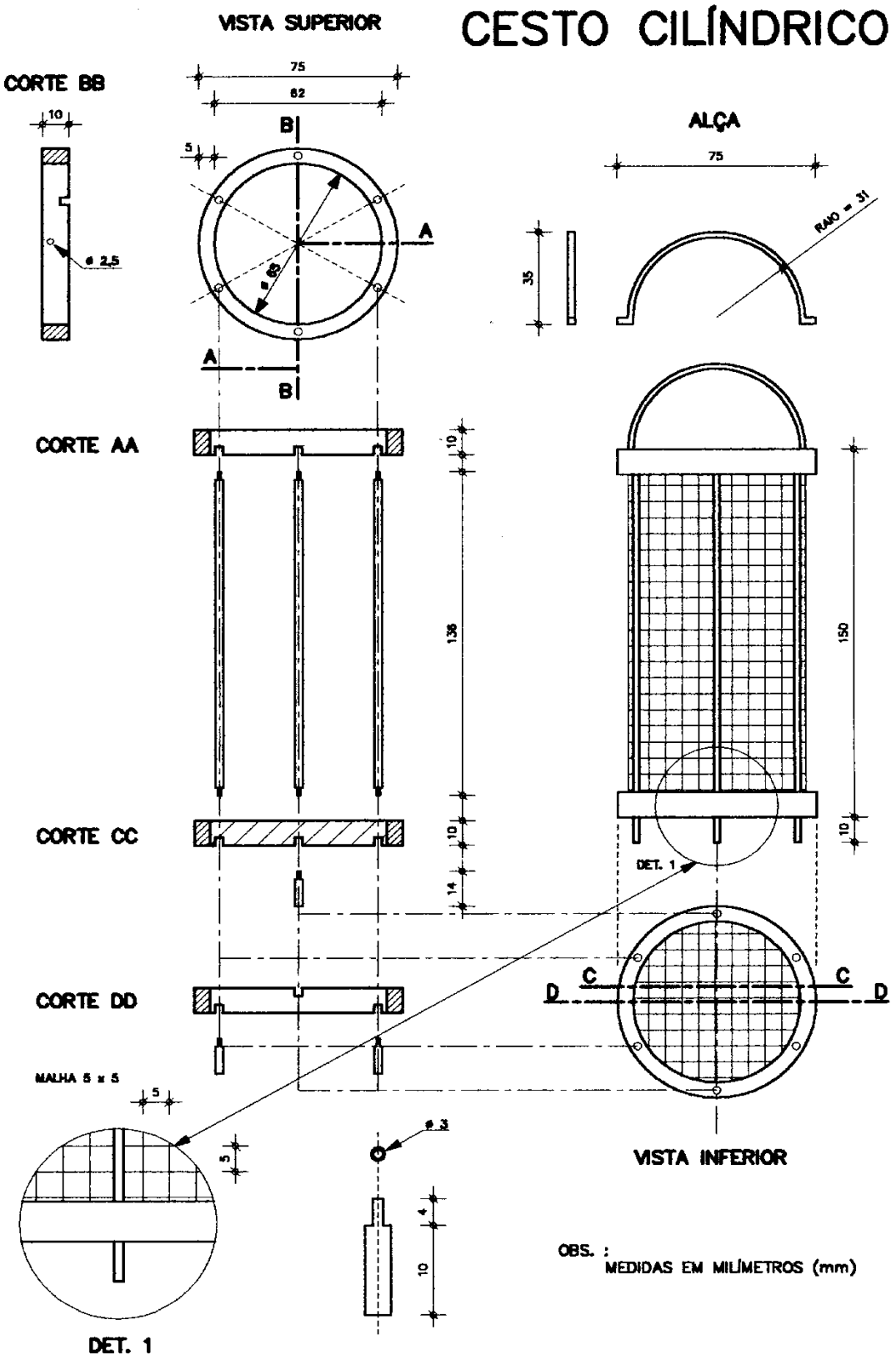


FIG. 1

ANEXO X – CÁLCULO DA SUPERFÍCIE ESPECÍFICA DE UM AGREGADO FÓRMULA DE VOGT (ADAPTADA DA 1ª FÓRMULA DE DURIEZ)

A superfície específica Σ pode ser obtida em função da granulometria pela conhecida *fórmula de Duriez* (1ª Fórmula):

$$100\,\Sigma = 0{,}17G + 0{,}33g + 2{,}30S + 12s + 135F \quad (\rho = 2{,}65 g/cm^3)$$

onde G – fração retida entre as peneiras 20 e 10mm

g – fração retida entre as peneiras 10 e 5mm

S – fração retida entre as peneiras 5 e 0,315mm

s – fração retida entre as peneiras 0,315 e 0,080mm

F* – fração retida entre as peneiras 0,080 e 0,005mm

* considera-se no cálculo F como a % passando na # n^0 200 (0,074mm).

No Brasil, tem-se usado uma adaptação dessa fórmula para peneiras correspondentes a nossas especificações, conhecida como *fórmula de Vogt*:

$$100\,\Sigma = 0{,}07P_4 + 0{,}14P_3 + 0{,}33P_2 + 0{,}81P_1 + 2{,}7S_3 + 9{,}15S_2 + 21{,}9S_1 + 135F \quad (m^2/kg)$$

onde:

P_4 – fração entre as peneiras 50 – 25mm (2” – 1”)

P_3 – fração entre as peneiras 25 e 12,5mm (1” – 1/2")

P_2 – fração entre as peneiras 12,5 – 4,76mm (1/2” – $n^0$4)

P_1 – fração entre as peneiras 4,76 – 2,00mm (n^0 4 – n^0 10)

S_3 – fração entre as peneiras 2,00 – 0,42mm (n^0 10 – n^0 40)

S_2 – fração entre as peneiras 0,42 – 0,177mm (n^0 40 – n^0 80)

S_1 – fração entre as peneiras 0,177 – 0,074mm (n^0 80 – n^0 200)

F – fração passando na peneira 0,074mm (n^0 200)

Observe-se que as fórmulas acima foram estabelecidas para uma densidade real da partícula d = 2,65 (ρ = 2,65g/cm^3).

A fórmula de Vogt pode ser obtida do Quadro A (d = 2,65).

Caso a densidade real seja diferente de 2,65 multiplica-se o resultado encontrado pelo *fator corretivo* do Quadro B.

ANEXO X – CÁLCULO DA SUPERFÍCIE ESPECÍFICA DE UM AGREGADO FÓRMULA DE VOGT (ADAPTADA DA 1ª FÓRMULA DE DURIEZ)

QUADRO A

CÁLCULO DA SUPERFÍCIE ESPECÍFICA Σ (m^2 / kg) (d = 2,65)								
% RETIDA	P_4	P_3	P_2	P_1	S_3	S_2	S_1	F
	25-50mm	12,5-25mm	4,76-12,5mm	2-4,76mm	0,42-2mm	0,177-0,42mm	0,074-0,177mm	< 0,074mm
	1 – 2”	1/2” - 1”	N^0 4 – 1/2"	N^0 10 – N^0 4	N^0 40 – N^0 10	N^0 80 – N^0 200	N^0 200 – N^0 80	< N^0 200
10	0,7	1,4	3,3	8,1	27,0	91,5	219	1.350
20	1,4	2,8	6,6	16,2	54,0	183,0	438	2.700
30	2,1	4,2	9,9	24,3	81,0	274,5	657	4.050
40	2,8	5,6	13,2	32,4	108,0	366,0	876	5.400
50	3,5	7,0	16,5	40,5	135,0	457,5	1.095	6.750
60	4,2	8,4	19,8	48,6	162,0	549,0	1.314	8.100
70	4,9	9,8	22,1	56,7	189,0	640,5	1.533	9.450
80	5,6	11,2	26,4	64,8	216,0	732,0	1.752	10.800
90	6,3	12,6	29,7	72,9	243,0	823,5	1.971	12.150
100	7,0	14,0	33,0	81,0	270,0	915,0	2.190	13.500

Somando-se as superfícies parciais das diferentes frações $P_4 + P_3 + P_2 + P_1 + S_3 + S_2 + S_1 + F$ obtém-se 100Σ. O resultado é dividido por 100.

QUADRO B	
FATORES CORRETIVOS DE Σ EM FUNÇÃO DA DENSIDADE	
DENSIDADE	**FATORES CORRETIVOS**
2,35	1,13
2,45	1,08
2,55	1,02
2,65	1,00
2,75	0,97
2,85	0,93
2,95	0,90

<u>Exemplo Numérico</u>

Calcular a superfície específica Σ do seguinte agregado

(d = 2,65) pelo Quadro acima:

PENEIRA	% PASS.	P - S - F	QUADRO A	
1 1/2"	100			
1”	90	P_4 = 10		0,7
3/4"	82	-		-
1/2"	72	P_3 = 18 (10 + 80/10)	1,4 + 11,2/10 =	2,5
N^0 4	50	P_2 = (20 + 20/10)	6,6 + 6,6/10 =	7,3
N^0 10	49	P_1 = 1 = (10/10)	8,1/10 =	0,8
N^0 40	29	S_3 = 20		54,0
N^0 80	3	S_2 = 26 = (20 + 60/10)	183 + 549/10 =	237,9
N^0 200	1	S_1 = 2 = (20/10)	438/10 =	43,8
		F = (10/10)	1.350/10 =	135
100 Σ				**482,0**
Σ (m^2 / kg)			**4,8**	

ANEXO XI – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DE MISTURA BETUMINOSA DNER-ME 117/94

RESUMO

Este documento, que é uma norma técnica, fixa o procedimento a ser adotado na determinação da densidade aparente em corpos de prova preparados em laboratório ou obtidos na pista. Prescreve a aparelhagem e os materiais requeridos e estabelece a condição para obtenção dos resultados.

SUMÁRIO

0 - OBJETIVO
1 - DEFINIÇÃO
2 - APARELHAGEM
3 - MATERIAIS
4 - ENSAIO
5 - RESULTADOS

0 - OBJETIVO

Esta Norma fixa o modo pelo qual se determina a densidade aparente de mistura betuminosa em corpos de prova moldados em laboratório ou obtidos na pista.

1 - DEFINIÇÃO

Para os fins desta Norma é adotada a seguinte definição:

1.1 – Densidade aparente de uma mistura betuminosa

Relação entre o peso da mistura ao ar e a diferença entre o peso ao ar e o peso da mistura em suspensão na água.

2 - APARELHAGEM

2.1 – Balança com capacidade mínima de 5000g, sensível a 01g e permitindo pesagem hidrostática.

2.2 – Recipiente cilíndrico para imersão de corpo de prova, com dimensões mínimas de 30cm de diâmetro e 40cm de altura.

2.3 – Bico de Bunsen ou outra fonte de calor.

3 – MATERIAIS

3.1 – Parafina fluidificada por aquecimento, para aplicação a pincel.

3.2 – Fita adesiva

3.3 – Trincha ou pincel.

3.4 – Cápsula de porcelana ou metálica (fluidificação da parafina)

4 – ENSAIO

4.1 – No caso de corpo de prova com percentagem de vazios até 7% as operações são as seguintes:

a) pesar o corpo de prova ao ar, obtendo o valor Par;

b) pesar o corpo de prova imerso em água (pesagem hidrostática) à temperatura ambiente, obtendo o valor Pi;

4.2 – No caso de corpo de prova com percentagem de vazios de 7% a 10% as operações são as seguintes:

a) pesar o corpo de prova ao ar, obtendo o valor Par;

b) aplicar parafina fluidificada ao corpo de prova, com um pincel, envolvendo-o com uma camada impermeável;

c) pesar o corpo de prova parafinado ao ar, obtendo o valor Pp;

d) pesar o corpo de prova parafinado imerso em água, à temperatura ambiente, obtendo o valor Ppi;

4.3 – No caso de corpo de prova com percentagem de vazios superior a 10%, proceder do modo seguinte:

a) pesar o corpo de prova ao ar, obtendo o valor Par;

b) envolver totalmente o corpo de prova com fita adesiva;

c) pesar o corpo de prova com fita adesiva ao ar, obtendo o valor P_1;

d) determinar, por diferença, o peso da fita adesiva que envolve o corpo de prova, obtendo o valor P_2;

e) aplicar parafina fluidificada ao corpo de prova com fita adesiva, envolvendo-o com uma camada impermeável;

f) pesar o corpo de prova com fita adesiva e parafina ao ar, obtendo o valor P_3;

g) pesar o corpo de prova com fita adesiva e parafinado imerso em água, à temperatura ambiente, o valor P_4;

h) determinar a densidade da fita adesiva, obtendo o valor d_f;

Nota – Utilizar o frasco Le Chetelier e querosene como líquido de imersão. Para as fitas adesivas comuns pode-se tomar 0,97 como valor da densidade.

5 – RESULTADOS

5.1 – No caso de corpo de prova com até 7% de vazios (ver 4.1), a densidade aparente deve ser calculada pela fórmula:

$$d = \frac{Par}{Par - Pi}$$

5.2 – No caso de corpo de prova com 7% a 10% de vazios (ver 4.2) a densidade aparente, deve ser calculada pela fórmula:

$$d = \frac{Par}{Pp - Ppi - \dfrac{Pp - Par}{dp}}$$

5.3 – No caso de corpo de prova com mais de 10% de vazios (ver 4.3), a densidade aparente, deve ser calculada pela fórmula:

$$d = \frac{Par}{P_3 - P_4 - \dfrac{P_2}{d_f} - \dfrac{P_3 - P_1}{d_p}}$$

5.4 – Nas fórmulas acima, os valores são:

d = densidade aparente do corpo de prova

Par = peso do corpo de prova, determinado ao ar, em N (ou gf)

ANEXO XI – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE DE MISTURA BETUMINOSA DNER-ME 117/94

Pi = peso do corpo de prova imerso em água, em N (ou gf)

Pp = peso do corpo de prova recoberto com parafina, ao ar, em N (ou gf)

Ppi = peso do corpo de prova recoberto com parafina, imerso em água em N (ou gf)

dp = densidade aparente da parafina empregada (≈ 0,89)

P_1 = peso do corpo de prova com fita adesiva, em N (ou gf)

P_2 = peso do corpo de prova com fita adesiva e recoberto com parafina, ao ar em N (ou gf)

P_4 = peso do corpo de prova com fita adesiva e recoberto com parafina, imerso em água, em N (ou gf)

df = densidade aparente da fita adesiva (≈ 0,97)

5.5 – A densidade aparente do corpo de prova é calculada com aproximação de centésimo.

5.6 – Os resultados devem corresponder a 2 ou mais corpos de prova da mesma mistura.

5.7 – Resultados obtidos de dois ou mais corpos de prova da mesma mistura, que diferirem de mais do que 0,02, devem ser descartados.

ANEXO XII – ENSAIO MARSHALL PARA MISTURA BETUMINOSA A FRIO COM EMULSÃO ASFÁLTICA

MÉTODO DE ENSAIO

DNER-ME 107/94

1 – OBJETIVO

Este método fixa o modo pelo qual se determina a estabilidade e a fluência de mistura betuminosa usinada a frio, com emulsão asfáltica, utilizando o equipamento Marshall. Este método é usado em mistura contendo emulsão asfáltica catiônica e agregado cujo diâmetro máximo seja menor ou igual a 38,1mm (1 1/2").

2 – APARELHAGEM

A aparelhagem necessária é a seguinte:

a) prensa capaz de aplicar cargas até 4.000kgf, com erro inferior a 2,5kgf, mecânica ou manual, com êmbolo movimentando-se a uma velocidade de 50mm por minuto;

b) medidor de fluência, podendo ter divisões de 1/100” ou 1/32”, ou extensômetro mecânico sensível a 0,01mm;

c) repartidores de amostras de 25mm e de 38mm de abertura;

d) estufa capaz de manter temperatura entre 40^0C e 100^0C;

e) balança com capacidade de cerca de 5kg, sensível a 0,1g, capaz de permitir pesagem hidrostática;

f) molde de compactação de aço, constituído de anéis superior e inferior e uma placa base. A placa base e o anel superior devem encaixar-se perfeitamente nas extremidades do anel inferior;

g) peneiras de 50,8mm, 38,1mm, 25,4mm, 19,1mm, 12,7mm, 9,5mm, 4,8mm e de 2,0mm, inclusive tampa e fundo, de acordo com a especificação “Peneiras de malhas quadradas, para análise granulométrica de solos” - ABNT-EB-22R;

h) colher de metal, com capacidade de 30 a 50ml. Cabo com cerca de 250mm;

i) aparelhagem para mistura, preferencialmente mecânica, que produza uma ação homogênea de mistura, e que a retirada da mistura seja simples, sem perda de material. Em caso de mistura manual, devem ser utilizadas recipientes em aço

estampado, em forma de calota esférica, fundo chato e munido de duas alças laterais com capacidade de cerca de 5 litros;

j) recipiente em aço estampado, cilíndrico, munido de alça lateral e bico vertedor. Capacidade de cerca de meio litro;

l) espátula de aço, com ponta arrendondada, com lâmina de 200mm de comprimento e 30,0mm de largura;

m) base de compactação. Deverá ser instalada em nível perfeitamente estável, livre de vibração ou trepidação;

n) soquete de compactação de aço, com 4.540g de peso e uma altura de queda livre de 457,2mm. A face de compactação do pé do soquete é plana e circular;

Nota: o soquete de compactação deve possuir um “protetor de dedo”.

o) Extrator de corpo de prova;

p) Paquímetro com precisão de 0,1mm;

q) Molde de compressão, de aço;

r) Relógio de alarme para intervalos de tempo até 60 minutos, com precisão de 1 minuto;

s) Pinça de aço inoxidável ou de alumínio, para colocar e retirar os corpos de prova da estufa;

t) Parafina, fita adesiva, pincel e papel de filtro de diâmetro de 101,6mm.

3 – CONFECÇÃO DE CORPO DE PROVA

a) preparar no mínimo três (03) corpos de prova para cada dosagem. Conhecidas as porcentagens, em peso, em que os materiais serão misturadas, calcula-se a quantidade de cada um deles para um corpo de prova pesando cerca de 1.200g, com altura de 63,5mm $\pm$ 1,3mm;

b) secar os agregados até peso constante em estufa a 105 – 110^{0}C e separá-los nas seguintes frações:

I – 38,1 a 25,4mm

II – 25,4 a 19,1mm

III – 19,1 a 9,5mm

IV – 9,5 a 4,8mm

V – 4,8 a 2,0mm

VI – passando na peneira n^0 200

c) a viscosidade da emulsão asfáltica no início da mistura deverá estar compreendida entre 105mm^2/s (cSt) e 300mm^2/s (cSt) (75 e 150 sSF), preferencialmente entre 105mm^2/s (cSt) e 190mm^2/s (cSt) (75 e 95 sSF).

d) Pesar os agregados para um corpo de prova de cada vez, em recipientes separados, nas quantidades de cada fração obtida na alínea b. Misturar os agregados e abrir uma cratera para receber o ligante que deve ser aí pesado. Efetuar a mistura rapidamente até completa cobertura dos agregados, preferencialmente através de mistura mecânica. Caso necessário, os agregados poderão ser levemente umedecidos, para propiciar um melhor recobrimento pela emulsão asfáltica;

e) após execução das misturas com os vários teores de emulsão, deixar curar a temperatura ambiente de 4 horas a 6 horas, após o que, será iniciada a compactação. No caso da adoção de emulsão de ruptura lenta o período de cura será no máxio de 60 minutor.

f) a base do soquete e o molde de compactação devem estar limpos. Colocar o molde em posição no suporte de compactação e introduzir nele uma folha de papel de filtro. Colocar no molde a mistura de uma só vez. Acomodar a mistura com 15 golpes vigorosos de espátula ao redor do molde e 10 no centro da massa. Nestas condições molda-se o corpo, aplicando com o soquete determinado número de golpes. Inverter o anel inferior, forçar com o soquete a mistura até atingir a placa base e aplicar o mesmo número de golpes. O número de golpes deverá ser 50 (cinquenta) ou 75 (setenta e cinco) de cada lado do corpo de prova e deverá constar do relatório do ensaio;

g) após a compactação, os corpos de prova com o molde serão colocados em estufas a 60^{0}C por 24 horas. Retira-se da estufa e deixa-se esfriar à temperatura ambiente por cerca de 2 horas, no mínimo;

h) extrair o corpo de prova do molde, colocando-o sobre uma superfície limpa, lisa e plana, tomando-se o cuidado no manuseio para evitar fratura ou deformação. A altura do corpo de prova deverá ser de 63,5mm $\pm$ 1,3mm, medida com o paquímetro em 04 posições diametralmente oposta. Anota-se como altura o valor da média aritmética das quatro leituras;

i) pesar os corpos de prova ao ar e adotar a sistemática para determinação da densidade aparente conforme o caso indicado no Método DNER-ME 77/80.

4 – ESTABILIDADE E FLUÊNCIA

Os corpos de prova serão colocados em estufa a 40^0C pelo período de 2 horas. No caso III do Método DNER-ME 77/80 os corpos de prova deverão ser desparafinados previamente.

Em seguida, é colocado no molde de compressão, que deverá estar convenientemente limpo e com os pinos-guia lubrificados.

O molde de compressão, contendo o corpo de prova será levado à prensa e o medidor de fluência ou extensômetro colocado na posição de ensaio. O espaço de tempo entre retirar o corpo de prova da estufa e o seu rompimento não deverá exceder a 30 segundos.

A prensa será operada de tal modo que seu êmbolo se eleve com uma velocidade 50mm por minuto, até o rompimento do corpo de prova, o que é observado no deflectômetro do anel dinamométrico da prensa, pela indicação de um valor máximo. A leitura desse máximo será anotada e convertida em kgf, pelo gráfico de calibração do anel dinamométrico.

A carga, em kgf, necessária para produzir o rompimento do corpo de prova será anotada como “Estabilidade Lida”. Este valor deverá ser corrigido para a espessura do corpo de prova ensaiado, multiplicando-se por um fator que é função da espessura do corpo de prova, conforme a tabela anexa.

O resultado assim obtido é o valor da Estabilidade Marshall.

O valor da fluência será obtido simultaneamente ao da estabilidade. Durante a aplicação da carga, no caso de utilização do medidor de fluência, a luva-guia do medidor será fixada, com a mão, contra o topo do segmento superior do molde de compressão, diretamente sobre um dos pinos-guia. A pressão da mão sobre a luva

do medidor será relaxada, no momento em que se der o rompimento do corpo de prova.

O valor da fluência será lido e anotado.

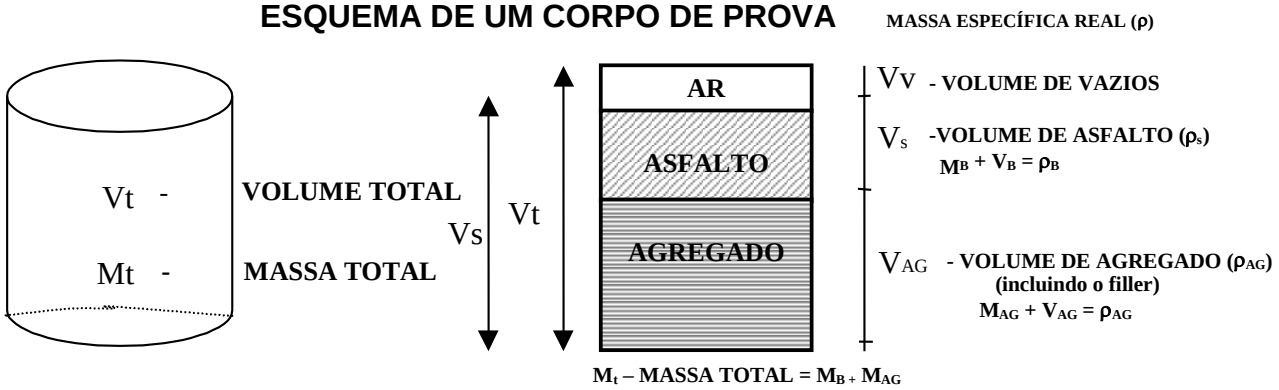
TABELA

TABELA PARA CORREÇÃO DA ESTABILIDADE, EM FUNÇÃO DA ESPESSURA DO CORPO DE PROVA

ESPESSURA mm	FATOR	ESPESSURA mm	FATOR	ESPESSURA mm	FATOR
50,8	1,46	56,3	1,22	64,3	0,98
51,0	1,45	56,6	1,21	64,7	0,97
51,2	1,44	56,8	1,20	65,1	0,96
51,6	1,43	57,1	1,19	65,6	0,95
51,8	1,42	57,4	1,18	66,1	0,94
52,0	1,41	57,7	1,17	66,7	0,93
52,2	1,40	58,1	1,16	67,1	0,92
52,4	1,39	58,4	1,15	67,5	0,91
52,6	1,38	58,7	1,14	67,9	0,90
52,9	1,37	59,0	1,13	68,3	0,89
53,1	1,36	59,3	1,12	68,8	0,88
53,3	1,35	59,7	1,11	69,3	0,87
53,5	1,34	60,0	1,10	69,8	0,86
53,8	1,33	60,3	1,09	70,3	0,85
54,0	1,32	60,6	1,08	70,8	0,84
54,2	1,31	60,9	1,07	71,4	0,83
54,5	1,30	61,1	1,06	72,2	0,82
54,7	1,29	61,4	1,05	73,0	0,81
54,9	1,28	61,9	1,04	73,5	0,80
55,1	1,27	62,3	1,03	74,0	0,79
55,4	1,26	62,7	1,02	74,6	0,78
55,6	1,25	63,1	1,01	75,4	0,77
55,8	1,24	63,5	1,00	76,2	0,76
56,1	1,23	63,9	0,99		

ANEXO XIII – EXEMPLO NUMÉRICO DE DOSAGEM MARSHALL PARA PMF DENSO (De apostilas de Aula do Prof. Humberto Santana)

ESQUEMA DE UM CORPO DE PROVA



LABORATÓRIO

AGREGADO (fracionado)

- **A – Retido na # n⁰ 10** ----------**A %**
- **B – Passando na # n⁰ 10 e retido na # n⁰ 200** ----------**B %**
- **C – Passando na # n⁰ 200** ----------**C %**

100 %

MASSA ESPECÍFICA REAL DAS FRAÇÕES ρ_A, ρ_B, ρ_C

(CALCULADO)

M. E. R. Média do Agregado

$$\rho_M = \frac{\rho_{A(A\%)} + \rho_{B(B\%)} + \rho_{C(C\%)}}{100} \quad (1)$$

M. E. R. do Asfalto - ρ_b

M_t – balança

V_t – balança hidrostática

MISTURA ASFÁLTICA **(CALCULADO)**

MASSA ESPECÍFICA APARENTE -

$$d = \frac{M_t}{V_t} \quad (3)$$

(DADO OU DETERMINADO)

% DE ASFALTO, EM PESO/MISTURA -

$$\rho' = \%b = \frac{M_B}{M_t} x100$$

CALCULADO

% VOLUME DE ASFALTO -

$$\%VB = \frac{\%b \times d}{\rho b} \quad (5)$$

MASSA ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA -

$$D = \frac{100}{\frac{\%b}{\rho b} + \frac{(100 - \%b)}{\rho M}} \quad (2)$$

PORCENTAGEM DE VAZIOS -

$$\%Vv = \frac{D - d}{D} x100 \quad (4)$$

PORCENTAGEM DE VAZIOS NO AGREGADO MINERAL -

$$\%VAM = Vv + \%VB \quad (6)$$

% RELAÇÃO ASFALTO (Betume)/VAZIOS -

$$\%RBV + \frac{\%V_B}{\%VAM} x100 \quad (7)$$

ANEXO XIII – EXEMPLO NUMÉRICO DE DOSAGEM MARSHALL PARA PMF DENSO (De apostilas de Aula do Prof. Humberto Santana)

EXEMPLO NUMERICO — DOSAGEM MARSHALL

1) *DADOS*

Obra Normal - O | P M F D | Brita (gnaisse) - Pedrisco - Areia (campo)

h = 4,0cm - capa | Faixa - X Manual IBP/1993

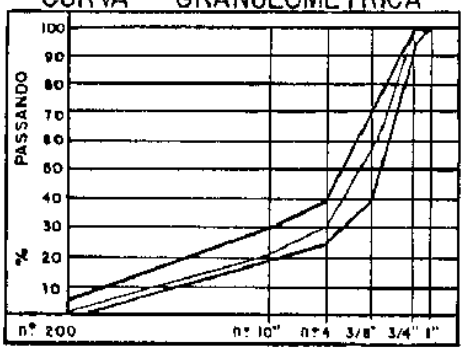
RM-1C (62% CAP - 50/60; 4% nafta; 34% água) | Cimento - Cal

2) *LABORATÓRIO*

PENEIRA (mm)		% PASS. DA AMOSTRA TOTAL (não lavada)				
		BRITA	PEDRISCO	AREIA	AGREGADO *	FAIXA X
3/4"	(19,1)	100	100	100	100	95 - 100
3/8"	(9,5)	23	94	100	60	40 - 70
nº 4	(4,8)	0,3	37	100	31	25 - 40
nº 10	(2,0)	-	4	100	21	20 - 30
nº 200	(0,074)	-	2	2	1	0 - 8
% componentes		50%	30%	20%	100% →	Σ = 3,4m²/kg

* granulometria de projeto

CURVA GRANULOMÉTRICA



Curva razoavelmente centrada

LA = 35% -

Adesividade - Absorção

Ag.graúdo (úmido) - 92% cobertura

Absor.- 0,22%

Ag.miúdo - satisfatória

Absor.-não determinada

Lamelares - 19%

EA = 56%

Não necessita *filler artificial*

ρ_b = 1,02g/cm³ (CAP Residual)

Viscosidade RM-1C - 110sf - 50ºC

h_m = 2,5% → t_m(manual = 95s) → % cobertura - 100%

Fracionamento do agregado				g/cm³
A - retido na # nº 10	- A% = 79	- ρ_A = 2,64
B - (# nº 10 → # nº 200)	- B% = 20	- ρ_B = 2,52
C - pass. na # nº 200	- C% = 1	- ρ_C = 2,58
	100	

Massa E.Real Média do Agregado - Fórmula (1)

$$\rho_M = \frac{2,64 \times 79 + 2,52 \times 20 + 2,58 \times 1}{100} = 2,62\ g/cm^3$$

Teor de Asfalto Residual - $p = k\,(\Sigma)^{0,2}$ (s/agregado)

Σ = 3,4m²/kg (Quadro A) k = 3,7 (3,2 – 4,2)

$p = 3,7(3,4)^{0,2} = 3,7 \times 1,3 = 4,8\%$/agregado (CAP residual)

ANEXO XIII – EXEMPLO NUMÉRICO DE DOSAGEM MARSHALL PARA PMF DENSO (De apostilas de Aula do Prof. Humberto Santana)

$p' = \frac{4,8}{104,8} \times 100 = 4,6\%/\text{mistura} \rightarrow P'_{EA} = \frac{4,6\%}{0,62} = 7,4\%$ (RM-1C)

Prepara-se então 5 misturas com teores de (hm = 2,5%):

5,0 – 6,0 – 7,0 – 8,0 - 9,0% em peso (sobre a mistura) de RM-1C, ou seja, correspondente a:

5,0 x 0,62 = 3,1% - 3,7% - 4,3% - 5,0% - 5,6% de CAP residual.

(EA)%	5	6	7	8	9
(%b)% (Agregado)%	3,1 96,9	3,7 96,3	4,3 95,7	5,0 95,0	5,6 94,4
(Mistura)%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
D(g/cm³)(2)*	2,50	2,48	2,45	2,43	2,41

* D – *massa específica máxima teórica* – fórmula (1)(2)

Para cada uma das 5 misturas prepara-se 3 cps Marshall para a execução do ensaio de acordo com o ME-DNER 107/80 , tirando-se a média dos 3 resultados (ou de 2 se o terceiro for discrepante; se os 3 forem, molda-se novo conjunto de 3 cps).
Detalha-se, a seguir a obtenção dos resultados referentes a um cp, seguindo-se aqui o DNER-ME 117/87 ($Vv \approx 10\%$): *parafina*-se o cp diretamente, sem *fita adesiva*.

<u>Cp</u>: %b = 4,3% - D = 2,45g/cm³

Mt = 1.034,0g; Mtp = 1.055g; peso da parafina = 21,5g;

Volume da parafina ($\rho_p = 0,8g/cm^3$) $\rightarrow$ Vpa = 21,5/0,86 = 25,0cm³

M(tp)i = 554,0g (imerso – balança hidrostática)

$$Vtp = \frac{1.055g - 554,0g}{1g/cm^3} = 501,5cm^3 \text{ (parafinado)}$$

$Vt = Vtp - Vpa = 501,5 - 25,0 = 476,5cm^3$

$$\boxed{d = \frac{M}{Vt}} = \frac{1.034,0}{476,5} = \mathbf{2,17g/cm^3} \text{ – } \textit{mas.esp}\text{. aparente – fórmula (3)}$$

$$\boxed{\%\,Vv = \frac{D - d}{D} \times 100} = \frac{2,45 - 2,17}{2,45} \times 100 = \mathbf{11,4\%} \text{ - } \textit{porcentagem de vazios} \text{ – fórmula (4)}$$

Através das fórmulas (5), (6) e (7) da figura inicial, determina-se:

$$\%\,V_B = \frac{\%b}{\rho b} \times d = \frac{4,3}{\rho b} \times 2,24 = 9,4\% \text{ - \% } \textit{volume de asfalto}$$

$$\%\,VAM = \%\,Vv + V_B = 11,4 + 9,4 = 20,8 \text{ - \% } \textit{de vazios de agregado mineral}$$

$$\%\,RBV = \frac{\%\,V_B}{\%\,VAM} \times 100 = \frac{9,4}{20,8} \times 100 = \mathbf{45,2\%} \text{ - (}\textit{relação betume vazios}\text{)}$$

ANEXO XIII – EXEMPLO NUMÉRICO DE DOSAGEM MARSHALL PARA PMF DENSO (De apostilas de Aula do Prof. Humberto Santana)

Rompendo-se o cp na prensa Marshall a 40^0C, encontrou-se (h = 6,1cm → fator de correção 1,06)

Estabilidade (40^0C) = 447kgf

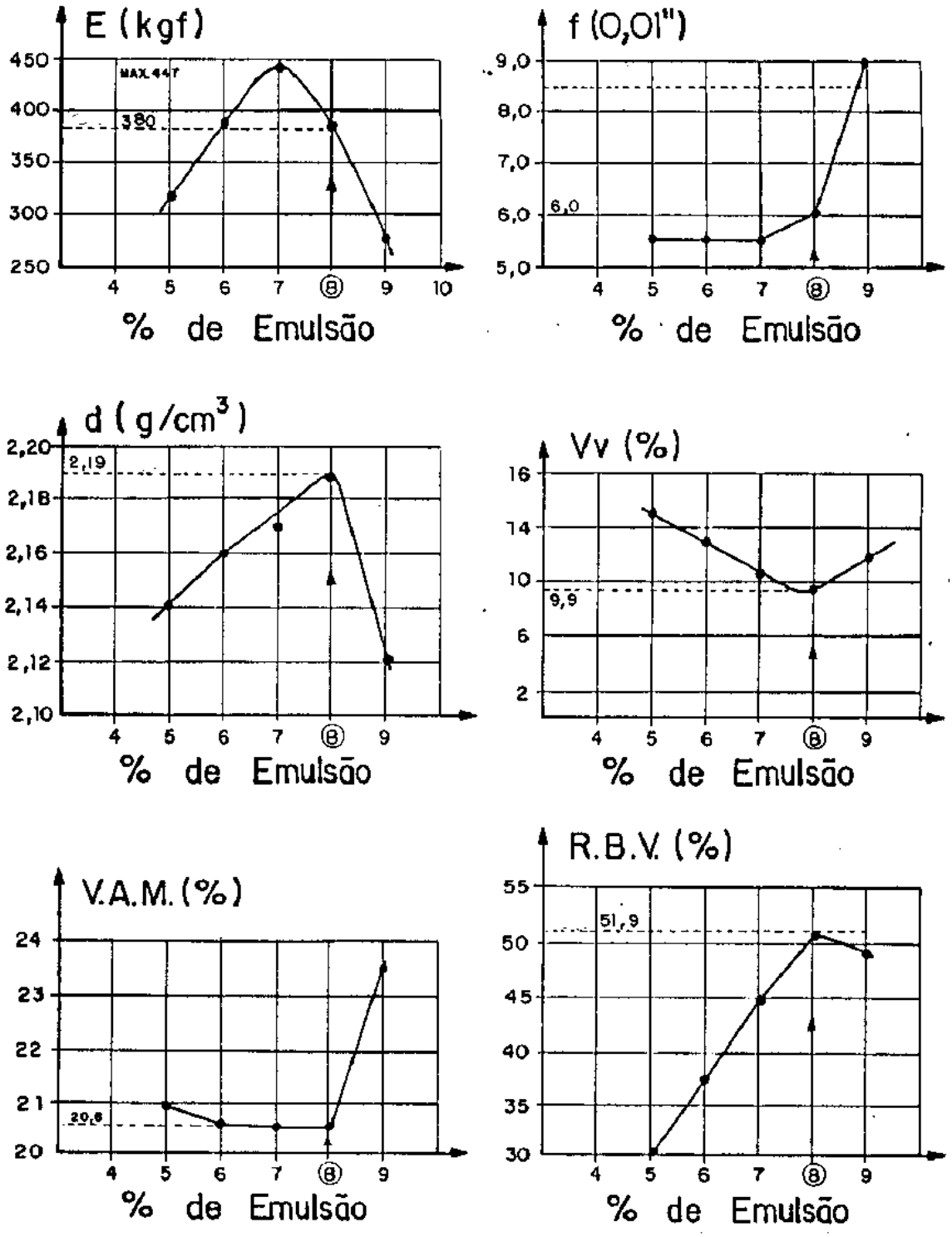
Fluência (40^0C) = 8 (0,01”)

Supõe-se, por facilidade de exposição, que os valores encontrados para esse corpo de prova representem a média aritmética dos 3 cps ensaiados (praticamente igual no ensaio realmente executado).

Os valores médios (dos 3 cps) de cada uma das outras misturas estão apresentados abaixo juntamente com 7,0% de RM-1C.

(EA)%	**5,0**	**6,0**	**7,0**	**8,0**	**9,0**
(%b)	**3,1**	**3,7**	**4,3**	**5,0**	**5,6**
D(g/cm^3)	**2,50**	**2,48**	**2,45**	**2,43**	**2,41**
d(g/cm^3)	**2,14**	**2,16**	**2,17**	**2,19**	**2,12**
(% Vv)	**14,4**	**12,9**	**11,4**	**9,9**	**12,0**
(%V_B)	**6,5**	**7,8**	**9,4**	**10,7**	**11,6**
(% VAM)	**20,9**	**20,7**	**20,8**	**20,6**	**23,6**
(% RBV)	**31,1**	**37,7**	**45,8**	**51,9**	**49,1**
E(40^0C) – kgf	**320**	**382**	**447**	**380**	**275**
F(0,01”)	**5,5**	**5,5**	**5,5**	**6,0**	**9,0**

ANEXO XIII – EXEMPLO NUMÉRICO DE DOSAGEM MARSHALL PARA PMF DENSO (De apostilas de Aula do Prof. Humberto Santana)



ANEXO XIII – EXEMPLO NUMÉRICO DE DOSAGEM MARSHALL PARA PMF DENSO (De apostilas de Aula do Prof. Humberto Santana)

Traçou-se as curvas referentes aos 5 teores de EAC (apresentadas na Fig. Anterior) observando-se os resultados, optou-se pelo teor de RM-1C de 8,0%.

Observe-se que o teor ótimo de RM-1C está entre 7,0 e 8,0%, tendo-se optado por este último por se ter um pouco mais de **CAP** – *maior durabilidade, um máximo de densidade, um mínimo de vazios e uma boa estabilidade* – E(40^0C) = 380kgf > 300kgf (75 golpes).

Tem-se, com 8,0% de RM-1C

Faixa X – LA = 35% < 50%; Lam. = 19% < 20%; EA = 56% > 55%
E (40^0C – 75 golpes) = 380kgf > 300kgf f (0,01') = 6,0 (5 – 18) % Vv = 9,9 (9 – 15) % VAM = 20,6 (min 14 → Dmax = 3/4") % RBV = 51,9 (40 – 70) d = 2,19g/cm^3 (não especificado)

Note-se que a curva *% Vv x % de Emulsão* passa por um mínimo, diferentemente da curva *% Vv x % de Asfalto* do Anexo XI. Isto ocorre devido ao excesso de água da compactação [(h_m + h_{EA}) > hot], ou seja, há insuficiência de cura no DNER-ME 107/94.

ANEXO XIV – EXEMPLO NUMÉRICO DE CRITÉRIO MARSHALL PARA MISTURAS A QUENTE (De Apostilas de Aula do Prof. Humberto Santana)

Um *Projeto de Pavimentação* especificou para uma determinada Mistura Asfáltica a Quente, no caso um *"Sheet – Asphalt" ("Lençol Asfáltico")* – que um Concreto Asfáltico com somente *agregado miúdo* e *filler* – usado em vias urbanas de tráfego muito pesado – não constante dessas Especificações:

E_{min} (75 golpes,60^{0}C) = 500kgf – f = (2,0 a 4,5mm) - % Vv (2 a 6%) – RBV (75 a 82%) – $(VAM)_{min}$ = 18%

Pela 2ª *Fórmula de Duriez* determinou-se o *teor aproximado de CAP* (em relação ao peso do agregado) p = 8,2%, ou seja –

$$\frac{100p}{100 + p} = p' = 7{,}6\% \text{ (em relação ao peso da Mistura)}$$

Ensaiando-se no Laboratório Corpos de Prova com p' de 5,0 a 9,0%, obteve-se o Quadro abaixo que originou as 6 Curvas da página seguinte.

CAP* (%)	d (g/cm^3)	D (g/cm^3)	Vv (%)	V.A.M. (%)	R.B.V. (%)	E Kgf	f mm
5,0	2,13	2,46	13,4	24,1	44,4	350	1,5
6,0	2,21	2,42	8,7	22,0	60,5	500	2,5
7,0	2,27	2,39	4,9	20,8	76,4	650	3,0
8,0	2,28	2,36	3,4	21,6	84,3	520	4,0
9,0	2,27	2,32	2,1	22,5	90,7	300	4,5

O chamado *Critério Marshall* estabelece que p' final é a média aritmética dos seguintes teores correspondentes a:

1 – *máxima estabilidade* – E_{max} – 650kgf – 7,0%

2 – máxima densidade aparente – d_{max} = 2,28kgf/cm^3 – 8,2%

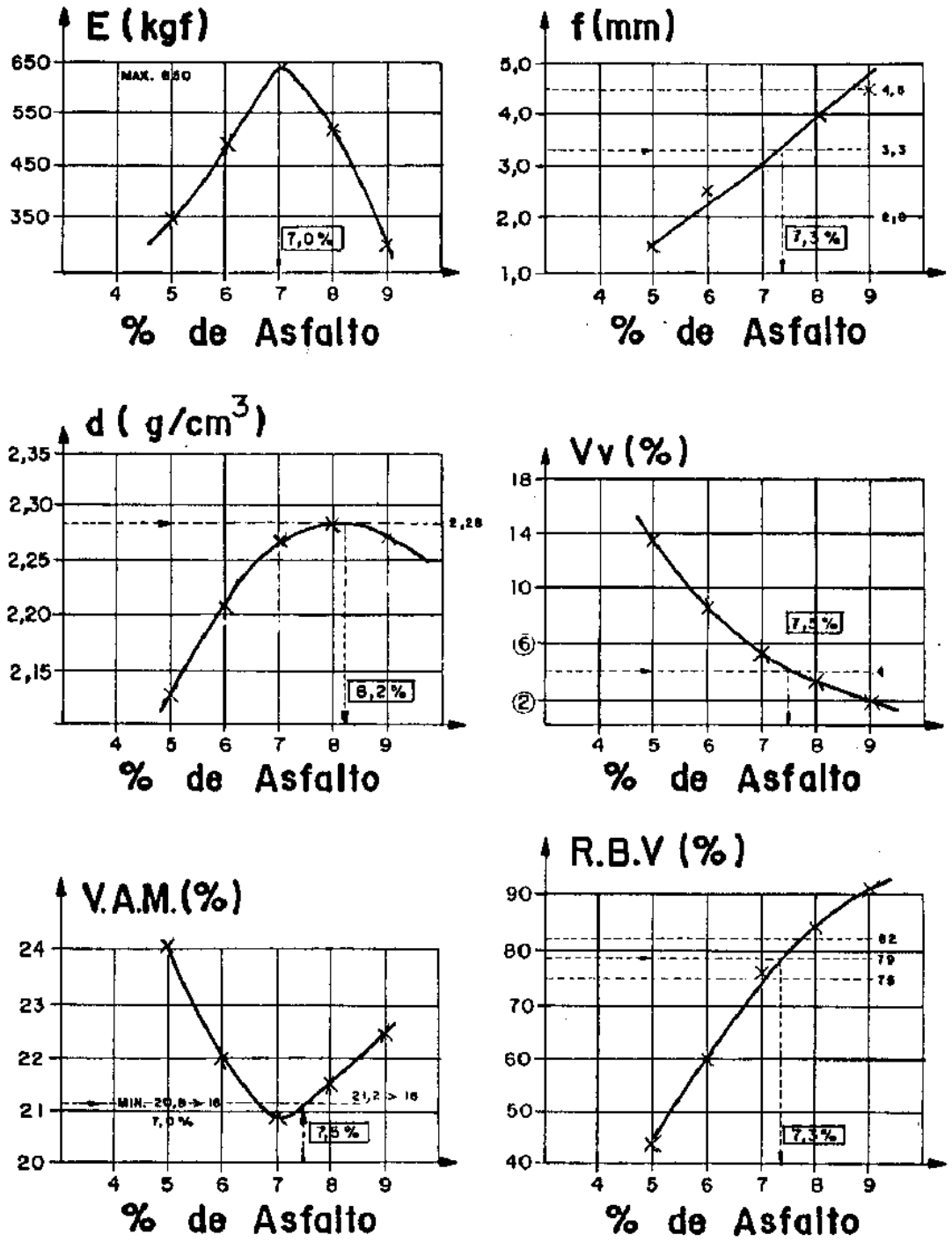
3 – média dos limites de fluência (3,3mm) – 7,3%

4 – média dos limites de % Vv (4,0%) – 7,5%

5 – média dos limites de RBV (79%) – 7,3%

MÉDIA ARITMÉTICA: p' = 7,5% que satisfaz ao especificado, inclusive a %(VAM) (7,5%) = 21,2 > 18%.

ANEXO XIV – EXEMPLO NUMÉRICO DE CRITÉRIO MARSHALL PARA MISTURAS A QUENTE (De Apostilas de Aula do Prof. Humberto Santana)



VARIAÇÃO DAS DIVERSAS CARACTERÍSTICAS DE UM CONCRETO ASFÁLTICO COM A % DE ASFALTO

ANEXO XV – ENSAIO DE DESGASTE POR AB RASÃO PARA LAMAS ASFÁLTICAS (“THE WET TRACK ABRASION TEST” – WTAT)

Ensaio adaptado e não normatizado pelo DNER (4^0 D.R.F.).

Foi criado nos EE.UU. pelos tecnologistas Paulo E. MaCoy e L.D. Coyne

I. OBJETIVO

Este ensaio simula e fornece elementos para se avaliar em laboratório, o desgaste provocado pelo atrito de uma borracha padronizada em corpos de prova de Lama Asfáltica, submetidos a condições adversas, de umidade, de maneira semelhante ao desgaste provocado pelos pneus dos veículos, na superfície da pavimentação das vias.

II. APARELHAGEM

A aparelhagem que utilizamos é a seguinte:

a) balança com capacidade de 5.000g sensível a 1,0g;
b) colher de metal, com 50ml de capacidade, cabo com cerca de 30cm;
c) recipiente em aço estampado, em forma de calota esférica, fundo chato e munido de duas alças laterais, capacidade de cerca de 5 litros;
d) molde de aço, redondo de 33,0cm de diâmetro externo e com abertura de 24,9cm de diâmetro interno e 0,6cm de espessura;
e) discos de feltro asfáltico de 15 lbs, superpostas e colados até uma espessura de 0,5cm, com diâmetro de 28,6cm;
f) rodo manual com lâmina de borracha neoprene de 30,4 a 35,5cm de comprimento;
g) estufa capaz de manter a temperatura de 60^0C;
h) misturador marca Blakeslee fabricado por G.S. Blakeslee, Chicago;
i) cabeça de abrasão, um dispositivo em aço, possuindo na parte superior uma manga de acoplamento adaptável ao eixo do misturador. No interior da manga de acoplamento um eixo com ranhura permite o movimento para cima e para baixo de 1,2cm e é solidário a um disco que permite fixar por meio de dois parafusos de 3/8” de diâmetro e separados de 10,1cm de centro a centro, uma peça metálica em forma de meia canaleta envolvida por uma mangueira de borracha Dunlop de 3/4" de diâmetro interno, 1/4 de espessura e 12,7cm de

comprimento (mangueira para ferramentas pneumáticas tipo BC). O peso total do conjunto é de 5 lbs;

j) recipiente de metal de fundo chato com 1/8” de espessura, 33cm de diâmetro aproximadamente e parede lateral circular, vertical com 5cm de altura, tendo quatro parafusos equidistantes de 5/6” de diâmetro, fixo, servindo para prender por meio de quatro sapatas de 3,5cm de comprimento, apertados por meio de borboletas, corpos de prova de 28,5cm de diâmetro ao fundo do recipiente;

l) bloco de madeira para sustentar a plataforma do misturador na mesma posição durante o ensaio.

III. PREPARAÇÃO DOS AGREGADOS MINERAIS

Os agregados minerais, areia e pó de pedra, secos ao ar, são quarteados separadamente e dos materiais que passam na peneira n^0 8, toma-se cerca de 1.l000g de cada.

A curva granulométrica indicará a percentagem de cada agregado na mistura.

IV. PROCEDIMENTOS

a) Coloca-se 1.000g da mistura de agregados no recipiente citado no item c, mistura-se com a colher adicionando água até se observar a variação da cor do agregado, de claro para escuro.
b) Adiciona-se o peso total de emulsão misturando com a colher até conseguir o envolvimento de todo agregado.
c) A consistência da massa obtém-se por tentativa, usando-se quantidades crescentes de água até obter uma massa que escoe livremente. Assim obtém-se a quantidade de água a adicionar para a mistura.
d) Coloca-se o molde sobre o disco de feltro betuminoso e verte-se a mistura completamente sobre o molde.
e) Passa-se o rodo com o mínimo de manipulação possível afastando o excesso de material.

f) O corpo de prova assim preparado deve ser colocado em estufa a 60^0C durante 48hs, ou até peso constante. Após este período retira-se o corpo de prova da estufa e deixa-se esfriar até a temperatura ambiente, e pesa-se.

g) Depois de pesado o corpo de prova é imerso em banho de água a 25^0C durante 90 minutos no mínimo; terminado este período, o corpo de prova é colocado no recipiente metálico e fixado pelas sapatas. Leva-se o recipiente com o corpo de prova para a máquina, adaptando-se nos suportes horizontais da misturadora, monta-se a cabeça de abrasão e se faz o acoplamento ao eixo da máquina.

h) Coloca-se água destilada a 25^0C no recipiente até cobrir a amostra com uma lâmina de água de cerca de 0,6cm de altura.

   Suspende-se a montagem até que o tubo de borracha da cabeça de abrasão exerça uma pressão uniforme de 5 lbs. Sobre o corpo de prova. Encaixa-se o bloco de sustentação de madeira para evitar que a montagem varie de posição.

i) Liga-se a máquina na velocidade mínima e deixa-se a borracha atritar o corpo de prova durante 5 minutos – (144 rpm do eixo e 42,6 volts do planetário).

j) Terminado este período para-se a máquina, retira-se o bloco de sustentação, baixa-se o recipiente e lava-se perfeitamente o corpo de prova a fim de afastar todas as partículas soltas.

l) Retorna-se o corpo de prova a estufa a 60^0C até secagem completa cerca de 48hs e pesa-se.

V. VALOR DO DESGASTE

O valor do desgaste em gramas, é dado pela diferença de peso do corpo de prova antes e depois do desgaste.

Com o tubo de borracha de 12,7cm, usando-se esta máquina misturadora, a área efetivamente atritada é 0,447 pe^2, para termos a área de um pe^2 o fator é 2,24.

ANEXO XVI – ENSAIO ACELERADO DE ADESIVIDADE COM AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO – ENSAIO EXPEDITO

1. OBJETIVO

Este Método Expedito, apresentado de modo resumido, fixa o modo pelo qual se verifica a Adesividade do Agregado Graúdo com Cimento Asfáltico de Petróleo, e do Agregado Miúdo com Cimento Asfáltico de Petróleo e com Emulsões Asfálticas Catiônicas, de modo acelerado através de fervura em água.

2. AGREGADO GRAÚDO

2.1. Com Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)

Procede-se como no DNER-ME 78/94, com as seguintes modificações:

2..1. Usa-se uma amostra de 300g de Agregado (em vez de 500g) e 10,5g de CAP (em vez de 17,5g);

2..2. Em lugar do frasco permanecer 72 horas em estufa a 40^0C, ele é colocado dentro de um banho de uma solução glicerina (≈ 85% em volume) em água já aquecido a 110^0C – 115^0C. Quando a água do frasco entrar em ebulição deixa-se passar 3 minutos, após os quais se retira a amostra que é deixada esfriar e examinada conforme o ME 78/94.

2..3. Se a adesividade for não satisfatória pode-se optar pela repetição do Ensaio seguindo integralmente o DNER-ME 78/94, prevalecendo este último resultado.

Nota – Com Emulsão Asfáltica Catiônica (EAC) seguir o Método apresentado no ANEXO VI.

ANEXO XVI – ENSAIO ACELERADO DE ADESIVIDADE COM AGREGADO GRAÚDO E MIÚDO – ENSAIO EXPEDITO

3. AGREGADO MIÚDO (Inclusive o Filler*)

3.1. Preparo da Amostra

- Compor uma amostra total de todo o Agregado passando na peneira n^0 10 (2,0mm), com as respectivas porcentagens de cada componente de acordo com a Granulometria do Projeto, com um peso aproximado de 300g, e colocá-la na estufa a 120^0C por 3 horas.
- Após o resfriamento da amostra total, homogeneizá-la e retirar dela uma amostra de 100g $\pm$ 1g.

3.2. Com Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)

- Aquecer a amostra do Agregado (100 $\pm$ 1g) a 100^0C e misturá-la com (p $\pm$ 1) gramas do CAP (sem e/ou com dope) aquecido a 120^0C, sendo $p = 7(5 + 1,3f)^{0,2}$ onde f é porcentagem passando na peneira n^0 200 (0,074mm).
- Após o esfriamento da mistura asfáltica assim preparada, colocá-la dentro de um bécher com 150ml de água destilada, que por sua vez é colocado dentro de um recipiente contendo um banho de uma solução de glicerina ($\approx$ 85% em volume) em água já aquecido a 110^0C – 115^0C. Quando a água do bécher entrar em ebulição deixa-se passar 3 minutos, após os quais se retira a amostra que é deixada esfriar e examinada conforme o DNER-ME 78/94.
- Se a adesividade for não satisfatória pode-se optar pela execução do Ensaio DNER-ME 79/94 (Agregado – Adesividade a ligante betuminoso).

3.3. Com Emulsão Asfáltica Catiônica (Ruptura Média e Lenta)

- O preparo da amostra é como em 3.1.

- Na temperatura ambiente (se for menor aquecer a EAC a essa temperatura) misturar a amostra (100 $\pm$ 1g) com (p $\pm$ 1) gramas de Emulsão, sendo $p = 7(5 + 1,3f)^{0,2}$ onde f é porcentagem passando na peneira n^0 200 (0,074mm).

- Aguardar que ocorra a completa ruptura da EAC, que é notada pela mudança da coloração de marrom para preto. Deixar a amostra repousar durante 1 hora, transferi-la para uma bandeja metálica e levá-la à estufa a $(135 \pm 2)^0$C durante 3 horas, para que a ruptura e a cura se completem.

- Após o resfriamento da amostra, colocá-la dentro de um bécher com 150ml de água destilada e proceder como no item 3.2.

- Se a adesividade for não satisfatória pode-se optar pela execução do Ensaio DNER-ME 79/94 (que será considerada satisfatória se alcançar pelo menos o número 1).

ANEXO XVII – DETERMINAÇÃO DA FORMA DO AGREGADO GRAÚDO PELA PERCENTAGEM DE GRÃOS DEFEITUOSOS

1 OBJETIVO

Este método tem por objetivo determinar de maneira prática e simples o percentual de Grãos Defeituosos em uma Amostra de Agregados Graúdos.

2 APARELHAGEM

- Conjunto de Peneiras de Malha Quadrada da série ASTM entre 2” (50,8mm) e a Nº 4 (4,8mm);
- Paquímetro com precisão de décimo de milímetro.

3 – DETERMINAÇÃO

3.1 - Toma-se 20 partículas do Agregado Graúdo com Tamanho entre o seu Diâmetro Máximo (Dmax) e a metade do seu Diâmetro Máximo (Dmax ÷ 2).

3.2 – Mede-se com Paquímetro e anota-se de cada partícula a Maior Dimensão (Comprimento – L) e a Menor Dimensão (Altura – g).

3.3 – Adota-se para todas as partículas a mesma Largura – e, com e = 3/4 x Dmax.

3.4 - Para cada partícula: se L + 1,2 g > 6e, o Grão é Defeituoso.

4 – RESULTADO

O número de Grãos Defeituosos em percentual das 20 partículas da amostra é o resultado.

Do depósito da emulsão estocada retira-se uma amostra para os ensaios de:

- Viscosidade Saybolt-Furol (sSF) (MB-581)
- Peneiração (MB-609)
- Carga da partícula (NBR-6577)
- % de CAP ("Ensaio de emulsão asfáltica – Determinação do resíduo asfáltico por evaporação – Método expedito para canteiro de obra" (cópia no anexo) - aprovado pela comissão de asfalto do IBP

Traça-se a curva "viscosidade x temperatura (3 pontos: 25^0C – 50^0C – 80^0C)

De cada componente do agregado nos silos (inclusive o filer, se for o caso) retira-se amostras para os ensaios de:

- Granulometria (DNER-ME 83) – estabelece-se a granulometria de projeto obedecendo a faixa granulométrica indicada;
- Determina-se a massa específica real (ou densidade real) do agregado graúdo (DNER-ME 81), do agregado miúdo (DNER-ME 84) e do filer (material passando na peneira N° 200) (DNER-ME 85) e calcula-se a média ponderada, denominada densidade real do agregado – Dreal, tornando-se como peso da ponderação as percentagens de cada agregado e filer na mistura seca.
- Calcula-se a superfície específica (Σ) da mistura seca de agregado + filer pela fórmula de Vogt (cópia no anexo) e com base nela calcula-se o teor de CAP residual aproximado (p_1), sobre a mistura seca, utilizando-se a 2ª fórmula de Duriez [$p_1 = K(\Sigma)^{0,2}$], com K entre 3,2 e 4,2. De posse do teor de CAP residual p_1, calcula-se o teor de emulsão (p_2), sobre a mistura seca, com base no resultado do ensaio de resíduo asfáltico (método expedito para canteiro de obra).

Em seguida calcula-se o teor de emulsão (p_3) sobre o peso da mistura total.

Realiza-se misturas experimentais com teores de emulsão entre ($p_3 \pm 2$)%, com tempo de mistura de 30 segundos se for mecânica e de 30 a 120 segundos se a mistura for manual, determinando-se visualmente a melhor condição de envolvimento do ligante no agregado, a qual corresponde um teor de molhagem (hm) de:

- 0,5 a 2,0% para as faixas granulométricas A e B;
- 2,0 a 5,0% para as faixas granulométricas C, D, E e F.

É importante, principalmente para as faixas A e B, levar-se em conta também o teor de asfalto escorrido, ou teor de drenagem (TD), correspondente ao teor de CAP residual perdido no manuseio e transporte do PMF, definido da seguinte forma:

$$TD = (mb / ma) \times 100$$

onde: mb = massa do CAP residual obtida ao secar-se a 110°C até constância de peso o líquido escorrido de uma amostra da mistura cuja massa de agregado é (ma), colocada durante 30 minutos sobre a peneira N° 20 (0,84mm)

O TD deve ser o menor possível e nunca ultrapassar a 0,5%.

A hot de compactação é geralmente considerada: hot = 0,6 (hm + hE) sendo hE a umidade trazida pela água da emulsão.

Molda-se 5 corpos de prova (CP) Marshall a frio (DNER-ME 107) com os seguintes teores de emulsão: (p_3 – 2) %, (p_3 – 1)%; p_3%, (p_3 + 1)% e p_3 + 2)% e prosseguindo com o Marshall traça-se as 4 curvas de: estabilidade x p_3; vazios x p_3; massa específica aparente x p_3 e fluência x p_3 (este último só para as faixas E e F). Coteja-se os resultados obtidos com o especificado no Item 2.4 da SOP-ES-P 16/19, seleciona-se o teor ótimo de emulsão como o teor de projeto da mistura (p_3), em relação ao peso total, lembrando-se que de um modo geral o tempo de vida útil de uma massa asfáltica cresce com o teor de asfalto.

a) Mistura a frio (PMTM-F)

Do depósito da emulsão estocada retira-se uma amostra para os ensaios de:

- Viscosidade Saybolt-Furol (sSF) (MB-581)
- Peneiração (MB-609)
- Carga da partícula (NBR-6577)
- % de CAP ("Ensaio de emulsão asfáltica – Determinação do resíduo asfáltico por evaporação – Método expedito para canteiro de obra" - aprovado pela comissão de asfalto do IBP).

Traça-se a curva "viscosidade x temperatura" (3 pontos: 25^0C – 50^0C – 80^0C)

De cada componente do agregado nos silos retira-se amostras para os ensaios de:

- Granulometria (DNER-ME 83) – Determina-se a granulometria de projeto de acordo com a faixa granulométrica indicada.
- Massa específica real (densidade) do – Agregado graúdo (DNER-ME 81) - D_{real}.

Calcula-se a superfície específica (Σ) da mistura seca de agregados pela fórmula de Vogt (cópia no anexo) e com base nela calcula-se o teor de CAP residual aproximado (p_1) pela 2ª fórmula de Duriez [$p_1 = K\ (\Sigma)^{0,2}$], com K = 3,2. De posse do teor de CAP residual p_1, calcula-se o teor de emulsão (p_2), sobre a mistura seca, com base no resultado do ensaio de resíduo asfáltico (método expedito para canteiro de obra). Em seguida calcula-se o teor de emulsão (p_3) sobre o peso da mistura total.

Realiza-se misturas experimentais com teores de emulsão entre ($p_3 \pm 2$)%, com tempo de mistura de 30 segundos se for mecânica e de 30 a 120 segundos se for manual, determinando-se visualmente a melhor condição de

envolvimento do ligante no agregado, a qual corresponde um teor de molhagem (hm) de 0,5 a 1,0%.

É importante, principalmente para as faixas A e B, levar-se em conta, também, o teor de asfalto escorrido, ou teor de drenagem (TD), correspondente ao teor de CAP residual perdido no manuseio e transporte do PMTM, definido da seguinte forma:

TD = (mb / ma) x 100

onde: (mb) = massa do CAP residual obtida ao secar-se, a 110°C até constância de peso, o líquido escorrido de uma amostra da mistura cuja massa de agregado é (ma), colocada durante 30 minutos sobre a peneira N° 20 (0,84mm).

O TD deve ser o menor possível e nunca ultrapassar a 0,5%.

O teor de emulsão do intervalo ($p_3 \pm 2$) % que melhor satisfaz, simultaneamente, ao envolvimento e ao escoamento é o indicado para a mistura.

Tenta-se, então, se obter a massa específica aparente (ou densidade aparente), que é uma operação melindrosa devido às pequenas dimensões do molde Marshall e das fraturas provocadas no agregado pelo soquete Marshall para se poder estimar a % de vazios (há quem preconize moldes de maiores dimensões e vibração externa).

A mistura em laboratório deve ser feita com a emulsão RM-2C na viscosidade entre 90 e 150 sSF (entre 40°C e 80°C), sendo satisfatório o envolvimento e o escorrimento.

b) <u>Mistura a quente (PMTM-Q)</u>

Procede-se de forma semelhante à mistura a frio, produzindo-se no laboratório corpo de prova para determinação da densidade aparente e se estimar a % de vazios.

ANEXO XIX – ROTEIRO PARA PROJETO DE MISTURA ASFÁLTICA TIPO MACADAME A QUENTE E A FRIO

O CAP para a mistura deverá estar com a viscosidade de 85 ± 10 sSF (145°C a 165°C).

Calcula-se a superfície específica da mistura seca de agregados, o teor de CAP pela fórmula de Duriez, com K = 3,2. Realiza-se misturas experimentais no intervalo do teor ótimo ± 2%, determinando-se visualmente a melhor condição de envolvimento do ligante no agregado e tenta-se obter no molde Marshall (ou outro de maior dimensão) a densidade aparente e a % de vazios.

O projeto da mistura asfáltica de execução deverá ser submetido à aprovação pela fiscalização.

SOP-CE | SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS PÚBLICAS

Av. Alberto Craveiro, 2775 Térreo | Castelão | Fortaleza/CE
CEP: 60.861-211 | CNPJ: 33.866.288/0001-30
Horário de Atendimento: 08 às 17 Horas
Contato: (85) 3108.2800 / 2801
Disponível no site: www.sop.ce.gov.br