Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – PBH

Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura – SMOBI

Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP

Diretoria de Planejamento e Controle de Empreendimentos – DPLC-SD

Gerência de Normas e Padrões Técnicos – GENPA-SD

CADERNO DE ENCARGOS SUDECAP

Este documento faz parte do Caderno de Encargos SUDECAP disponível no Portal PBH.

São reservados à Prefeitura Municipal de Belo Horizonte todos os direitos autorais. Desde que o documento seja referenciado, é permitida a reprodução do seu conteúdo. A violação dos direitos autorais sujeita os responsáveis às sanções cíveis, administrativas e criminais previstas da legislação.

CAPÍTULO 20

PAVIMENTAÇÃO

4ª EDIÇÃO

PUBLICAÇÃO: 21/11/2018

ATUALIZAÇÃO: 04/03/2026

SUMÁRIO

20 PAVIMENTAÇÃO 2
20.1 OBJETIVO 2
20.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL, NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES 2
20.3 REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SUBLEITO 4
20.4 REFORÇO DO SUBLEITO 7
20.5 SUB-BASE DE PAVIMENTOS 11
20.6 BASE DE PAVIMENTOS 15
20.7 SUB-BASE E BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO 20
20.8 TRANSPORTE DE MATERIAL DE PAVIMENTAÇÃO 25
20.9 IMPRIMAÇÃO E PINTURA DE LIGAÇÃO 26
20.10 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE 29
20.11 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE COM ASFALTO-BORRACHA 35
20.12 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE COM ASFALTO-POLÍMERO 40
20.13 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS 49
20.14 FRESAGEM DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS 53
20.15 REVESTIMENTO COM ALVENARIA POLIÉDRICA 55
20.16 REATERRO DE VALAS E RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS 58
20.17 MANUTENÇÃO POR TAPA BURACO 66
20.18 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS 66
20.19 REFERÊNCIAS 67

20 PAVIMENTAÇÃO

20.1 OBJETIVO

O Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução dos serviços de pavimentação, com a terraplenagem concluída, separando as etapas executivas por tipo de estrutura.

A Figura 1, juntamente com a Tabela 1, apresentam a seção típica associada às referências dos tópicos apresentados no sumário do capítulo.

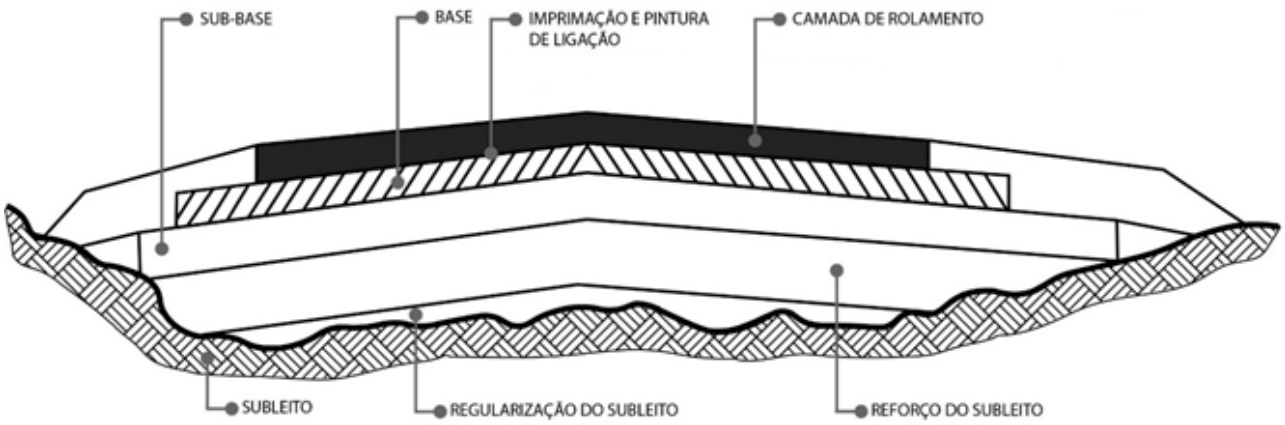


Figura 1 - Nomenclatura da seção típica dos assuntos tratados do capítulo. Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1 - Referências dos tópicos apresentados no Sumário do capítulo. Fonte: Elaboração própria.

Seção típica	Tópico
REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO	20.3 - REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SUBLEITO
REFORÇO DO SUBLEITO	20.4 - REFORÇO DO SUBLEITO
SUB BASE	20.5 - SUB BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE
	20.7 - SUB BASE E BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO
BASE	20.6 - BASE DE PAVIMENTOS
	20.7 - SUB BASE E BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO
IMPRIMAÇÃO E PINTURA DE LIGAÇÃO	20.9 - IMPRIMAÇÃO E PINTURA DE LIGAÇÃO
CAMADA DE ROLAMENTO	20.10 - CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE
	20.11 - CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE COM ASFALTO BORRACHA
	20.12 - CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE COM ASFALTO POLÍMERO
	20.13 - TRATAMENTOS SUPERFICIAIS
	20.15 - REVESTIMENTO COM ALVENARIA POLIÉDRICA

20.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL, NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES

DNER-EM 035/95 - Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos

DNER-EM 362/97 - Asfaltos diluídos tipo cura rápida

DNER-EM 363/97 - Asfaltos diluídos tipo cura média

DNER-EM 364/97 - Alcatrões para pavimentação

DNER-EM 367/97 - Material de enchimento para misturas betuminosas

DNER-ME 035/98 - Agregados - Determinação da abrasão “Los Angeles”

DNER-ME 043/95 - Misturas betuminosas a quente - Ensaio Marshall

DNER-ME 051/94 - Solos - Análise granulométrica

DNER-ME 054/97 - Equivalente de areia

DNER-ME 057/94 - Microesferas de vidro retro refletivas para demarcação viária - Determinação do teor de sílica

DNER-ME 059/94 - Emulsões asfálticas - Determinação da resistência à água (adesividade) (NBR 6300)

DNER-ME 078/94 - Agregado graúdo - Adesividade a ligante betuminoso

DNER-ME 079/94 - Agregado - Adesividade a ligante betuminoso

DNER-ME 080/94 - Solos - Análise granulométrica por peneiramento

DNER-ME 082/94 - Solos - Determinação do limite de plasticidade

DNER-ME 083/98 - Agregados - Análise granulométrica

DNER-ME 086/94 - Agregado - Determinação do índice de forma

DNER-ME 089/94 - Agregados - Avaliação da durabilidade pelo emprego de sulfato de sódio ou de magnésio

DNER-ME 092/94 - Solo - Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia

DNER-ME 122/94 - Solos - Determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito

DNER-ME 148/94 - Material betuminoso - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão

DNER-ME 162/94 - Solos - Ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas

DNER-ME 180/94 Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada

DNER-ME 181/94 - Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada - Determinação da resistência à tração

DNER-ME 384/99 - Estabilidade ao armazenamento de asfalto polímero

DNIT 031/2006-ES - Pavimentos Flexíveis - Concreto Asfáltico

DNIT 032/2005-ES - Pavimentos Flexíveis - Areia Asfalto a quente

DNIT 033/2005-ES - Pavimentos Flexíveis - Concreto Asfáltico Reciclado a quente na usina

DNIT 034/2005-ES - Pavimentos Flexíveis - Concreto Asfáltico Reciclado a quente no local

DNIT 035/2018-ES - Pavimentação Asfáltica - Micro revestimento asfáltico

DNIT 047/2004-ES - Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte

DNIT 048/2004-ES - Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma- trilho

DNIT 049/2013-ES - Pavimento Rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma- deslizante

DNIT 056/2013-ES - Pavimento Rígido - Sub-base de cimento de concreto Portland compactada com rolo

DNIT 065/2004-ES - Pavimento Rígido - Sub-base de concreto de cimento Portland adensado por vibração

DNIT 066/2004-ES - Pavimento Rígido - Construção com peças pré-moldada de concreto de cimento Portland

DNIT 067/2004-ES - Pavimento Rígido - Reabilitação

DNIT 137/2010-ES - Pavimentação - Regularização do subleito

DNIT 138/2010-ES - Pavimentação - Reforço do subleito

DNIT 139/2010-ES - Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente

DNIT 140/2010-ES - Pavimentação - Sub-base de solo melhorado com cimento

DNIT 141/2010-ES - Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente

DNIT 143/2010-ES - Pavimentação - Base de solo cimento

DNIT 144/2014-ES - Pavimentação asfáltica - Imprimação com ligante asfáltico convencional

DNIT 145/2012-ES - Pavimentação - Pintura de ligação com ligante asfáltico convencional

DNIT 146/2012-ES - Pavimentação - Tratamento Superficial Simples com ligante asfáltico convencional

DNIT 147/2012-ES - Pavimentação asfáltica - Tratamento Superficial Duplo com ligante asfáltico convencional

DNIT 148/2012-ES - Pavimentação asfáltica - Tratamento Superficial Triplo com ligante asfáltico convencional

DNIT 149/2010-ES - Pavimentação asfáltica - Macadame betuminoso com ligante asfáltico convencional

DNIT 151/2010-ES - Pavimentação - Acostamentos

DNIT 152/2010-ES - Pavimentação - Macadame hidráulico

DNIT 153/2010-ES - Pavimentação asfáltica - Pré- misturado a frio com emulsão catiônica convencional

DNIT 111/2009-EM - Pavimentação flexível - Cimento asfáltico modificado por borracha de pneus inservíveis pelo processo via úmida, do tipo "Terminal Blending"

DNIT 129/2011-EM - Cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero eslastomérico

DNIT 165/2013-EM - Emulsões asfálticas para pavimentação

DNIT 130/2010-ME - Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos pelo ductilômetro

DNIT 155/2010-ME: Material asfáltico - Determinação da penetração

DNIT 164/2013-ME - Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas

DNIT 172/2016-ME - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas

20.3 REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SUBLEITO

20.3.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução dos serviços de regularização e compactação do subleito de vias a pavimentar (novas ou a serem restauradas), estando a terraplenagem concluída na cota estabelecida em projeto.

20.3.2 Definição

A regularização e a compactação do subleito visam corrigir eventuais falhas da superfície terraplenada, uma vez que, ao fim da terraplenagem espera-se que sua superfície apresente bom acabamento. A camada de regularização deve ter no máximo 20 cm de espessura, onde, o que exceder esta altura, será considerado como terraplenagem.

A CONTRATADA, em todos os casos (implantação de via e/ou recuperação de via existente), deverá realizar ensaios de suporte tipo Califórnia e de Grau de Compactação da regularização, onde o resultado deverá ser igual ou maior que 100%.

20.3.3 Condições específicas

20.3.3.1 Equipamentos

Para a execução da regularização e compactação do subleito, poderão ser utilizados os seguintes equipamentos:

- Motoniveladora com escarificador;
- Caminhão-pipa equipado com sistema de irrigação/aspersão apropriado;
- Rolos compactadores pé-de-carneiro, liso vibratório e pneumático, rebocados ou autopropelidos;
- Trator com grade de disco;
- Pulvimisturador.

Os equipamentos de compactação e mistura serão escolhidos em conformidade com o tipo de material empregado na regularização.

Sendo inviável o uso de equipamentos de maior porte, poderão ser utilizados os seguintes equipamentos:

- Placas vibratórias, sapos mecânicos ou rolos compactadores de pequeno porte para a compactação;
- Ferramentas manuais para a regularização, aeração e/ou umedecimento do material.

20.3.3.2 Materiais

Os materiais empregados na regularização do subleito serão os do próprio subleito. No caso de substituição ou adição de material, este deverá ser proveniente de ocorrências indicadas no projeto ou em laboratório (ensaios) no caso de restauração de pavimento existente, devendo satisfazer as seguintes exigências:

- Diâmetro máximo de partícula igual ou inferior a 76 mm;
- Expansão inferior a 2 %;
- Índice de Suporte Califórnia (ISC), determinado com a energia de compactação do método DNIT 172/2016-ME, igual ou superior ao indicado no projeto;
- Eventual adição e homogeneização de cimento ou cal em um percentual máximo de 3%, para se elevar o Índice de Suporte Califórnia.

20.3.3.3 Execução

A regularização e compactação do subleito deverá ser executada de acordo com os perfis transversais e longitudinais indicados no projeto utilizando-se sempre os equipamentos mais apropriados às especificidades dos serviços.

Após o término dos serviços de terraplenagem, onde todas as operações necessárias para se atingir o greide da camada foram concluídas, incluindo remoção de toda a vegetação e material orgânico, porventura existentes no leito da via, e execução de cortes ou aterros, será realizada uma escarificação geral na profundidade de 20 cm, seguida de pulverização, umedecimento ou aeração, compactação e acabamento.

A regularização deve ser executada prévia e isoladamente da construção de outra camada do pavimento (DNIT ES-137).

Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva (DNIT ES-137).

É responsabilidade da CONTRATADA a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los (DNIT ES-137).

O grau de compactação deverá ser, no mínimo, 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto) e o teor de umidade deverá ser a umidade ótima do ensaio citado $\pm$ 2 %.

Quando se tratar de serviços de recomposição de valas de drenagem ou de execução de remendos em pavimentos existentes, será admitido, a critério da FISCALIZAÇÃO, o uso de equipamentos de menor porte para a compactação do subleito, desde que a área da vala ou do remendo a ser trabalhado não permita o uso dos equipamentos usuais. As camadas devem apresentar uma espessura máxima de 10 cm e as valas dever ser reaterradas em comprimentos, por segmento, de no máximo 10 m. Deverá também apresentar o grau de compactação, no mínimo, 100 % em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto) e o teor de umidade deverá ser a ótima do ensaio citado $\pm$ 2 %.

Esta especificação aplica-se também a situações em que não há possibilidade do emprego de equipamentos convencionais, em razão dos locais de acentuada declividade, espaços exíguos para a operação dos mesmos e ainda pequenas áreas a serem trabalhadas, como os entornos de poços de visita, caixas de boca-de-lobo e outros eventuais obstáculos à operação de equipamento pesado.

20.3.3.4 Controle

20.3.3.4.1 Controle tecnológico

20.3.3.4.1.1 <u>Ensaios</u>

- No mínimo uma determinação do teor de umidade, obtido por meio de ensaio realizado conforme especificado na norma DNER-ME 213, a cada 100 m ou em mais pontos, a critério da FISCALIZAÇÃO, imediatamente antes da operação de compactação (Figura 3);
- Um ensaio de compactação, segundo o método DNIT ME-164 - Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas e DNER ME-162 - Solos - Ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto), ou em mais pontos, a critério da FISCALIZAÇÃO, em vias de menor extensão, para determinação da massa específica aparente seca máxima, com espaçamento máximo de 100 m de pista, com amostras coletadas em pontos obedecendo sempre a ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, bordo direito etc., a 60 cm do bordo ou do meio-fio (Figuras 2 e 3);

- O número de ensaios de compactação poderá ser reduzido, a critério da FISCALIZAÇÃO, desde que se verifique a homogeneidade do material. A amostragem (conjunto de ensaios para a determinação do valor estatístico) deverá ser feita na mesma frente de trabalho e não em frentes de trabalho separadas;
- Determinação da massa específica aparente, "*in situ*", obtido por meio de ensaio realizado conforme especificado na norma DNER-ME 092, com espaçamento máximo de 100 m na pista, nos pontos onde forem coletadas as amostras para os ensaios de compactação (Figuras 2 e 3).
- Ensaios de caracterização (limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria, adotando-se, respectivamente, os métodos DNER ME-122, DNER ME-082 e DNER ME-051), com espaçamento máximo de 250 m de pista (Figura 3);
- Um ensaio do índice de suporte Califórnia, de acordo com o método DNIT ME-172 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto), com espaçamento máximo de 250 m de pista, ou em mais pontos, a critério da FISCALIZAÇÃO, em vias de menor extensão, ou onde se verificar maior variação de comportamento do material empregado (Figura 3).

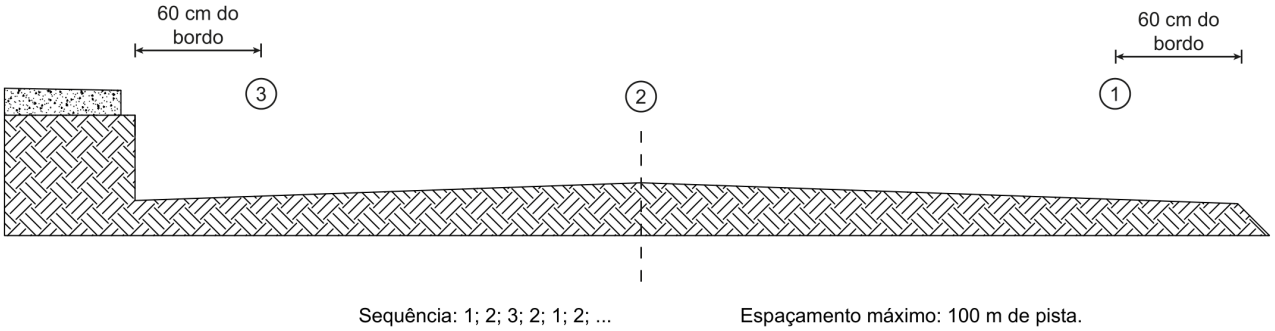
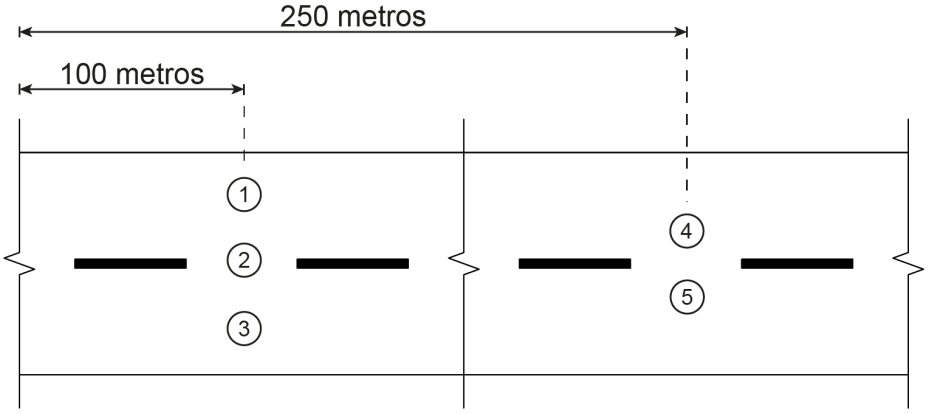


Figura 2 - Pontos de coleta de amostra para os ensaios de compactação e de determinação de massa específica aparente na etapa de regularização e compactação do subleito. Fonte: Elaboração própria.



Legenda:

1 - Determinação do teor de umidade;
2 - Ensaio de compactação;
3 - Determinação de massa específica aparente;
4 - Ensaios de caracterização (Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Granulometria);
5 - Ensaio do índice de suporte Califórnia.

Figura 3 - Espaçamento máximo para os pontos de coleta de amostra para a camada de subleito. Fonte: Elaboração própria.

20.3.3.4.1.2 *<u>Aceitação</u>*

Os valores máximos e mínimos decorrentes da amostragem, a serem confrontadas com os especificados, serão calculados pelas seguintes fórmulas:

$$X_{máx.} = \bar{x} + \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

$$X_{min..} = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

Para o caso do índice de suporte Califórnia, o valor μ, calculado de acordo com a fórmula abaixo, deverá ser igual ou superior ao valor mínimo especificado.

$$\mu = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}}$$

sendo:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{N} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{(\bar{x} - X)_2}{(N - 1)}}$$

- $N \geq 9$ (número de determinações feitas);
- μ = índice de suporte Califórnia;
- σ = desvio padrão.

20.3.3.4.2 Controle geométrico

Após a execução da regularização do subleito, serão realizados a relocação e o nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- 2 cm em relação às cotas do projeto;
- + 20 cm, para cada lado, quanto à largura de projeto, não se tolerando medida inferiores às especificadas;
- Até 20% em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

20.3.4 Critérios de medição e pagamento

20.3.4.1 Medição

A medição dos serviços de regularização e compactação do subleito será efetuada por metro quadrado (m²) de plataforma efetivamente regularizada e compactada, considerando o equipamento utilizado. Não serão medidas as diferenças de cortes e/ou aterros, admitidos nos limites de tolerância.

20.3.4.2 Pagamento

O pagamento será efetuado com base no preço unitário contratual, incluindo todas as operações de corte e/ou aterro até a espessura máxima de 20 cm em relação ao greide final de terraplenagem, a escarificação, o umedecimento ou aeração, a homogeneização, a conformação geométrica e a compactação do subleito, de acordo com o projeto, bem como toda a mão de obra e encargos necessários à sua execução.

Quando o serviço de regularização exceder de 20 cm, em corte ou aterro, o excedente será pago como serviço de terraplenagem.

20.4 REFORÇO DO SUBLEITO

20.4.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo definir as diretrizes para a execução dos serviços de reforço do subleito de vias a pavimentar (novas ou a serem restauradas).

20.4.2 Definição

Camada estabilizada granulometricamente, executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado, utilizada quando se torna necessário reduzir espessuras elevadas da camada de sub-base, originadas pela baixa capacidade de suporte do subleito.

20.4.3 Condições específicas

20.4.3.1 Equipamentos

Para a execução do serviço de reforço do subleito poderão ser usados os seguintes equipamentos:

- Motoniveladora pesada, com escarificador;
- Caminhão-pipa equipado com sistema de irrigação/aspersão apropriado;
- Rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso vibratório e pneumático, rebocados ou autopropelidos;
- Trator equipado com grade de disco;
- Equipamento pulvimisturador.

Os equipamentos de compactação e mistura serão escolhidos de acordo com o tipo de material empregado.

20.4.3.2 Materiais

O material a ser empregado deverá ser proveniente de empréstimos indicados no projeto, possuindo características superiores às dos materiais do subleito. Preferencialmente, serão empregados solos residuais (argila, saibros, etc.), selecionados na fase de projeto, dentre os melhores disponíveis.

O índice de Suporte Califórnia mínimo, determinado segundo método do DNIT ME-172 - Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas e com a energia de compactação do método DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto), deverá ser superior ao valor do Índice de Suporte Califórnia do subleito. A expansão máxima deverá ser de 1 %.

Conforme estabelecido na norma DNIT ES-137, os materiais, quando submetidos aos ensaios de caracterização DNER ME-080, DNER ME-082 e DNER ME-122, não devem possuir partículas com diâmetro máximo acima de 76 mm (3 polegadas).

O grau de compactação deverá ser no mínimo 100 % em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto) e o teor de umidade deverá ser a umidade ótima do ensaio citado ± 2 %.

20.4.3.3 Execução

Compreende as operações de escavação e carga no empréstimo, transporte, descarga, espalhamento, pulverização, umedecimento ou secagem, compactação do material importado lançado na pista regularizada e com o acabamento final.

Antes da importação do solo é necessário balizar os alinhamentos laterais colocando os piquetes devidamente espaçados e afastados, para evitar o deslocamento prematuro pela passagem das máquinas.

O material ou materiais importados deverão ser esparramados em camadas com espessura que, após a compactação, resulte entre 10 cm e 20 cm de camada compactada.

Antes da compactação, deve-se verificar o teor de umidade e se houver excesso, reduzir o teor por tombamentos sucessivos com motoniveladoras ou gradeamento do material.

20.4.3.4 Controle

20.4.3.4.1 Controle tecnológico

20.4.3.4.1.1 <u>Ensaios</u>

- Uma determinação do teor de umidade a cada 100 m, obtida por meio de ensaio realizado conforme especificado na norma DNER ME-213, imediatamente antes da operação de compactação (Figura 5);
- Um ensaio de compactação, segundo os métodos DNIT 164-ME - Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas e DNER ME-162 - Solos - Ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto), ou em mais pontos, a critério da FISCALIZAÇÃO, em vias de menor extensão, para determinação da massa específica aparente seca máxima, com espaçamento máximo de 100 m de pista, com amostras coletadas em pontos obedecendo sempre a ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, bordo direito etc., a 60 cm do bordo ou do meio-fio (Figuras 4 e 5).
- O número de ensaios de compactação poderá ser reduzido, a critério da FISCALIZAÇÃO, desde que se verifique a homogeneidade do material. A amostragem deve sempre ser recolhida numa camada constituída de materiais da mesma ocorrência (empréstimo ou jazida).
- Determinação da massa específica aparente, “in situ”, obtido por meio de ensaio realizado conforme especificado na norma DNER ME-092, com espaçamento máximo de 100 m na pista, nos pontos

onde forem coletadas as amostras para os ensaios de compactação (Figuras 4 e 5);

- Ensaios de caracterização (limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria, usando-se, respectivamente, os métodos DNER ME-122, DNER ME-082 e DNER ME-051), com espaçamento máximo de 250 m de pista (Figura 5);
- Um ensaio do índice de suporte Califórnia, de acordo com o método DNIT ME-172 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto), com espaçamento máximo de 250 m de pista, ou em mais pontos, a critério da FISCALIZAÇÃO, em vias de menor extensão, ou onde se verificar maior variação de comportamento do material empregado (Figura 5);

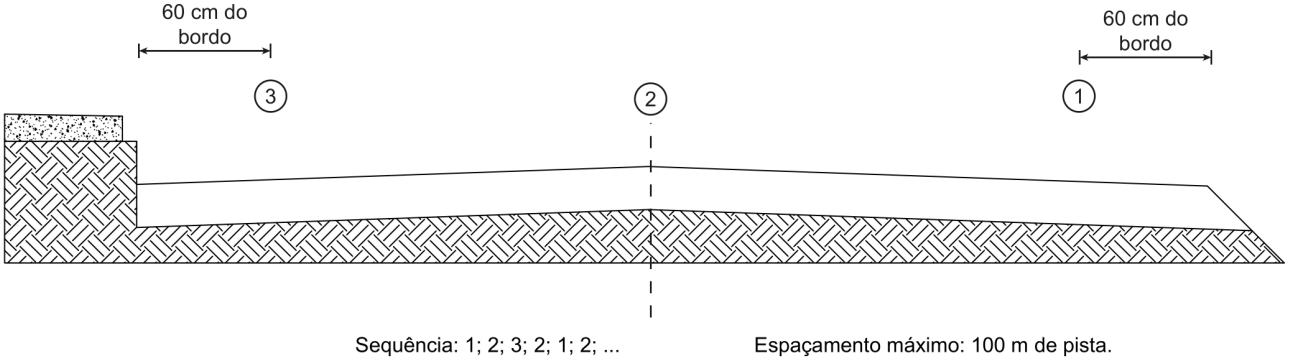
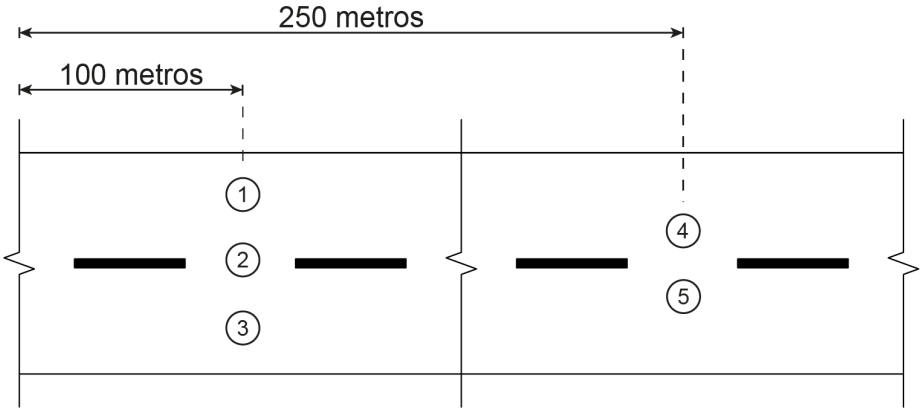


Figura 4 - Pontos de coleta de amostra para os ensaios de compactação e de determinação de massa específica aparente na camada de reforço do subleito. Fonte: Elaboração própria.



Legenda:

1 - Determinação do teor de umidade;
2 - Ensaio de compactação;
3 - Determinação de massa específica aparente;
4 - Ensaios de caracterização (Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Granulometria);
5 - Ensaio do índice de suporte Califórnia.

Figura 5 - Espaçamento máximo para os pontos de coleta de amostra na camada de reforço de subleito. Fonte: Elaboração própria.

20.4.3.4.1.2 *<u>Aceitação</u>*

Os valores máximos e mínimos decorrentes da amostragem, a serem confrontados com os especificados, serão calculados pelas seguintes fórmulas:

$$X_{máx.} = \bar{x} + \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

$$X_{min..} = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

Para o caso do índice de suporte Califórnia, o valor μ, calculado de acordo com a fórmula abaixo, deverá ser igual ou superior ao valor mínimo especificado.

$$\mu = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}}$$

sendo: $\bar{x} = \frac{\sum X}{N}$ $\sigma = \sqrt{\frac{(\bar{x} - X)_2}{(N - 1)}}$

- N ≥ 9 (número de determinações feitas);
- μ = índice de suporte Califórnia;
- σ = desvio padrão.

No caso da não aceitação dos serviços pela análise estatística, o trecho considerado será subdividido em subtrechos, fazendo-se um ensaio com material coletado em cada um deles.

Para os ensaios do índice de suporte Califórnia, cada um destes subtrechos terá uma extensão máxima de 100 m e, para os demais ensaios, uma extensão máxima de 50 metros.

Os subtrechos serão dados como aceitos, tendo em vista os resultados dos ensaios, face aos valores exigidos pelas especificações.

20.4.3.4.2 Controle geométrico

Após a execução do reforço do subleito, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo e dos bordos da pista. No caso da existência de meios-fios, a relocação e nivelamento serão executados, respectivamente, no eixo e a 10 cm do meio-fio, tanto de um lado quanto do outro da via. Serão permitidas as seguintes tolerâncias:

- + 10 cm, para cada lado, quanto à largura de projeto, não se tolerando medidas inferiores às especificas;
- Até 20 % em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

A espessura média da camada de reforço, determinada pela fórmula:

$$\mu = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}}$$

sendo: $\bar{x} = \frac{\sum X}{N}$ $\sigma = \sqrt{\frac{(\bar{x} - X)_2}{(N - 1)}}$

- N ≥ 9 (número de determinações feitas), não deve ser menor do que a espessura do projeto menos 1 cm;
- μ = índice de suporte Califórnia;
- σ = desvio padrão.

Na determinação de x̄ serão utilizados pelo menos 9 valores de espessuras individuais X, obtidas por nivelamento, conforme mencionado no primeiro parágrafo deste subitem, de 20 em 20 m, antes e depois das operações de espalhamento e compactação.

Não será tolerado qualquer valor individual de espessura fora do intervalo de ± 2 cm, em relação à espessura do projeto.

No caso de se aceitar, dentro das tolerâncias estabelecidas, uma camada de reforço com espessura média inferior à do projeto, a diferença será acrescida à camada imediatamente superior.

No caso de aceitação de camada de reforço dentro das tolerâncias, com espessura média superior à do projeto, a diferença não será deduzida da espessura do projeto da camada imediatamente superior.

20.4.4 Critérios de medição e pagamento

20.4.4.1 Medição

Os serviços de reforço do subleito devem ser apropriados e medidos pelo volume geométrico, em metros cúbicos (m³), de acordo com o grau de compactação.

O empréstimo do material utilizado no reforço deve ser apropriado e medido à parte, considerando o tipo de material. Do mesmo modo, o transporte do material deve ser apropriado e medido a parte, obedecendo aos critérios do item Transporte de material de qualquer categoria.

20.4.4.2 Pagamento

O pagamento será feito com base no preço unitário por metro cúbico apresentado para este serviço, incluindo o transporte na área de aplicação, espalhamento, mistura, umedecimento ou secagem, compactação, acabamento; e toda a mão de obra e encargos necessários à execução do serviço.

Serão pagas à parte, conforme especificação própria, as operações de escavação e carga na área de empréstimo, transporte e descarga dos materiais. na área de aplicação.

20.5 SUB-BASE DE PAVIMENTOS

20.5.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução de camadas de sub-bases (novas ou a serem restauradas).

20.5.2 Definição

Sub-base é a camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito.

20.5.3 Condições Específicas

20.5.3.1 Equipamentos

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para a execução de sub-bases:

- Motoniveladora pesada, com escarificador;
- Caminhão-pipa equipado com sistema de irrigação/aspersão apropriado;
- Rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso vibratório e pneumático, rebocados ou autopropelidos;
- Trator equipado com grade de disco;
- Equipamento pulvimisturador.

Além destes, poderão ser usados outros equipamentos, desde que aceitos pela FISCALIZAÇÃO.

20.5.3.2 Materiais

Os materiais a serem empregados devem apresentar Índice de Suporte Califórnia igual ou superior a 40 % e expansão máxima de 1 %, determinados segundo o método DNIT ME-172 e com a energia de compactação correspondente ao método do DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto).

O Índice de Grupo (IG) deverá ser igual a zero. O agregado retido na peneira nº 10 deve ser constituído de partículas duras e duráveis, isentas de fragmentos moles, alongados ou achatados, isento de matéria vegetal ou outras substâncias prejudiciais. O diâmetro máximo dos elementos da sub-base deverá ser, no máximo, igual a 5 cm (2”), devendo-se reduzir este diâmetro, sempre que possível. Os materiais constituintes são solos, mistura de solos, materiais britados, materiais cimentados, asfálticos e reciclados, os quais se aplicam:

- Asfálticos:
  - Solo-betume (SB)
  - Macadame betuminoso (MB)
  - Concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ)
  - Concreto asfáltico modificado por polímeros (CAMP)
  - Concreto asfáltico usinado a frio (CAUF)
- Cimentados
  - Brita graduada tratada com cimento (BGTC)

  - Solo melhorado com cimento (SMC)
  - Solo-brita-cimento (SBC)
  - Solo-cimento (SC)
  - Solo-cal (SCA)
- Granulares e Solos
  - Bica Corrida (BC)
  - Brita Graduada Simples (BGS)
  - Macadame hidráulico (MH)
  - Macadame seco (MS)
  - Solo arenoso fino laterítico (SAFL)
  - Solo argiloso laterítico (SAL)
  - Solo laterítico concrecionado (SLC)
- Reciclados
  - Escória de alto-forno (ESC)
  - Agregado reciclado de resíduo sólido de construção civil e demolições (RCD)
  - Mistura asfáltica fresada

Independentemente do material a ser utilizado, o mesmo deverá atender as especificações de projeto e os respectivos requisitos normativos correlatos.

20.5.3.3 Execução

Compreende as operações de espalhamento, pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento dos materiais importados, realizadas na pista devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam após a compactação, atingir a espessura constante do projeto.

Quando houver necessidade de se executar camadas de sub-base com espessura final superior a 20 cm, elas deverão ser subdivididas em camadas parciais, sempre com espessura máxima de 20 cm e mínima de 10 cm, após a compactação.

O grau de compactação deverá ser de mínimo no 100 % em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no ensaio DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação Modificada). Quaisquer outras especificações estabelecidas nos projetos deverão ser sempre atendidas.

A determinação do desvio máximo de umidade admissível será estabelecida pelo projeto ou pela FISCALIZAÇÃO, em função das características do material a ser empregado.

20.5.3.4 Controle

20.5.3.4.1 Controle tecnológico

20.5.3.4.1.1 <u>Ensaios a serem procedidos</u>

- Uma determinação do teor de umidade a cada 100 m, obtida por meio de ensaio realizado, conforme especificado na norma DNER ME-213, imediatamente antes da compactação, com peso mínimo da amostra de 500 g (Figura 7);
- Um ensaio de compactação segundo o método DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto) ou em mais pontos, a critério da FISCALIZAÇÃO, em vias de menor;
- Extensão, para determinação da massa específica aparente seca máxima, com espaçamento máximo de 100 m de pista, com amostras coletadas em pontos, obedecendo sempre a ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, bordo direito e assim sucessivamente, a 60 cm do bordo ou do meio-fio (Figuras 6 e 7). As amostras devem ser coletadas do material espalhado na pista, imediatamente antes da compactação da camada;
- O número de ensaios de caracterização física e mecânica poderá ser reduzido, desde que se verifique a homogeneidade do material, ficando a critério da FISCALIZAÇÃO;

- Determinação da massa específica aparente, “in situ”, obtido por meio de ensaio realizado conforme especificado na norma DNER-ME 092/94, com espaçamento máximo de 100 m na pista, ou em mais locais a critério da FISCALIZAÇÃO, nos pontos onde forem coletadas as amostras para os ensaios de compactação, a profundidade do furo será igual à espessura da camada compactada (Figuras 6 e 7);
- Ensaios de caracterização (limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria, usando-se, respectivamente, os métodos DNER ME-122, DNER ME-082 e DNER ME-051), com espaçamento máximo de 150 m de pista, sendo as amostras coletadas do material espalhado na pista, imediatamente antes da compactação da camada (Figura 7);
- Um ensaio do índice de suporte Califórnia, de acordo com o método DNIT ME-172 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto), com espaçamento máximo de 150 m de pista ou cinco ensaios em vias de menor extensão. Para o caso de solos lateríticos, o material deve ser moldado logo após a coleta da amostra, sem alteração da umidade da pista (Figura 7);
- A amostragem deve sempre ser recolhida numa camada constituída de materiais da mesma ocorrência (jazida).

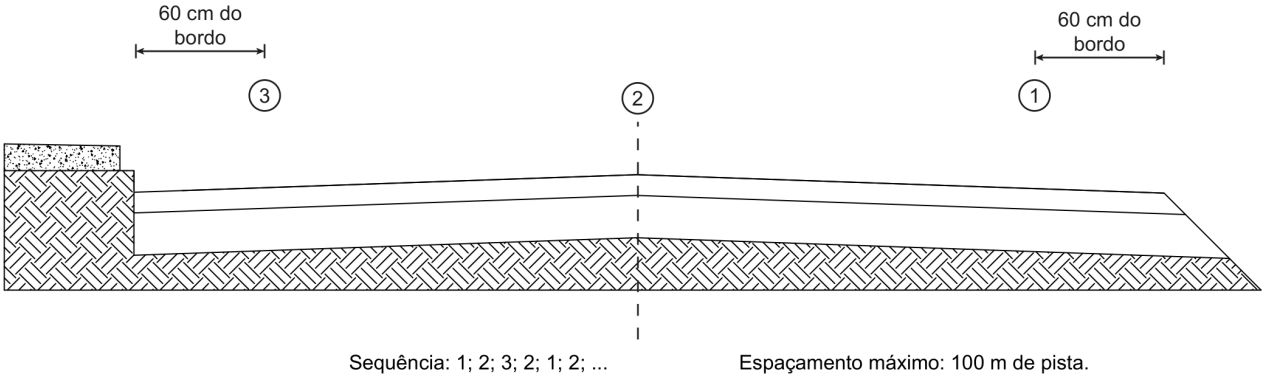
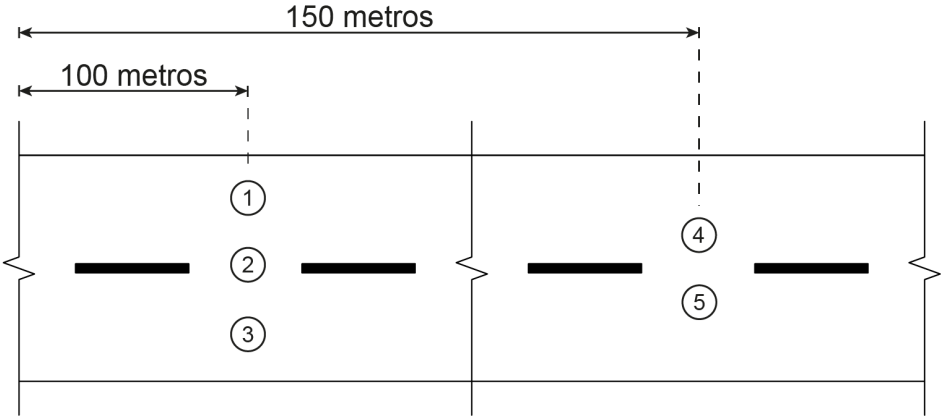


Figura 6 - Pontos de coleta de amostra para os ensaios de compactação e de determinação de massa específica aparente na camada de sub-base estabilizada granulometricamente. Fonte: Elaboração própria.



Legenda:

1 - Determinação do teor de umidade;
2 - Ensaio de compactação;
3 - Determinação de massa específica aparente;
4 - Ensaios de caracterização (Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Granulometria);
5 - Ensaio do índice de suporte Califórnia.

Figura 7 - Espaçamento máximo para os pontos de coleta de amostra na camada de sub-base estabilizada granulometricamente. Fonte: Elaboração própria.

20.5.3.4.1.2 <u>Aceitação</u>

Os valores máximos e mínimos decorrentes da amostragem, a serem confrontados com os especificados,

serão calculados pelas seguintes fórmulas:

$$X_{máx.} = \bar{x} + \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

$$X_{min..} = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

Para o caso do índice de suporte Califórnia, o valor μ, calculado de acordo com a fórmula abaixo, deverá ser igual ou superior ao valor mínimo especificado.

$$\mu = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}}$$

sendo: $\bar{x} = \frac{\sum X}{N}$ $\sigma = \sqrt{\frac{(\bar{x} - X)_2}{(N - 1)}}$

- N ≥ 9 (número de determinações feitas);
- μ = índice de suporte Califórnia;
- σ = desvio padrão.

No caso da não aceitação dos serviços pela análise estatística, o trecho considerado será subdividido em subtrechos, fazendo-se um ensaio com material coletado em cada um deles.

Para os ensaios do índice de suporte Califórnia, cada um destes subtrechos terá uma extensão máxima de 100 m e, para os demais ensaios, uma extensão máxima de 50 metros.

Os subtrechos serão dados como aceitos, tendo em vista os resultados dos ensaios, face aos valores exigidos pelas especificações.

20.5.3.5 Controle geométrico

Após a execução da sub-base, será realizada a relocação e o nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- + 10 cm, para cada lado, quanto à largura de projeto;
- Até 20 % em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- A espessura média da camada determinada pela fórmula:

$$\mu = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}}$$

sendo: $\bar{x} = \frac{\sum X}{N}$ $\sigma = \sqrt{\frac{(\bar{x} - X)_2}{(N - 1)}}$

- N ≥ 9 (número de determinações feitas), não deve ser menor do que a espessura do projeto menos 1 cm;
- μ = índice de suporte Califórnia;
- σ = desvio padrão.

Na determinação de $\bar{x}$, serão utilizados pelo menos 9 valores de espessuras individuais X, obtidas por nivelamento do eixo de 20 em 20 m, antes e depois das operações de espalhamento e compactação. Existindo meios-fios, o nivelamento será feito no eixo e junto aos meios-fios.

Não se tolerará nenhum valor individual de espessura fora do intervalo de ±2 cm, em relação à espessura do projeto.

No caso de se aceitar, dentro das tolerâncias estabelecidas, uma camada de sub-base com espessura média inferior à do projeto, a diferença será acrescida à camada de base.

No caso de aceitação de camada da sub-base dentro das tolerâncias, com espessura média superior a do projeto, a diferença não será deduzida da espessura do projeto referente a camada de base.

20.5.4 Critérios de medição e pagamento

20.5.4.1 Medição

Os serviços de execução de sub-base sem mistura devem apropriados e medidos pelo volume geométrico, em metros cúbicos (m³) de acordo com o equipamento (rolo liso vibratório, placa vibratória) e material aplicado.

O fornecimento e transporte do material aplicado está incluído no serviço de execução da sub-base e não deve ser apropriado e pago separadamente.

20.5.4.2 Pagamento

O pagamento será efetuado conforme o preço unitário apresentado para este serviço, compreendendo a aquisição do material, transporte, todas as operações de limpeza de jazida, escavação, carga, confecção dos caminhos de serviço dentro da área da jazida ou utilizados para transporte, espalhamento, umedecimento ou aeração, homogeneização, compactação e conformação geométrica, bem como a mão de obra e todos os encargos necessários à sua execução.

20.6 BASE DE PAVIMENTOS

20.6.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução de camada de base.

20.6.2 Definições

Define-se como base a camada de pavimentação destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado.

Entende-se por estabilização granulométrica o processo de melhoria da capacidade resistente de materiais "*in natura*" ou mistura de materiais, mediante emprego de energia de compactação adequada, de forma a se obter um produto final com propriedades adequadas de estabilidade e durabilidade.

20.6.3 Condições Específicas

Esta especificação também se aplica a situações em que não há possibilidade do emprego de equipamentos convencionais, em razão dos locais com acentuada declividade, espaços exíguos para a operação dos mesmos, e ainda, pequenas áreas a serem trabalhadas, como entorno de poços de visita para a drenagem pluvial e canalização, entorno das caixas de boca de lobo e outros eventuais obstáculos à operação de equipamento pesado.

20.6.4 Equipamentos

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para a execução da base estabilizada granulometricamente:

- Motoniveladora pesada, com escarificador;
- Caminhão-pipa equipado com sistema de irrigação/aspersão apropriado;
- Rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso vibratório e pneumático, rebocados ou autopropelidos;
- Trator equipado com grade de disco;
- Equipamento pulvimisturador;
- Pá-carregadeira;

Sendo inviável o uso de equipamento de maior porte, poderão ser utilizados os seguintes:

- Placas vibratórias, sapos mecânicos ou rolos compactadores de pequeno porte para a compactação;
- Ferramentas manuais para a regularização, aeração e/ou umedecimento do material.

20.6.4.1 Materiais

Os materiais a serem utilizados deverão atender aos parâmetros da presente especificação, as disposições do projeto e a sua procedência deverá ser indicada pelo mesmo.

Dentre os materiais a serem utilizados para execução da camada de base estabilizada granulometricamente, pode-se citar os solos estabilizados naturalmente, as misturas de solos, os materiais britados, os materiais cimentados, asfálticos e reciclados, conforme relacionados a seguir:

- Asfálticos
  - Solo-betume (SB)
  - Macadame betuminoso (MB)
  - Concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ)
  - Concreto asfáltico modificado por polímeros (CAMP)
  - Concreto asfáltico usinado a frio (CAUF)
  - Concreto betuminoso pré-misturado a frio (PMF)
  - Concreto betuminoso pré-misturado a quente (CBUQ)
- Concretos
  - Concreto compactado com rolo (CCR)
  - Concreto de cimento Portland (CCP)
  - Concreto armado (CAR)
  - Concreto protendido (CPT)
- Cimentados
  - Brita graduada tratada com cimento (BGTC)
  - Solo-brita-cimento (SBC)
  - Solo-cimento (SC)
  - Solo-cal (SCA)
- Granulares e Solos
  - Bica Corrida (BC)
  - Brita Graduada Simples (BGS)
  - Macadame hidráulico (MH)
  - Macadame seco (MS);
  - Solo arenoso fino laterítico (SAFL)
  - Solo argiloso laterítico (SAL)
  - Solo laterítico concrecionado (SLC)
  - Solo saprolítico (SS)
  - Solo-brita (SB)
- Reciclados
  - Escória de alto-forno (ESC);
  - Agregado reciclado de resíduo sólido de construção civil e demolições (RCD);

– Mistura asfáltica fresada.

Para bases realizadas com misturas, teremos as seguintes porcentagens:

- 50 % de solo local e 50 % de canga de minério de ferro
- 50 % de solo local e 50 % de escória
- 40 % de solo local e 60 % de canga de minério de ferro
- 40 % de solo local e 60 % de escória

As bases assim constituídas se aplicam a vias locais ou coletoras com reduzido volume e peso de tráfego.

Independentemente do material a ser utilizado, o mesmo deverá atender às especificações de projeto e os respectivos requisitos normativos correlatos.

20.6.4.1.1 Parâmetros de Controle para materiais constituintes de solos, mistura de solos, e materiais britados

O Índice de Suporte Califórnia (ISC) deverá obedecer aos seguintes valores, relacionados ao número N de operações do eixo padrão de 8,2 t, para o período de projeto:

- ISC $\geq$ 60 % para N $\leq$ 5 x 10^6;
- ISC $\geq$ 80 % para N $>$ 5 x 10^6.

Os valores mínimos do ISC devem ser verificados dentro de uma faixa de variação de umidade, a qual será fixada pelo projeto e pelas especificações particulares.

- LL (limite de liquidez) $\leq$ 40 %;
- IP (índice de plasticidade) $\leq$ 15 %.

Conforme a NORMA DNIT ES-141: “O agregado retido na peneira n° 10 deve ser constituído de partículas duras e resistentes, isentas de fragmentos moles, alongados ou achatados, e isento de matéria vegetal ou outra substância prejudicial. Quando submetidos ao ensaio de abrasão Los Angeles (DNER ME-035), não devem apresentar desgaste superior a 55%, admitindo-se valores maiores, no caso de, em utilização anterior, terem apresentado desempenho satisfatório”.

Os materiais devem satisfazer a uma das seguintes faixas granulométricas (Tabela 2), em porcentagem de peso:

Tabela 2 - Faixas granulométricas para misturas. Fonte: Elaboração própria.

Peneiras		**Faixas (%)**	
Polegadas	**mm**	**A**	**B**
2”	50,8	100	-
1”	25,4	75 – 100	100
3/8”	9,5	40 – 85	60 – 95
N° 4	4,8	20 – 75	30 – 85
N° 10	2,0	15 – 60	15 – 60
N° 40	0,42	10 – 45	10 – 45
N° 200	0,074	5 – 30	5 – 30

A canga de minério de ferro a ser empregada deverá ser preferencialmente de natureza limonítica, caracterizada pela cor avermelhada, sendo desejável que tenha índice de plasticidade mínimo de 5 % (5 % $\leq$ IP $<$ 15 %).

20.6.4.2 Execução

Compreende as operações de espalhamento, pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento dos materiais importados, realizadas na pista devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura constante do projeto. Deve-se utilizar como referência as especificações descritas na norma DNIT ES-141.

Quando houver necessidade de se executar camadas de base com espessura final superior a 20 cm, elas

deverão ser subdivididas em camadas parciais, sempre com espessura máxima de 20 cm e mínima de 10 cm, após a compactação. O grau de compactação deverá ser conforme determinação do projeto:

- No mínimo 100 % em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no ensaio DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação Modificada).

A determinação do desvio máximo de umidade admissível será estabelecida pelo projeto ou pela FISCALIZAÇÃO, em função das características do material a ser empregado.

20.6.4.3 Controle

20.6.4.3.1 Controle Tecnológico

20.6.4.3.1.1 Ensaios a serem procedidos

- Uma determinação do teor de umidade a cada 100 m, obtida por meio de ensaio realizado conforme especificado na norma DNER ME-213, imediatamente antes da compactação, com peso mínimo da amostra de 500 g (Figura 9);
- Um ensaio de compactação segundo o método DNIT ME-164 (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto), ou em mais pontos, a critério da FISCALIZAÇÃO, em vias de menor extensão, para a determinação da massa específica aparente seca máxima, com espaçamento máximo de 100 m de pista, com amostras coletadas em pontos, obedecendo sempre a ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, bordo direito etc., a 60 cm do bordo ou do meio-fio, como mostrado na (Figuras 8 e 9). As amostras devem ser coletadas do material espalhado na pista, imediatamente antes da compactação da camada ou em mais pontos a critério da fiscalização para vias de pouca extensão;
- Determinação da massa específica aparente, "*in situ*", obtido por meio de ensaio realizado conforme especificado na norma DNER ME-092, com espaçamento máximo de 100 m na pista ou em mais pontos a critério da FISCALIZAÇÃO, nos pontos onde forem coletadas as amostras para os ensaios de compactação, a profundidade do furo será igual à espessura da camada compactada;
- Ensaios de caracterização (limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria, usando-se, respectivamente, os métodos DNER ME-122, DNER ME-082 e DNER ME-051), com espaçamento máximo de 150 m de pista, sendo as amostras coletadas do material espalhado na pista, imediatamente antes da compactação da camada;
- Um ensaio do índice de suporte Califórnia, de acordo com o método DNIT 172-ME (considerando-se a energia de compactação especificada em projeto), ou com energia de compactação do método T-180-57 da AASHTO, com espaçamento máximo de 150 m de pista. Para o caso de solos lateríticos, o material deve ser moldado logo após a coleta da amostra, sem alteração da umidade da pista ou cinco ensaios por via de menor extensão;
- Uma determinação do equivalente de areia, com espaçamento de 100 m no caso de materiais não lateríticos, com índice de plasticidade maior do que 6 % e limite de liquidez maior do que 25 %.
- O número de ensaios de caracterização física e mecânica poderá ser reduzido, desde que se verifique a homogeneidade do material, a critério da FISCALIZAÇÃO.
- A amostragem deve sempre ser recolhida numa camada constituída de materiais da mesma ocorrência (jazida).

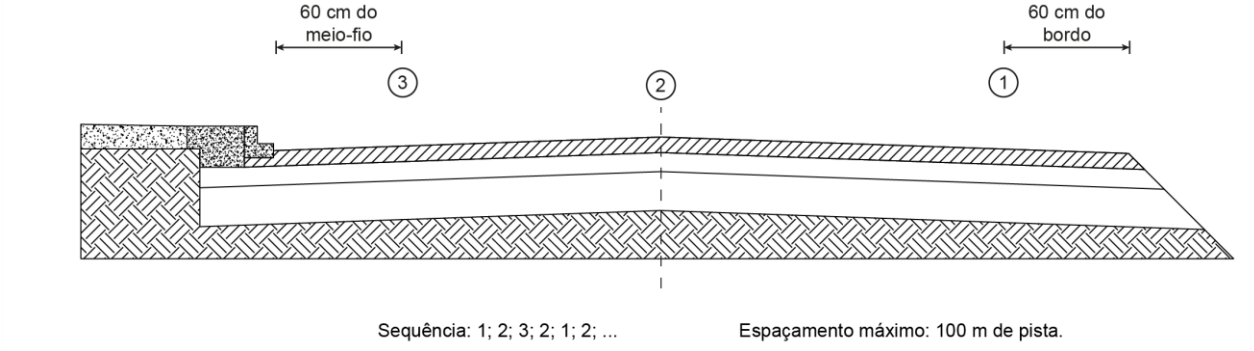
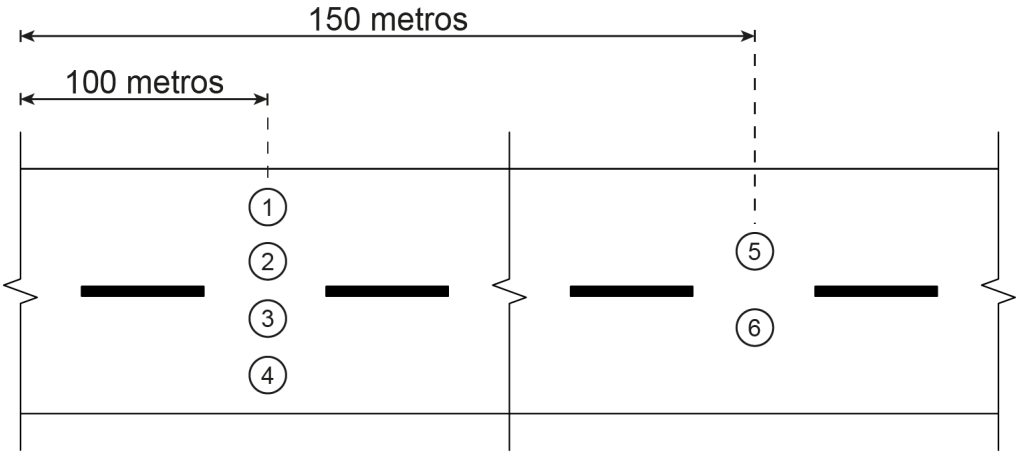


Figura 8 - Pontos de coleta de amostra para os ensaios de compactação e de determinação de massa específica aparente na camada de base estabilizada granulometricamente. Fonte: Elaboração própria.



Legenda:

1 - Determinação do teor de umidade;
2 - Ensaio de compactação;
3 - Determinação de massa específica aparente;
4 - Determinação do equivalente de areia;
5 - Ensaios de caracterização (Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Granulometria);
6 - Ensaio do índice de suporte Califórnia.

Figura 9 - Espaçamento máximo para os pontos de coleta de amostra na camada de base estabilizada granulometricamente. Fonte: Elaboração própria.

20.6.4.3.1.2 Aceitação

Os valores máximos e mínimos decorrentes da amostragem, a serem confrontados com os especificados, serão calculados pelas seguintes fórmulas:

$$X_{máx.} = \bar{x} + \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

$$X_{min..} = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}} + 0{,}68\sigma$$

Para o caso do Índice de Suporte Califórnia, o valor μ, calculado de acordo com a fórmula abaixo, deverá ser igual ou superior ao valor mínimo especificado.

$$\mu = \bar{x} - \frac{1{,}29\sigma}{\sqrt{N}}$$

sendo:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{N} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{(\bar{x} - X)_2}{(N - 1)}}$$

- $N \geq 9$ (número de determinações feitas);
- μ = índice de suporte Califórnia;
- σ = desvio padrão.

No caso da não aceitação dos serviços pela análise estatística, o trecho considerado será subdividido em subtrechos, fazendo-se um ensaio com material coletado em cada um deles.

Para os ensaios do Índice de Suporte Califórnia, cada um destes subtrechos terá uma extensão máxima de 100 m e, para os demais ensaios, uma extensão máxima de 50 metros.

Os subtrechos serão dados como aceitos, tendo em vista os resultados dos ensaios, face aos valores exigidos pelas especificações.

20.6.4.3.2 Controle geométrico

Após a execução da base, será realizada a relocação e o nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo- se as seguintes tolerâncias:

- + 10 cm, para cada lado, quanto à largura de projeto da plataforma;
- Até 20% em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- O desempenho longitudinal da superfície, poderá apresentar flechas, no máximo, igual a 1,5 cm, quando determinados por meio de régua de 3 m;
- A espessura média da camada de base, é determinada pela fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{N} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{(\bar{x} - X)_2}{(N - 1)}}$$

sendo:

- N ≥ 9 (número de determinações feitas), não deve ser menor do que a espessura do projeto menos 1cm;
- μ = Índice de Suporte Califórnia;
- σ = desvio padrão.

Na determinação de $\bar{x}$ serão utilizados pelo menos 9 valores de espessuras individuais X, obtidas por nivelamento do eixo de 20 em 20 m antes e depois das operações de espalhamento e compactação. Existindo meios-fios, o nivelamento será feito no eixo e junto aos meios-fios.

Não se tolerará nenhum valor individual de espessura fora do intervalo de ± 2 cm, em relação à espessura do projeto.

No caso de se aceitar, dentro das tolerâncias estabelecidas, uma camada de base com espessura média inferior à do projeto, o revestimento será aumentado de uma espessura estruturalmente equivalente a diferença encontrada.

No caso de aceitação de camada da base dentro das tolerâncias com espessura média superior à do projeto, a diferença não será deduzida da espessura do projeto da camada de revestimento.

20.6.5 Critérios de medição e pagamento

20.6.5.1 Medição

Os serviços serão medidos pelo volume compactado, em metros cúbicos (m³), de acordo com o tipo de equipamento e material aplicado.

O fornecimento e transporte do material aplicado está incluído no serviço de execução da base e não deve ser apropriado e medido separadamente.

20.6.5.2 Pagamento

O pagamento será efetuado conforme o preço unitário apresentado para este serviço, compreendendo a aquisição do material, transporte, todas as operações de limpeza de jazida, escavação, carga, conservação dos caminhos de serviço dentro da área da jazida ou utilizados para transporte, espalhamento, umedecimento ou aeração, homogeneização, compactação e conformação geométrica, bem como a mão de obra e todos os encargos necessários à sua execução.

O movimento de terra executado como foi descrito no item anterior, será pago como serviços de terraplenagem, conforme especificações próprias.

20.7 SUB-BASE E BASE DE BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO

20.7.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução de camada de sub-base ou base, quando empregada mistura de brita graduada e cimento.

20.7.2 Definições

Brita graduada tratada com cimento é o produto resultante da mistura, em usina, de pedra britada, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos, em proporções determinadas experimentalmente. Após a mistura, compactação e cura, o composto adquire propriedades físicas e mecânicas específicas para atuar como camada de base ou de sub-base de pavimentos.

20.7.3 Condições Específicas

Os materiais a serem utilizados deverão atender aos parâmetros da presente especificação, às disposições do projeto e a sua procedência deverá ser indicada por ele ou pela FISCALIZAÇÃO.

20.7.3.1 Equipamentos

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para execução da camada de sub-base e base:

- Usina misturadora dotada de unidade dosadora com, no mínimo, três silos para agregados, silo individual para cimento, dispositivo para adição de água com controle de vazão e misturador do tipo “Pugmill”;
- Caminhão-pipa equipado com sistema de irrigação/aspersão apropriado;
- Pá carregadeira de pneus;
- Caminhões basculantes;
- Vibro acabadora de asfalto com recurso eletrônico para nivelamento da camada;
- Rolo compactador autopropelido liso vibratório;
- Rolo compactador autopropelido pneumático de pressão regulável;
- Motoniveladora com escarificador;
- Duas réguas de madeira ou de metal, uma de 1,2 m e outra de 3 m de comprimento;

Sendo inviável o uso de equipamento convencional, poderão ser utilizados os seguintes:

- Placas vibratórias, sapos mecânicos ou rolos compactadores de pequeno porte para a compactação;
- Ferramentas manuais para a regularização, aeração e/ou umedecimento do material.

20.7.3.2 Materiais

20.7.3.2.1 Cimento Portland

Deve obedecer às exigências da norma DNER-EM 036/95, para recebimento e aceitação do material. Podem ser empregados vários tipos de Cimento Portland, conforme especificado pela norma abaixo:

- Cimento Portland. Requisitos - NBR 16697.

A porcentagem de cimento a ser incorporada aos agregados para a constituição da mistura deve ser fixada de modo a atender as resistências à compressão simples e à tração por compressão diametral, ambas aos 28 dias, fixadas no projeto do pavimento. A variação admitida para o teor de cimento é de ± 0,5 ponto percentual do teor ótimo de cimento do projeto da mistura.

NOTA: Define-se teor de cimento em percentagem como a relação entre a massa de cimento e a massa de agregados secos, multiplicada por 100.

Deve ser realizado um ensaio de finura, conforme NBR 11579 a cada 30 t de cimento utilizado.

20.7.3.2.2 Água

Deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais, e atender aos requisitos estabelecidos na NBR 15900-1.

Sempre que houver indícios sobre a má qualidade da água, verificar a sua sanidade conforme a NBR NM 137.

20.7.3.2.3 Agregado

A camada de base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento deve ser executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos:

- Os agregados utilizados, obtidos a partir da britagem de rocha sã, devem constituir-se de fragmentos duros, limpos e duráveis, e livres do excesso de partículas lamelares, alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;

- O desgaste do agregado graúdo no ensaio de abrasão “Los Angeles”, em conformidade com a NBR NM 51, deve ser inferior ou igual a 50 %;
- O equivalente de areia do agregado miúdo, de acordo com a norma DNER ME-054, deve ser igual ou superior a 55 %;
- O índice de forma do agregado graúdo (DNER ME-086) deve ser igual ou superior a 0,5;
- A perda de massa do agregado graúdo no ensaio de durabilidade realizado em conformidade com a norma DNER ME-089, em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior ou igual a 20 % e, com sulfato de magnésio, inferior ou igual a 30 %.

20.7.3.2.4 Mistura

A dosagem da mistura da brita tratada com cimento deve conter:

- Curva granulométrica de projeto da mistura dos agregados que deve enquadrar-se na faixa granulométrica da Tabela 3;
- A faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 3, porém respeitando os limites da faixa granulométrica;
- A porcentagem do material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40.

Tabela 3 - Faixas Granulométricas apresentada no Projeto de Norma para Sub-base e Base de Brita Graduada Tratada com Cimento. Fonte: DNIT (2015).

Peneira de malha quadrada		**% em massa, passando**		**Tolerâncias**
ASTM	**mm**	**Faixa “A”**	**Faixa “B”**	
1 1/2”	37,5	100	100	-
1”	25,0	90 – 100	-	-7%
¾”	19,0	75 – 95	60 – 95	±7%
3/8”	9,5	45 – 64	40 – 75	±7%
N° 4	4,8	30 – 45	25 – 60	±5%
N° 10	2,0	18 – 33	15 – 45	±5%
N° 40	0,42	7 – 17	8 – 25	±5%
N° 80	0,18	1 – 11	-	±3%
N° 200	0,075	0 – 8	2 – 10	±2%

O controle das características da mistura na usina deve abranger:

- Determinação do teor de umidade pelo método expedito do álcool, conforme a norma DNER ME-088, ou outro método aprovado pela FISCALIZAÇÃO, com amostras coletadas na saída do misturador: quatro determinações por jornada de 8 horas de trabalho. O desvio da umidade em relação a umidade ótima deve ser estabelecido experimentalmente no início dos serviços, em função da perda de umidade por evaporação, ocorrida entre a saída do misturador e o início das operações de compactação;
- Granulometria, conforme a NBR NM 248 duas determinações por jornada de 8 horas de trabalho em amostras coletadas na esteira, sem a adição do cimento;
- Determinação do teor de cimento, obtido pela razão entre a diferença de massas da mistura, com cimento e sem cimento, pela massa da mistura sem cimento, multiplicado por 100. Devem ser feitas duas determinações por jornada de 8 horas de trabalho e sempre que houver suspeita de falta de cimento. As massas da mistura com e sem cimento são obtidas a partir de coletas na correia transportadora; as amostras devem ser recolhidas no mesmo local da correia.

20.7.3.2.5 Material para cura

A cura da camada de brita graduada tratada com cimento deve ser realizada com a emulsão asfáltica de ruptura rápida RR-2C, em conformidade com as características prescritas na norma DNIT EM-165: Emulsões asfálticas para pavimentação - Especificação de material. A taxa de aplicação da emulsão deve ser fixada no projeto e ajustada na obra no início dos serviços.

20.7.3.2.6 Aditivos

Quando necessária a incorporação de aditivos, estes devem obedecer às especificações particulares constantes do projeto e sua dosagem deve ser feita experimentalmente em laboratório.

20.7.3.3 Execução

Compreende as operações espalhamento, compactação e acabamento da brita graduada tratada com cimento, realizadas na pista devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura constante do projeto, devendo obedecer aos seguintes critérios:

- A brita graduada tratada com cimento produzida na usina deve ser descarregada diretamente sobre caminhões basculantes e em seguida transportada para a pista. O material deve ser protegido por lona para evitar perda de umidade durante seu transporte, não sendo permitida a estocagem do material usinado;
- A definição da espessura do material solto deve ser obtida a partir da criteriosa observação do trecho experimental previamente executado. Após a compactação, deve ser obtido da espessura definida em projeto, observadas as devidas tolerâncias. Imediatamente antes do espalhamento, a superfície a ser recoberta deve ser umedecida, sem apresentar excessos de água;
- A operação de espalhamento deve ser feita com vibro acabadora, ou equipamento similar aprovado pela FISCALIZAÇÃO, capaz de distribuir a brita graduada tratada com cimento em espessura uniforme, sem produzir segregação e de forma a evitar conformação adicional da camada. Caso, no entanto, isto seja necessário, admite-se conformação pela atuação da Motoniveladora, exclusivamente por ação de corte, previamente ao início da compactação;
- A largura de cada trecho não deve permitir que juntas longitudinais se situem abaixo de trilhas de roda;
- O mesmo procedimento deve ser realizado nas juntas transversais, as quais não devem coincidir com bueiros, drenos ou outros elementos que venham a enfraquecer a seção;
- O espalhamento não pode ser realizado sob chuva;
- Não deve ser permitido o espalhamento do material com Motoniveladora;
- O tipo de equipamento a ser utilizado e o número de passadas do rolo compactador devem ser definidos logo no início da obra, em função dos resultados obtidos na execução de trechos experimentais, de forma que a camada atinja o grau de compactação especificado. Este procedimento deve ser repetido no caso de mudança no projeto da faixa granulométrica adotada;
- Terminada a operação de espalhamento, o material deve ser rapidamente compactado. O tempo decorrido entre a adição de água à mistura e o término da compactação não deve exceder o tempo de início de pega do cimento;
- A energia de compactação a ser adotada como referência para a execução da brita graduada tratada com cimento deve ser a do Proctor modificado, que deve ser adotada na determinação da massa específica aparente seca máxima e da umidade ótima, determinadas conforme a norma DNIT ME-164. O teor de umidade da brita graduada tratada com cimento imediatamente antes da compactação deve estar compreendido no intervalo de -2,0 % a +1,0 %, em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação;
- Nos trechos em tangente, a compactação deve evoluir partindo das bordas para eixo, e nas curvas, partindo da borda interna para borda externa. Em cada passada, o equipamento utilizado deve recobrir, ao menos, a metade da faixa anteriormente compactada;
- Em lugares inacessíveis ao equipamento de compactação, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida deve ser realizada com compactadores portáteis, sejam manuais ou mecânicos;
- A camada deve ser executada em espessura única definida em projeto;

- A espessura da camada compactada deve ser de, no mínimo, 12 cm e de, no máximo, 18 cm, de acordo com o definido no projeto;
- A compactação é executada mediante o emprego de rolos vibratórios lisos e de rolos pneumáticos de pressão regulável e deve evoluir até que se obtenha o grau de compactação igual ou superior a 100 %, em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio de compactação, de acordo com a norma DNIT ME-164, na energia do Proctor modificado, e o desvio de umidade deve estar compreendido entre -2,0 % e +1,0 %, em relação à umidade ótima;
- Ao fim de cada jornada de trabalho, ou em caso de interrupção dos serviços, deve ser executada uma junta transversal de construção, mediante corte vertical da camada;
- As juntas transversais de construção não devem coincidir entre dois trechos de serviços adjacentes, bem como não devem coincidir com os locais de juntas da camada subjacente. A face da junta deve ser umedecida antes da colocação da camada subsequente;
- A superfície da camada de brita graduada tratada com cimento deve ser protegida contra a evaporação da água por meio de aplicação de emulsão asfáltica de ruptura rápida RR-2C, em conformidade com as características estabelecidas na norma DNIT EM-165;
- A aplicação da pintura de proteção da camada só deve ser executada depois de liberada pela FISCALIZAÇÃO. No caso de ocorrência de chuva intensa antes da sua aplicação a camada de BGTC deve ser removida e refeita, sem ônus ao contratante, a critério da FISCALIZAÇÃO;
- A sub-base ou base de brita graduada tratada com cimento não deve ser liberada à ação do tráfego. A FISCALIZAÇÃO poderá, em caráter excepcional, autorizar a abertura ao tráfego desde que a camada apresente, na ocasião, resistência compatível com a solicitação de carga e que a imprimação esteja completamente rompida e curada.

20.7.3.4 Controle

20.7.3.4.1 Controle Tecnológico

- Determinação do teor de umidade a cada 250 m² de pista, imediatamente antes da compactação; se o desvio da umidade em relação à umidade ótima for no máximo de - 2,0 % a + 1,0 %, o material pode ser liberado para compactação;
- Ensaio de compactação na energia do Proctor modificado, de acordo com a norma DNIT ME-164, para determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima, de amostras coletadas na pista: um ensaio no início da utilização do material na obra e sempre que a curva granulométrica da mistura se achar fora da faixa de trabalho.
- Determinação da resistência à compressão simples, de corpos de prova moldados com material coletado na pista, a cada 250 m², aos 28 dias de cura, e a cada 750 m² de pista, aos 7 dias, conforme a norma DNER ME-180, para avaliar os resultados iniciais em relação à resistência final a ser atingida; a resistência à compressão simples aos 7 dias deve ser igual ou superior àquela definida no projeto;
- Determinação da resistência à tração por compressão diametral, de corpos de prova moldados com materiais coletados na pista, aos 28 dias de cura, conforme DNER ME-181, a cada 250 m² de pista;
- Determinação da umidade e da massa específica aparente seca in situ, de acordo com a norma DNER ME-092, e respectivo grau de compactação em relação aos valores obtidos na alínea “b”, a cada 250 m² de pista, em pontos que sempre obedeçam à ordem: borda direita, eixo, borda esquerda, eixo, borda direita etc.; a determinação nas bordas deve ser feita a 60 cm delas;
- Determinação do intervalo de tempo decorrido entre a incorporação do cimento à mistura na usina e o início da compactação. Este intervalo não deve ser superior ao tempo de início de pega do cimento;
- Registro dos locais de aplicação da mistura, com as respectivas datas de produção, mediante controle de carga e descarga realizada pelos caminhões, acompanhados com os respectivos ensaios de controle tecnológico.

20.7.3.4.2 Controle geométrico

A espessura da camada e as diferenças de cotas entre a camada subjacente e a de brita graduada tratada com cimento devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m, ou conforme Nota de Serviço.

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m; devem ser nivelados os pontos no eixo, nas bordas e dois pontos intermediários.

A largura da plataforma acabada deve ser determinada por meio de trena, no mínimo, a cada 20 m. São permitidas as seguintes tolerâncias:

- Até 10 cm em excesso quanto a largura da plataforma, não sendo permitida largura inferior à indicada no projeto geométrico;
- Até 20 % em excesso para a flecha de abaulamento, ou até 0,5 % em excesso para a declividade transversal de caimento simples, não se admitindo falta nos dois casos;
- ± 10 % quanto à espessura especificada no projeto.

20.7.4 Critérios de medição e pagamento

20.7.4.1 Medição

Os serviços de sub-base e base de brita graduada com cimento serão apropriados e medidos pelo volume compactado, em metros cúbicos (m³).

O fornecimento e transporte do material aplicado deve estar incluído no serviço de execução da sub-base e base, não devendo ser apropriado e pago separadamente.

20.7.4.2 Pagamento

O pagamento será efetuado conforme o preço unitário apresentado para este serviço, compreendendo a aquisição do material, transporte, todas as operações de limpeza de jazida, escavação, carga, conservação dos caminhos de serviço dentro da área da jazida ou utilizados para transporte, espalhamento, umedecimento ou aeração, homogeneização, compactação e conformação geométrica, bem como a mão de obra e todos os encargos necessários à sua execução.

20.8 TRANSPORTE DE MATERIAL DE PAVIMENTAÇÃO

20.8.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução dos serviços de transporte de material utilizado na execução de pavimentação.

20.8.2 Condições específicas

20.8.2.1 Equipamentos

Para o transporte e descarga dos materiais, serão usados, preferencialmente, caminhões basculantes em número e capacidade adequada, que possibilitem a execução do serviço com a produtividade requerida.

20.8.2.2 Materiais

Os insumos de agregado de pedreira (Bica corrida, BGTC e outros), assim como os demais insumos da Tabela de Preços da SUDECAP, são cotados com frete incluso. Assim, os itens de Base, Sub-Base já contemplam transporte em sua composição.

20.8.2.3 Execução

O carregamento é feito por pás carregadeiras ou escavadeiras.

O caminho de percurso, deverá ser mantido em condições de permitir velocidade adequada ao equipamento transportador, boa visibilidade e possibilidade de cruzamento. Os percursos deverão ser, quando necessário, umedecidos e drenados com a finalidade de evitar excesso de poeira ou formação de atoleiros.

A trajetória a ser seguida pelo equipamento transportador será objeto de aprovação prévia pela FISCALIZAÇÃO.

O material deverá estar distribuído na báscula, de modo a não haver derramamento pelas bordas laterais ou traseira durante o transporte.

A descarga do material será efetuada nas áreas e locais indicados pela FISCALIZAÇÃO, seja na constituição dos aterros, seja nos locais de destinação ambientalmente adequados ou depósito para futura utilização.

20.8.2.4 Taxa para destinação final adequada de resíduos da construção civil

A “Taxa para destinação final adequada de resíduos da construção civil” para volumes de materiais excedentes, oriundos da execução de obras, consiste no valor cobrado pelas empresas especializadas, devidamente legalizadas, responsáveis pelo recebimento de materiais provenientes da execução das obras. Este assunto está abordado no Capítulo 2 – Demolições e Remoções e Capítulo 3 - Trabalhos em terra, deste Caderno de Encargos.

20.8.3 Critérios de medição e pagamento

20.8.3.1 Medição

A apropriação e medição do material de pavimentação a ser transportado em caminhão será realizada em tonelada x quilometro (t x km).

A definição da distância média de transporte será determinada pelo responsável técnico durante o desenvolvimento do projeto, através do percurso do trajeto que melhor atenda aos interesses da administração, desde os centros de massa do local de carga (corte, empréstimo ou jazida) até a área destinada à descarga (aterro, destinação final ou depósito).

A distância média de transporte adotada será a média entre o percurso de ida e volta aos destinos acima descritos, sendo separadas pelos seguintes intervalos:

• DMT ≤ 10 km;

• DMT > 10 km.

Para os casos de material fresado e material oriundo da demolição de pavimentos, na conversão do volume para atendimento a unidade tonelada (t), será necessário realizar a multiplicação dos volumes a serem transportados por seu peso específico. A este resultado será multiplicada a distância média de transporte de forma que teremos a unidade toneladas x quilometro (t x km).

Para os serviços em que a unidade do material a ser transportado for tonelada (t), deve ser considerado o peso real transportado obtendo-se a unidade toneladas por quilometro (t x Km).

20.8.3.2 Pagamento

Os serviços de transporte de material de pavimentação, inclusive descarga, serão pagos conforme preços unitários contratuais, aplicados à medição referida no item anterior.

Os preços que remuneram as operações descritas nesta especificação, incluem os encargos de manutenção, manobras e tempo de espera, bem como toda a mão de obra, encargos e outras despesas inerentes à execução dos serviços.

20.9 IMPRIMAÇÃO E PINTURA DE LIGAÇÃO

20.9.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução dos serviços de imprimação sobre uma camada de base concluída e pintura de ligação sobre camada de base ou entre camadas asfálticas.

20.9.2 Definições

20.9.2.1 Imprimação

Consiste na aplicação de uma camada de material asfáltico, com ligante de baixa viscosidade, sobre a superfície de uma base concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado (DNIT ES-144).

20.9.2.2 Pintura de ligação

A pintura de ligação consiste na aplicação de uma camada de material asfáltico sobre a superfície de uma base ou entre camadas asfálticas, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando promover a aderência entre este revestimento e a camada subjacente (DNIT ES-145).

20.9.3 Condições Específicas

20.9.3.1 Equipamentos

Para a varredura da superfície da base usam-se, de preferência, vassouras mecânicas rotativas, podendo, entretanto, ser manual esta operação, ou, a jato de ar comprimido.

A distribuição do ligante deverá ser efetuada por carros equipados com bomba reguladora de pressão e sistema completo de aquecimento, que permitam a aplicação do material betuminoso em quantidade uniforme.

As barras de distribuição devem ser de tipo de circulação plena, com dispositivo que possibilite ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento do ligante.

Os caminhões tanque, equipados com dispositivos distribuidores, devem dispor de tacômetro, calibradores e termômetros, em locais de fácil observação e, ainda, de um espargidor manual para tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas.

O depósito de material betuminoso, quando necessário, deve ser equipado com dispositivo que permita o aquecimento adequado e uniforme do conteúdo do recipiente. O depósito deve ter uma capacidade tal, que possa armazenar a quantidade de material betuminoso a ser aplicado em, pelo menos, um dia de trabalho.

20.9.3.2 Materiais

Todos os materiais devem satisfazer às especificações em vigor conforme normatização DNIT.

20.9.3.2.1 Imprimação

Podem ser empregados asfaltos diluídos (tipo CM-30 e CM-70), escolhidos em função da textura do material de base.

A taxa de aplicação é aquela que pode ser absorvida pela base em 48 horas, devendo ser determinada experimentalmente, no canteiro da obra. A taxa de aplicação varia de 0,8 a 1,6 l/m^2, conforme o tipo e textura da base e do material betuminoso escolhido.

20.9.3.2.2 Pintura de ligação

Podem ser empregados os materiais betuminosos seguintes:

- Emulsões asfálticas, tipo RR-1C, RR-2C, RM-1C, RM-2C e RL-1C, diluídas com água na razão de 1:1;
- Asfalto diluído CR-70, exceto para bases absorventes ou betuminosas, com taxa de aplicação em torno de 0,5 l / m^2.

20.9.3.3 Execução

É competência da FISCALIZAÇÃO autorizar ou não a execução da pintura de ligação nos casos onde tenha havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda, tenha sido a imprimação recoberta com areia, pó de pedra, etc.

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela FISCALIZAÇÃO, devendo estar de acordo com esta especificação para ser dada a ordem para o início do serviço.

Após a perfeita conformação geométrica da base, será realizada a varredura da sua superfície, de modo a eliminar o pó e o material solto existentes.

Aplica-se, a seguir, de maneira uniforme, o material betuminoso adequado, na quantidade certa. O material betuminoso não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente estiver abaixo de 10°C, ou em dias de chuva, ou ainda, quando esta estiver iminente. A temperatura de aplicação do material betuminoso deverá ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. Deverá ser escolhida a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento. As faixas de viscosidades recomendadas para espalhamento são:

- Para asfaltos diluídos: de 20 a 60 segundos, Saybolt-Furol;
- Para emulsões asfálticas: de 25 a 100 segundos, Saybolt-Furol.

Deve-se evitar a formação de poças de ligantes na superfície da base. Caso isto aconteça, o excesso de ligantes deve ser removido para não danificar o revestimento a ser colocado.

A fim de evitar a superposição, ou excesso, nos pontos inicial e final das aplicações, devem-se colocar faixas de papel transversalmente na pista, de modo que o início e o término da aplicação do material betuminoso situem-se sobre essas faixas, as quais serão, a seguir, retiradas. Qualquer falha na aplicação do material betuminoso deve ser, imediatamente, corrigida. Quando da utilização de distribuidores manuais (canetas ou similar), a uniformidade do espalhamento deverá continuar sendo garantida, sendo exigida nesta atividade, um aplicador experiente.

20.9.3.3.1 Imprimação

Deve-se imprimar a pista inteira em um mesmo turno de trabalho e deixá-la, sempre que possível, fechada ao trânsito. Quando isto não for possível, trabalhar-se-á em meia pista fazendo-se a imprimação da adjacente, assim que à primeira for permitida a abertura ao trânsito.

O tempo de exposição da base imprimada ao trânsito será condicionado pelo comportamento da primeira, não devendo ultrapassar a 30 dias.

Na ocasião da aplicação do material betuminoso, a base deve se encontrar levemente úmida para o uso do CM-30 e para o CM-70 a superfície deve se encontrar seca.

20.9.3.3.2 Pintura de ligação

Antes da aplicação do material betuminoso, no caso de bases de solo-cimento ou concreto magro, a superfície da base deve ser irrigada, a fim de saturar os vazios existentes, não se admitindo excesso de água sobre a superfície.

Quando o ligante betuminoso utilizado for emulsão asfáltica diluída, recomenda-se que a mistura (água - emulsão) seja preparada no mesmo turno de trabalho; deve-se evitar o estoque da mesma por prazo superior a 12 horas.

20.9.3.4 Controle

O material betuminoso deverá ser examinado em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT, e considerado de acordo com as especificações em vigor.

20.9.3.4.1 Ensaios

20.9.3.4.1.1 Para asfaltos diluídos

- 1 ensaio de viscosidade Saybolt-Furol (NBR 14950), para o carregamento a ser utilizado na obra;
- 1 ensaio do ponto de fulgor (NBR 11341), para cada 100 t;
- 1 ensaio de destilação (NBR 14856), para cada 100 t;
- 1 curva de viscosidade x temperatura (NBR 14950), para cada 200 t.

20.9.3.4.1.2 Para emulsões asfálticas

- 1 ensaio de viscosidade Saybolt-Furol (NBR 14950), para o carregamento a ser utilizado na obra;
- 1 ensaio de resíduo por evaporação (NBR 14376), para o carregamento a ser utilizado na obra;
- 1 ensaio para determinação da peneiração (NBR 14393), para o carregamento a ser utilizado na obra;
- 1 ensaio de sedimentação (NBR 6570), para cada 100 t.

20.9.3.4.2 Controle de temperatura

A temperatura de aplicação deve ser estabelecida para o tipo de material betuminoso em uso.

20.9.3.4.3 Controle da quantidade aplicada

Será feito mediante a pesagem do carro distribuidor, antes e depois da aplicação do material betuminoso. Não sendo possível a realização do controle por esse método, admite-se que seja efetuado por um dos modos seguintes:

- Coloca-se, na pista, uma bandeja de peso e área conhecidos. Por uma simples pesada, após a passagem do carro distribuidor, tem-se a quantidade do material betuminoso usado;
- Utilização de uma régua de madeira, pintada e graduada, que possa dar, diretamente, pela diferença de altura do material betuminoso no tanque do carro distribuidor, antes e depois da operação, a quantidade de material consumido.

20.9.3.4.4 Controle de uniformidade de aplicação

A uniformidade depende do equipamento empregado na distribuição. Ao se iniciar o serviço, deve ser realizada uma descarga de 15 a 30 segundos, para que se possa controlar a uniformidade de distribuição. Esta descarga poderá ser efetuada fora da pista, ou na própria pista, quando o carro distribuidor estiver dotado de uma calha colocada abaixo da barra distribuidora, para recolher o ligante betuminoso.

20.9.4 Critérios de medição e pagamento

20.9.4.1 Medição

Os serviços de imprimação e pintura de ligação serão apropriados e medidos de acordo com a área executada, conforme indicado no projeto, em metros quadrados (m²), considerando-se o tipo de material betuminoso utilizado.

20.9.4.2 Pagamento

O serviço será pago conforme o preço contratual, de acordo com a medição referida no item anterior,

compreendendo a aquisição, estocagem e transporte de material betuminoso (inclusive perdas) até a pista e todas as operações necessárias à perfeita execução do serviço, incluindo a varrição da pista e sua completa limpeza.

20.10 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE

20.10.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução de revestimento com concreto betuminoso usinado a quente.

20.10.2 Definição

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) é um revestimento flexível resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e material betuminoso, espalhado e comprimido a quente sobre a superfície imprimada e/ou pintada.

20.10.3 Condições específicas

20.10.3.1 Equipamentos

Todo equipamento deverá apresentar condições de acordo com as diretrizes previstas em EDITAL e atender aos requisitos do Plano de Segurança da Obra (PSO).

O PSO é o programa desenvolvido pela Gerência de Segurança e Medicina do Trabalho da SUDECAP para implementação de medidas preventivas e/ou de promoção da saúde no âmbito das ações de Segurança e Medicina do Trabalho. É de cumprimento obrigatório por parte das CONTRATADAS que devem, inclusive, preencher os Checklists relativos a segurança e condições dos equipamentos. A aplicação do Checklist é de responsabilidade da empresa CONTRATADA e deverá ser encaminhado para a Gerência de Segurança e Medicina do Trabalho da SUDECAP.

Os equipamentos poderão ser inspecionados pela FISCALIZAÇÃO quanto a possíveis deficiências, mau estado ou inadequação podendo ser requerido à CONTRATADA o reparo, a retirada ou as substituições necessárias dos mesmos visando o bom desempenho dos serviços.

20.10.3.1.1 Vibro Acabadora

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidades.

20.10.3.1.2 Equipamento para a compressão

O equipamento para compressão será constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo Tanden, ou outro equipamento aprovado pela FISCALIZAÇÃO. Os rolos compressores, tipo Tanden, devem ter uma carga de 8 a 12 t. Os rolos pneumáticos auto-propulsores devem ser dotados de pneus que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5 kgf/cm^2 a 8,4 kgf/cm^2.

O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

20.10.3.1.3 Caminhões para transporte da mistura

Os caminhões, tipos basculantes, para o transporte do concreto betuminoso deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência de mistura às chapas.

20.10.3.1.4 Outros

Caso haja a necessidade da utilização de outros equipamentos não citados, estes deverão ser aprovados previamente pela FISCALIZAÇÃO.

20.10.3.2 Materiais

Todos os materiais devem ser previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo sempre satisfazer todas as especificações estabelecidas em projeto.

20.10.3.2.1 Cimentos asfálticos

Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP) são produtos básicos provenientes da destilação do petróleo bruto.

São semissólidos à temperatura ambiente, de modo que exigem aquecimento para serem manuseados e aplicados. Exigem também o aquecimento dos agregados com os quais vão ser misturados.

Apresentam propriedades aglutinantes e impermeabilizantes, possuindo características de flexibilidade, durabilidade e alta resistência à ação da maioria dos ácidos, sais e álcalis.

Os cimentos asfálticos classificam-se de acordo com a sua consistência, que é medida pelo ensaio de penetração, nas seguintes categorias de resistência à penetração, de acordo com a Resolução nº 19 de 11/07/2005 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis:

- CAP-30/45;
- CAP-50/70;
- CAP-85/100.

Podem ser modificados pela associação com polímeros para se obter maior durabilidade e redução da suscetibilidade térmica do produto.

Comumente é necessário o emprego de “dope” para a correção da acidez do agregado e melhoria da adesividade do ligante ao agregado.

20.10.3.2.2 Agregado graúdo

O agregado graúdo é constituído de pedra britada, escória britada, seixo rolado britado, ou outro material indicado nas especificações complementares e previamente aprovado pela FISCALIZAÇÃO, e deve obedecer às seguintes condições:

- Ser predominantemente de rocha Gnaisse;
- Serem constituídos de fragmentos duráveis, sãos, de superfície rugosa e forma angular;
- Inexistência de torrões de argila, matéria orgânica e substâncias nocivas;
- Apresentar desgaste no ensaio por “Abrasão Los Angeles” inferior a 50 % (DNER ME-35);
- Ter boa adesividade com o asfalto utilizado, atendendo a norma DNER ME-078;
- Quando submetido ao ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, não deve apresentar perda superior a 12 %, em 5 ciclos (DNER ME-089);
- Índice de forma superior a 0,5 e partículas lamelares inferior a 10% conforme especificação DNIT 031 (método de ensaio DNER ME-086);
- No caso de emprego de escória, esta deve ter uma massa específica aparente igual ou superior a 1100 kg/m^3.

20.10.3.2.3 Agregado miúdo

O agregado miúdo pode ser constituído de areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, ser livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55 % (DNER ME-054).

20.10.3.2.4 Material de enchimento (Filler)

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, passando pelo menos 65 % na peneira de 0,075 mm de abertura de malha quadrada. As faixas granulométricas a serem utilização podem ser vistas na Tabela 4. Os materiais de enchimento devem ser inertes em relação ao demais componentes da mistura, tais como cimento Portland, cal hidratada, pós-calcários, cinzas volantes, ou outro material conveniente preparado para apresentar as características especificadas na norma DNER EM-367.

Quando da aplicação deverá estar seco e isento de grumos.

Tabela 4 - Faixas granulométricas para material de enchimento (Filler) apresentada na norma DNER-EM 367. Fonte: DNER (1997).

Peneira	Abertura, mm	Porcentagem mínima, passando
n° 40	0,42	100
n° 80	0,18	95-100
n° 200	0,075	65-100

20.10.3.2.5 Melhorador de adesividade

Não havendo boa adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados graúdos ou miúdos (DNER ME-078 e DNER ME-079), pode ser empregado melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto.

A determinação da adesividade do ligante com o melhorador de adesividade é definida pelos seguintes ensaios:

- Métodos DNER ME-078 e DNER 079, após submeter o ligante asfáltico contendo o dope ao ensaio RTFOT (ASTM - D 2872) ou ao ensaio ECA (ASTM D-1754);
- Método de ensaio para determinar a resistência de misturas asfálticas compactadas à degradação produzida pela umidade (AASHTO 283). Neste caso a razão da resistência à tração por compressão diametral estática antes e após a imersão deve ser superior a 0,7 (DNIT ME-136).

20.10.3.2.6 Composição da mistura

A composição do concreto betuminoso deve satisfazer os requisitos da Tabela 5. A faixa a ser usada deve ser aquela cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento, ou conforme indicação do projeto. A curva granulométrica, indicada no projeto, poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas, conforme apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Faixas granulométricas para composição da mistura de CBUQ apresentada na norma 031- ES. Fonte: Adaptado de DNIT (2006).

Peneiras		Porcentagem passando em peso				
		Agregado graúdo		Agregado miúdo		Tolerâncias
(“)	(mm)	A	B	C	D	
2”	50,8	100	-	-	-	+- 7%
1 ½”	38,1	95 – 100	100	-	-	+- 7%
1”	25,4	75 – 100	95 – 100	-	-	+- 7%
¾”	19,1	60 – 90	80 – 100	100	-	+- 7%
½”	12,7	-	-	80 – 100	100	+- 7%
3/8”	9,52	35 – 65	45 – 80	70 – 90	90 – 100	+- 7%
N° 4	4,76	25 – 50	28 – 60	44 – 72	70 – 100	+- 5%
N° 10	2,00	20 – 40	20 – 45	22 – 50	60 – 90	+- 5%
N° 40	0,42	10 – 30	10 – 32	8 – 26	30 – 70	+- 5%
N° 80	0,20	5 – 20	8 – 20	4 – 16	10 – 40	+- 3%
N° 200	0,074	1 – 8	3 – 8	2 – 10	5 – 12	+- 2%
Betume (%)		**4,0 - 7,0**	**4,5 – 7,5**	**4,5 – 9,0**	**4,5 – 11,0**	**+- 0,3%**

Deverá ser adotado o método Marshall para a verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, segundo os valores da Tabela 6.

Tabela 6 - Tráfego e Método Marshall. Fonte: Elaboração própria.

Método de projeto Marshall	**Tráfego pesado**		**Tráfego médio**	
	Mín.	**Máx.**	**Mín.**	**Máx.**
1) Número de golpes em cada face do corpo-de-prova	75		50	
2) Estabilidade (libras)	1600		1000	
3) Fluência (1/100”)	8	16	8	16
4) Vazios de ar (%)				
Camada de rolamento	3	5	3	5
Camadas de ligação, nivelamento e base	5	8	3	8
5) Relação asfalto – vazios				
Camada de rolamento	75	82	75	82
Camadas de ligação, nivelamento e base	65	72	65	72

A porcentagem de asfalto ótima é a média aritmética das seguintes porcentagens de asfalto:

- % de asfalto correspondente à máxima densidade;
- % de asfalto correspondente à máxima estabilidade;
- % de asfalto correspondente à porcentagem média de vazios prevista para o tipo de mistura.

Assim, para a camada de rolamento deve-se adotar a porcentagem de asfalto correspondente a 4 % de vazios e para as camadas de binder e nivelamento deve-se adotar a porcentagem de asfalto correspondente a 5,5 % de vazios.

20.10.3.3 Execução

A temperatura de aplicação do cimento asfáltico deve ser determinada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o asfalto apresenta uma viscosidade, situada dentro da faixa de 75 a 150 segundos, Saybolt-Furol. Entretanto, não devem ser efetuadas misturas a temperaturas inferiores a 107 °C e nem superiores a 177 °C. Os agregados devem ser aquecidos a temperatura de 10 °C a 15 °C, acima da temperatura do ligante betuminoso.

Recomenda-se obedecer aos limites toleráveis de temperatura de compactação de 150 °C a 165 °C, ± 5 °C (ligante CAP-50/70). Caso a temperatura não atenda essa faixa de trabalho, a mistura deverá ser descartada, em local adequado e com acompanhamento da FISCALIZAÇÃO.

O concreto betuminoso deverá ser transportado da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes e quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou material similar, para proteger a mistura com total segurança.

As misturas de concreto betuminoso devem ser distribuídas somente através de máquinas acabadoras e quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10 °C e com tempo não chuvoso.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, as mesmas deverão ser sanadas pela adição manual de concreto betuminoso, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos.

Imediatamente após a distribuição do concreto betuminoso, tem início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura betuminosa possa suportar, sendo recomendável, aquela na qual o ligante apresenta uma viscosidade Saybolt-Furol, de 140 ± 15 segundos, para o cimento asfáltico.

Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão (60 lb/pol^2), aumenta-se em progressão aritmética, à medida que a mistura betuminosa suporte pressões mais elevadas. A pressão dos pneus deve variar a intervalos periódicos (60, 80, 100, 120 lb/pol^2), adequando um conveniente número de passadas, de forma a obter o grau de compactação especificado.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista, conforme indicado na Figura 10. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto, conforme indicado na Figura 11. Cada passada do rolo deverá

ser recoberta pela seguinte, de, pelo menos, a metade da largura anterior. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

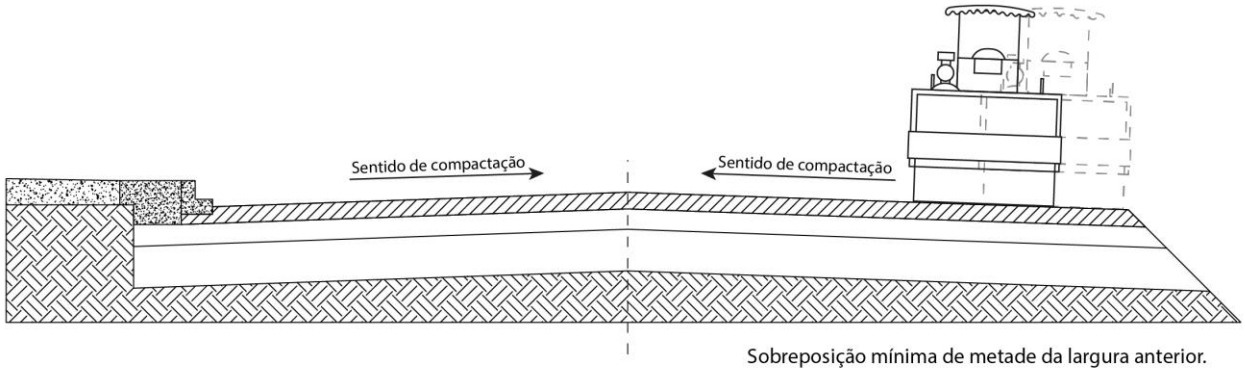


Figura 10 - Sentido de compactação da pista e indicação de sobreposição entre passadas do rolo. Fonte: Elaboração própria.

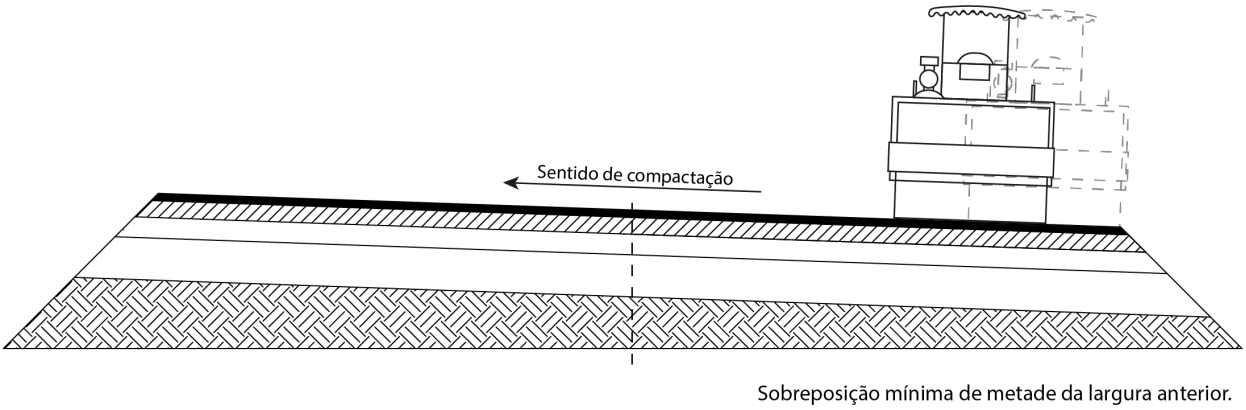


Figura 11 - Sentido de compactação da pista nas curvas e indicação de sobreposição entre passadas do rolo. Fonte: Elaboração própria.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marchas, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém compactado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

Os revestimentos recém acabados deverão ser mantidos sem trânsito, até o seu completo resfriamento. Quaisquer danos decorrentes da abertura ao trânsito sem a devida autorização prévia, aplicação incorreta, aplicação em tempo chuvoso ou qualquer situação da não autorização da aplicação pela FISCALIZAÇÃO, deverão ser removidos e refeitos, sem ônus ao contratante.

20.10.3.4 Controle

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo às versões mais recentes das metodologias de ensaios indicada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

20.10.3.4.1 Controle da mistura

A operação da usina e, consequentemente, o fornecimento da massa produzida por quaisquer empresas, estará condicionado ao funcionamento concomitante de um laboratório de asfalto em área contígua à usina, de forma a garantir a obtenção de massa asfáltica uniforme e dentro das características definidas na dosagem.

Para garantir que as características definidas da massa asfáltica, assim como sua qualidade, a FISCALIZAÇÃO poderá vistoriar o local de usinagem verificar:

- Se as pilhas de agregados estão corretamente formadas e bem separadas;
- Se o manuseio adequado dos agregados está sendo empregado;

- Se as comportas de alimentação e correias transportadoras estão corretamente calibradas;
- Indicações de combustão incorreta do combustível aquecedor;
- As peneiras quanto a desgastes, quebras, sobrecarga e operação vibratória;
- Se os silos quentes estão bem separados;
- O certificado de aferição da balança, sua limpeza e estado geral;
- A quantidade no recebimento do CAP que deve ficar em tanque aquecido e com isolamento térmico;
- O nível do traço acima dos eixos e abaixo das pontas das aletas;
- Se o suprimento de agregados frios estão sendo rigorosamente controlados;
- Se os filtros estão funcionando corretamente e observar se está sendo utilizado anteparo para se evitar contato da chama diretamente com o CAP.

O preparo da mistura requisita o conhecimento prévio da dosagem que deverá ser submetida à aprovação da FISCALIZAÇÃO. Quando houver alterações dos agregados constituintes da mistura, torna-se indispensável proceder a novas dosagens para aprovação a priori da FISCAIZAÇÃO.

Serão efetuadas medidas de temperatura da mistura, no momento do espalhamento e no início da rolagem, na pista.

Em cada caminhão, antes da descarga, será feita, pelo menos, uma leitura da temperatura. As temperaturas devem satisfazer aos limites especificados anteriormente.

20.10.3.4.2 Controle das características Marshall da mistura

Dois ensaios Marshall, com três corpos de prova cada, devem ser realizados por dia de produção da mistura. Os valores de estabilidade e de fluência deverão satisfazer ao especificado no item anterior. As amostras devem ser retiradas após a passagem da acabadora e antes da compressão.

20.10.3.4.3 Transporte e verificação das condições do ambiente para aplicação

Para o transporte do CBUQ serão utilizados caminhões basculantes devendo estes estarem obrigatoriamente lonados para que não se tenha perda de temperatura, independentemente da distância em que o material será transportado. Os motoristas deverão se atentar para que os caminhos que apresentem irregularidades significativas sejam evitados, para que não ocorra problemas de segregação da mistura.

Antes da aplicação, a FISCALIZAÇÃO deve verificar os controles de alinhamento e greide da pista assim como a instalação e a manutenção correta dos equipamentos de controle de tráfego. Deve também verificar as condições climáticas, onde não será permitida a aplicação do CBUQ com tempo chuvoso ou temperatura inferior a 10º C. Por fim, só será permitida a aplicação da camada de revestimento se a superfície a ser aplicada estiver sem contaminações de materiais e após a verificação dos equipamentos de aplicação.

20.10.3.4.4 Controle de compressão

O controle de compressão da mistura betuminosa deverá ser feito, preferencialmente, medindo-se a densidade aparente de corpos de prova extraídos da mistura comprimida na pista, por meios de brocas rotativas.

Podem ser empregados outros métodos para a determinação da densidade aparente na pista, desde que indicados no projeto.

Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97 % da densidade de projeto.

O controle de compressão poderá também ser feito medindo-se as densidades aparentes dos corpos de prova extraídos da pista e comparando-as com as densidades aparentes de corpos de prova moldados no local, desde que autorizado pela FISCALIZAÇÃO. As amostras para moldagem destes corpos de prova deverão ser colhidas bem próximo do local, onde serão realizados os furos e antes de sua compressão. A relação entre estas duas densidades não deverá ser inferior a 100 %.

Para a compactação, o equipamento deve estar seguindo as recomendações do fabricante de forma que para rolos, o peso normalmente indicado é de 15 t a 28 t com lastro de areia molhada. A compactação se inicia pela borda inferior e termina na borda superior, onde, o equipamento deve estar sempre sendo lubrificado por óleo de origem vegetal ou material equivalente aprovado pela FISCALIZAÇÃO, não sendo permitido óleo diesel, devido a este ser nocivo à saúde.

20.10.3.4.5 Controle de espessura

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos de prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Será admitida variação de ± 10 % da espessura de projeto, para pontos isolados, e até + 5 % de variação da espessura, em 10 medidas sucessivas, não se admitindo reduções.

20.10.3.4.6 Controle de peso

Para serviços de restauração e recapeamento, a quantidade de CBUQ a ser aplicada na via deverá ser verificada a cada trecho de 100 m, executada por meio da comparação entre o peso líquido constantes nos Tickets de Pesagem com o especificado em projeto.

A FISCALIZAÇÃO deverá escolher um caminhão por dia para ter o seu peso aferido na balança da CONTRATANTE. Neste caso, o caminhão deverá ser pesado cheio e vazio para se obter o peso líquido. Deverá ser verificada a coerência entre os horários constantes no ticket de pesagem, no ticket do peso bruto e no ticket do peso de tara. O FISCAL poderá a qualquer momento indicar outros caminhões para pesagem no mesmo dia.

20.10.3.4.7 Controle de acabamento da superfície e liberação da via

Durante a execução, deverá ser feito o controle diariamente do acabamento da superfície de revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3 m e outra de 0,9 m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da via, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas. Observar, constantemente, o acabamento do revestimento betuminoso na junção com a sarjeta, afim de assegurar a impermeabilização desejada. Verificar também que não haja segregações na mistura lançada na pista.

Para a liberação da via recapeada, deve-se, além do controle citado acima, inspecionar a textura da superfície de rolamento não apresente fissuras, furos, orifícios causados por pedras, dentre outros defeitos, exigindo da CONTRATADA que esta adote os procedimentos de limpeza da área.

20.10.3.4.8 Demais ensaios de controle

Caso seja necessário, a FISCALIZAÇÃO poderá solicitar ensaios de penetração, ponto de amolecimento, susceptibilidade térmica, ponto de fulgor, ponto de combustão, presença de água, densidade, ductilidade, recuperação elástica, solubilidade, Marshall, porcentagem de betume ou qualquer outro, de acordo com as necessidades.

20.10.4 Critérios de medição e pagamento

20.10.4.1 Medição

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente será apropriado e medido de acordo com as especificações da massa da mistura a aplicada, em toneladas (t).

O transporte deste material deve ser medido separadamente conforme critérios do item Transporte de Material de Pavimentação, em toneladas por quilometro (t x km).

Os serviços de aplicação devem ser apropriados e medidos separadamente, em toneladas (t), conforme camada do pavimento (rolamento, binder), tipo de mistura (faixas A, B, C e D, SMA) e Cimento asfáltico de petróleo (CAP).

20.10.4.2 Pagamento

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente será pago conforme o preço contratual, de acordo com a medição dos serviços.

20.11 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE COM ASFALTO-BORRACHA

20.11.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução de revestimento com concreto betuminoso usinado a quente utilizando como ligante o cimento asfáltico modificado pela incorporação de borracha moída de pneus (Asfalto-Borracha), com o objetivo de construir, reforçar, rejuvenescer ou conservar pavimentos.

A incorporação de borracha moída de pneus ao asfalto pode ser feita de duas formas distintas: como agregado ou como modificador do Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP). Trataremos aqui somente do CAP modificado com borracha triturada de pneus.

20.11.2 Definição

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto-Borracha é um revestimento flexível resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e ligante asfáltico modificado com adição de pó de borracha de pneumáticos, espalhado e comprimido a quente sobre a superfície imprimada e/ou pintada.

Cimento asfáltico de petróleo (CAP) modificado pela adição, por processo via úmida, de borracha moída de pneus inservíveis (partículas passantes na peneira n° 40) é resultado de uma mistura na qual a borracha moída representa geralmente de 15 a 20 % da massa do ligante (DNIT EM-111). No processo de adição da borracha ao CAP é necessária a introdução de óleos aromáticos de maltenos (saturados), na ordem de 5 % a 20 % do peso do CAP modificado, para auxílio na diluição do material (digestão da borracha). A incorporação da borracha ao CAP é realizada a quente (temperatura próxima a 200 °C) em tanques com misturadores mecânicos com elevado esforço mecânico de cisalhamento.

A modificação dos CAPs pelo emprego de borracha triturada pode ser comumente incorporada com a adição simultânea do polímero do tipo SBS para melhoria na recuperação elástica.

20.11.3 Condições específicas

20.11.3.1 Equipamentos

Todo equipamento, deverá apresentar condições de acordo com as diretrizes previstas em EDITAL e atender os requisitos do Plano de Segurança da Obra (PSO).

O PSO é o programa desenvolvido pela Gerência de Segurança e Medicina do Trabalho da SUDECAP para implementação de medidas preventivas e/ou de promoção da saúde no âmbito das ações de Segurança e Medicina do Trabalho. É de cumprimento obrigatório por parte das CONTRATADAS que devem, inclusive, preencher os Checklists relativos a segurança e condições dos equipamentos. A aplicação do Checklist é de responsabilidade da empresa CONTRATADA e deverá ser encaminhado para a Gerência de Segurança e Medicina do Trabalho da SUDECAP.

Os equipamentos poderão ser inspecionados pela FISCALIZAÇÃO quanto a possíveis deficiências, mau estado ou inadequação podendo ser requerido à CONTRATADA o reparo, a retirada ou as substituições necessárias dos mesmos visando o bom desempenho dos serviços.

20.11.3.1.1 Acabadora

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidades.

20.11.3.1.2 Equipamento para a compressão

O equipamento para compressão será constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo “Tanden”, ou outro equipamento aprovado pela FISCALIZAÇÃO. Os rolos compressores, tipo “Tanden”, devem ter uma carga de 8 a 12 t. Os rolos pneumáticos auto propulsores devem ser dotados de pneus que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5 kgf/cm^2 a 8,4 kgf/cm^2. O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

20.11.3.1.3 Caminhões para transporte da mistura

Os caminhões, tipo basculantes, para o transporte do concreto betuminoso deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência de mistura às chapas.

20.11.3.2 Materiais

Todos os materiais devem ser previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo sempre satisfazer todas as especificações estabelecidas em projeto

20.11.3.2.1 Materiais Asfálticos - Asfalto-Borracha

O cimento asfáltico modificado com adição de borracha de pneumáticos deve possuir as seguintes características:

- O teor mínimo de borracha deve ser de 15 % em peso, incorporado no ligante asfáltico (via úmida);
- Tempo máximo e as condições de armazenamento e estocagem do asfalto-borracha, para diferentes situações, devem ser definidos pelo fabricante;
- A garantia do produto asfáltico por carga, deve ser atestada pelo fabricante por meio de certificado com as características do produto;
- As características a serem obedecidas e os limites exigidos pelo IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás) se encontram detalhados na Tabela 7.

Tabela 7 - Asfalto Borracha - Características e limites exigidos pelo IBP apresentadas na norma 111/2009. Fonte: Adaptado de DNIT (2009).

Asfalto-Borracha - Cimento Asfáltico Modificado com adição de borracha de pneumáticos			
ENSAIO	**NORMA**	**ESPECIFICAÇÃO**	
		Mínima	**Máxima**
Penetração (100 g, 5 s, 25 °C) , 0,1 mm	NBR 6576	30	70
Ponto de Amolecimento, °C	NBR 6560	55	-
Recuperação Elástica – Torciômetro, %	NLT 329 / 91	50	-
Recuperação Elástica Ductilômetro (25 ºC, 10 cm), %	NBR 15086	50	-
Ponto de Fulgor, °C	NBR 11341	235	-
Densidade Relativa, 25 °C/25 °C	NBR 6296	1000	1050
Viscosidade Brookfield à 175 °C, P, Spindle 3, 20 rpm	NBR 15529	800	2000
ENSAIOS NO RESÍDUO DO RTFOT			
Variação de Massa do RTFOT, %	NBR 15235	-	1,0
Variação do Ponto de Amolecimento, ºC	NBR 6560	-	10
Porcentagem da Penetração Original, %	NBR 6576	55	-
Porcent. da recuperação elástica Original, (25 ºC, 10 cm), %	NBR 15086	100	-

20.11.3.3 Agregado graúdo

O agregado graúdo é constituído normalmente de pedra britada, escória britada, seixo rolado britado, ou outro material indicado em projeto e previamente aprovado pela FISCALIZAÇÃO. Deve ainda obedecer às seguintes condições:

- Serem constituídos de fragmentos duráveis, sãos, de superfície rugosa e forma angular;
- Inexistência de torrões de argila, matéria orgânica e substâncias nocivas;
- Apresentar desgaste no ensaio por “Abrasão Los Angeles” inferior a 50 % (DNER ME-35);
- Ter boa adesividade com o asfalto utilizado, atendendo a norma DNER ME-078;
- Quando submetido ao ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, não deve apresentar perda superior a 12 %, em 5 ciclos (DNER-ME 089);
- Adotar a recomendação da norma DNIT 031: “índice de forma superior a 0,5; e partículas lamelares inferior a 10% (DNER-ME 086).
- No caso de emprego de escória, esta deve ter uma massa específica aparente igual ou superior a 1100 kg/m³.

20.11.3.3.1 Agregado miúdo

O agregado miúdo pode ser constituído de areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, ser livres de torrões de argila e de substâncias nocivas.

No método do Equivalente de Areia, deve apresentar um valor igual ou superior a 55 % (DNER ME-054).

20.11.3.3.2 Material de enchimento (Filler)

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, passando pelo menos 65 % na peneira de 0,075 mm de abertura de malha quadrada. As faixas granulométricas a serem utilização podem ser vistas na Tabela 4. Os materiais de enchimento devem ser inertes em relação ao demais componentes da mistura, tais como cimento Portland, cal hidratada, pós-calcários, cinzas volantes, ou outro material conveniente preparado para apresentar as características especificadas na norma DNER EM-367.

Quando da aplicação deverá estar seco e isento de grumos.

20.11.3.3.3 Composição da mistura

A composição do concreto betuminoso deve satisfazer os requisitos apresentados na Tabela 5 (Faixas granulométricas para composição da mistura de CBUQ). A faixa a ser usada deve ser aquela cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento, ou conforme indicação do projeto.

A curva granulométrica, indicada no projeto, poderá apresentar as tolerâncias máximas apresentadas na Tabela 5 (Tolerâncias máximas para mistura de CBUQ).

Deverá ser adotado o método Marshall (DNER ME-043) para a verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, segundo os valores da Tabela 6 - Método Marshall.

A porcentagem de asfalto ótima é a média aritmética das seguintes porcentagens de asfalto:

- % de asfalto correspondente à máxima densidade;
- % de asfalto correspondente à máxima estabilidade;
- % de asfalto correspondente a porcentagem média de vazios prevista para o tipo de mistura.

Assim, para a camada de rolamento deve-se adotar a porcentagem de asfalto correspondente a 4 % de vazios e para as camadas de binder e nivelamento deve-se adotar a porcentagem de asfalto correspondente a 5,5 % de vazios.

20.11.3.4 Execução

É competência da FISCALIZAÇÃO autorizar ou não a execução da pintura de ligação nos casos onde tenha havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda, tenha sido a imprimação recoberta com areia, pó de pedra etc.

Os depósitos para o cimento asfáltico modificado com borracha de pneus têm que possuir capacidade adequada e dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas, salvo em orientação contrária e justificada do fabricante, nos limites de 165 °C a 180 °C. Estes dispositivos devem também evitar qualquer superaquecimento localizado. É necessário que sejam instalados agitadores mecânicos nos tanques e um 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.

A temperatura de aquecimento dos agregados, medida nos silos quentes, deve ser até 10 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere a 185 °C.

O Concreto Betuminoso com Asfalto-Borracha deverá ser transportado da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes e quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou material similar, para proteger a mistura com total segurança.

As misturas de Concreto Betuminoso com Asfalto-Borracha devem ser distribuídas somente através de máquinas acabadoras e quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10 °C e com tempo não chuvoso.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, as mesmas deverão ser sanadas pela adição manual de Concreto Betuminoso com Asfalto-Borracha, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos. Imediatamente após a distribuição do Concreto Betuminoso com Asfalto-Borracha, tem início a rolagem.

Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura betuminosa possa suportar. A temperatura mínima recomendável para a compactação da mistura é de 150 ºC, devendo ser ajustada no campo em função dos equipamentos de compactação, condições ambientais e de serviço que garantam as características requeridas pela mistura, por ocasião do projeto.

Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão (60 lb/pol²), aumenta-se em progressão aritmética, à medida que a mistura betuminosa suporte pressões mais elevadas. A pressão dos pneus deve variar a intervalos periódicos (60, 80, 100, 120 lb/pol²), adequando um conveniente número de passadas, de forma a obter o grau de compactação especificado.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista, conforme indicado na Figura 10. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto, conforme indicado na Figura 11. Cada passada do rolo deverá ser recoberta pela seguinte, de, pelo menos, a metade da largura anterior. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marchas, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém compactado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

Os revestimentos recém acabados deverão ser mantidos sem trânsito, até o seu completo resfriamento. Quaisquer danos decorrentes da abertura ao trânsito sem a devida autorização prévia, serão de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

20.11.3.5 Controle

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo às versões mais recente das metodologias de ensaios indicadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

20.11.3.5.1 Controle da mistura

A operação da usina e, consequentemente, o fornecimento da massa produzida por quaisquer empresas, estará condicionado ao funcionamento concomitante de um laboratório de asfalto em área contígua à usina, de forma a garantir a obtenção de massa asfáltica uniforme e dentro das características definidas na dosagem.

O preparo da mistura requisita o conhecimento prévio da dosagem que deverá ser submetida à aprovação da FISCALIZAÇÃO. Quando houver alterações dos agregados constituintes da mistura, torna-se indispensável proceder a novas dosagens para aprovação a priori da FISCALIZAÇÃO.

Serão efetuadas medidas de temperatura da mistura, no momento do espalhamento e no início da rolagem, na pista. Em cada caminhão, antes da descarga, será feita, pelo menos, uma leitura da temperatura. As temperaturas devem satisfazer aos limites especificados anteriormente.

20.11.3.5.2 Controle das características Marshall da mistura

Dois ensaios Marshall (DNER ME-043), com três corpos de prova cada, devem ser realizados por dia de produção da mistura. Os valores de estabilidade e de fluência deverão satisfazer ao especificado no item anterior. As amostras devem ser retiradas após a passagem da acabadora e antes da compressão.

20.11.3.5.3 Controle de compressão

O controle de compressão da mistura betuminosa deverá ser feito, preferencialmente, medindo-se a densidade aparente de corpos de prova extraídos da mistura comprimida na pista, por meios de brocas rotativas.

Podem ser empregados outros métodos para a determinação da densidade aparente na pista, desde que indicados no projeto. Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97 % da densidade de projeto.

O controle de compressão poderá também ser feito, medindo-se as densidades aparentes dos corpos de prova extraídos da pista e comparando-as com as densidades aparentes de corpos de prova moldados no local, desde que autorizado pela FISCALIZAÇÃO. As amostras para moldagem destes corpos de prova deverão ser colhidas bem próximo do local, onde serão realizados os furos e antes de sua compressão. A relação entre estas duas densidades não deverá ser inferior a 100 %.

20.11.3.5.4 Controle de espessura

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos de prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Será admitida a variação de ± 10 % da espessura de projeto, para pontos isolados, e até + 5 % de variação da espessura, em 10 medidas sucessivas, não se admitindo reduções.

20.11.3.5.5 Controle de peso

Para serviços de restauração e recapeamento, a quantidade de CBUQ a ser aplicada na via deverá ser verificada a cada trecho de 100 m executado, por meio da comparação entre o peso líquido constantes nos tíquetes de pesagem com o especificado em projeto.

O FISCAL deverá escolher um caminhão por dia para ter o seu peso aferido na balança da SUDECAP. Neste caso, o caminhão deverá ser pesado cheio e vazio para se obter o peso líquido. Deverá ser verificada a coerência entre os horários constantes no Ticket de pesagem, no Ticket do peso bruto e no Ticket do peso de tara.

O FISCAL poderá a qualquer momento indicar outro caminhão para pesagem no mesmo dia.

20.11.3.5.6 Controle de acabamento da superfície

Durante a execução, deverá ser feito o controle diariamente do acabamento da superfície de revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3 m e outra de 0,9 m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da via, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas.

Observar, constantemente, o acabamento do revestimento betuminoso na junção com a sarjeta, a fim de assegurar a impermeabilização desejada.

20.11.4 Critérios de medição e pagamento

20.11.4.1 Medição

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto-Borracha será apropriado e medido através da massa da mistura aplicada, em toneladas (t).

O transporte deste material deve ser apropriado e medido separadamente, conforme critérios do item Transporte de Material de Pavimentação em toneladas por quilometro (t x Km).

Os serviços de aplicação devem ser apropriados conforme camada do pavimento (rolamento, binder) e faixa granulométrica da mistura em toneladas (t).

20.11.4.2 Pagamento

O concreto betuminoso usinado a quente com asfalto borracha será pago conforme o preço contratual, de acordo com a medição dos serviços.

20.12 CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE COM ASFALTO-POLÍMERO

20.12.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução de revestimento com concreto betuminoso usinado a quente utilizando como ligante o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) modificado por polímeros, com o objetivo de construir, reforçar, rejuvenescer ou conservar pavimentos. A modificação dos CAP convencionais em misturas asfálticas visa o aumento da resistência à deformação plástica, à fissuração, fadiga e envelhecimento, obtendo-se maior durabilidade e redução da suscetibilidade térmica do produto.

20.12.2 Definição

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto-Polímero é um revestimento flexível resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e ligante asfáltico modificado por polímero, espalhado e comprimido a quente sobre a superfície imprimada e/ou pintada.

Os polímeros são substâncias compostas orgânicas de pesos moleculares múltiplos variando de 10^3 a 10^6, com unidades químicas repetidas em cadeias. Podem ser naturais ou sintéticos podendo ser classificados mais apropriadamente, para fins de técnicas de pavimentação, de acordo com a Tabela 8, conforme recomendado pelo DNIT.

Tabela 8 - Classificação dos polímeros segundo Disnnem. Fonte: Balbo, José Tadeu (2007).

Tipo de Polímero	Características	Exemplos
Termofixos	Quando submetidos ao calor endurecem de maneira irreversível	Poliuretano e Resina epóxica
Termoplásticos	Amolecem quando submetidos ao calor e endurecem quando resfriados	Polietileno, Polipropileno e EVA (Etileno Acetato de Vinila)
Elastômeros	Possuem propriedades elásticas semelhantes às borrachas; ao receberem calor se decompõem antes mesmo de amolecerem	Estireno-Butadieno-Rubber (ou SBR, do inglês Styrene-Butadiene-Rubber)
Elastômeros termoplásticos	Apresentam comportamento de termoplástico quando são aquecidos e são ainda muito elásticos quando resfriados	Estireno-Butadieno-Estireno (ou SBS, do inglês Styrene-Butadiene-Styrene) Borracha vulcanizada

Cabe salientar que a modificação do CAP pela introdução de polímeros depende fundamentalmente da natureza do polímero e da porcentagem em peso do mesmo na mistura, podendo ser baixa (<4 %), média (~5 %) e elevada (>7 %). Pelo maior emprego na modificação de CAPs em misturas asfálticas, restringiremos a explanação acerca somente do polímero elastômero termoplástico do tipo SBS.

20.12.3 Concreto Betuminoso Usinado a Quente com CAP modificado por polímero SBS

Atualmente o material polimérico mais empregado para a modificação do CAP é o copolímero SBS (Tabela 9). Este, por sua vez, promove uma série de alterações nas propriedades do CAP original melhorando a recuperação elástica, aumentando a viscosidade, consistência e ponto de amolecimento, refletindo em melhorias no comportamento das misturas asfálticas.

Tabela 9 - Asfalto-polímero - Características e limites exigidos pela ANP apresentada na norma 129-EM. Fonte: DNIT (2011).

CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POR POLÍMERO TIPO SBS						
TIPO (Ponto de Amolecimento / Recuperação Elástica) (*)			**50/65**	**55/75**	**60/85**	**65/90**
CARACTERÍSTICA	UNI.	MÉTODO	ESPECIFICAÇÃO			
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	NBR 6576	45 a 70	45 a 70	40-70	40 a 70
Ponto de Amolecimento, mín.	ºC	NBR 6560	50	55	60	65
Ponto de Fulgor, mín.	ºC	NBR 11341	235	235	235	235
Viscos. Brookfield a 135°C, SP 21, 20 rpm, máx.	cP	NBR 15184	1500	3000	3000	3000
Viscos. Brookfield a 155°C, SP 21, 50 rpm, máx.			1000	2000	2000	2000
Viscos. Brookfield a 175°C, SP 21, 100 rpm, máx.			500	1000	1000	1000
Separação de Fase, máx.	ºC	NBR 15166	5	5	5	5
Recuperação Elástica, 25ºC, 20 cm, mín.	%		65	75	85	90
Teste no Resíduo do RTFOT a 163ºC, 85 minutos:						
Variação de massa, máx.	%	NBR 15235	1,0	1,0	1,0	1,0
Aumento do Ponto de Amolecimento, máx.	ºC	NBR 6560	6,0	7,0	7,0	7,0
Redução do Ponto de Amolecimento, máx.	ºC	NBR 6560	3,0	5,0	5,0	5,0
Porcentagem de Penetração Original, mín.	%	NBR 6576	60	60	60	60
Porcentagem Recuperação Elástica Original, mín.	%	NBR 15086	80	80	80	80

(*) A nomenclatura de cada tipo de Asfalto-Polímero se dá pelas exigências mínimas nos ensaios de Ponto de Amolecimento / Recuperação Elástica. Por exemplo: o Asfalto-Polímero 60/85 deve ter um valor de ponto de amolecimento de, no mínimo, 50ºC e uma recuperação elástica de, no mínimo 65 %.

20.12.4 Condições específicas

20.12.4.1 Equipamentos

Todo equipamento, deverá apresentar condições de acordo com as diretrizes previstas em EDITAL e atender os requisitos do Plano de Segurança da Obra (PSO).

O PSO é o programa desenvolvido pela Gerência de Segurança e Medicina do Trabalho da SUDECAP para implementação de medidas preventivas e/ou de promoção da saúde no âmbito das ações de Segurança e Medicina do Trabalho. É de cumprimento obrigatório por parte das CONTRATADAS que devem, inclusive, preencher os Checklists relativos a segurança e condições dos equipamentos. A aplicação do Checklist é de responsabilidade da empresa CONTRATADA e deverá ser encaminhado para a Gerência de Segurança e Medicina do Trabalho da SUDECAP.

Os equipamentos poderão ser inspecionados pela FISCALIZAÇÃO quanto a possíveis deficiências, mau estado ou inadequação podendo ser requerido à CONTRATADA o reparo, a retirada ou as substituições necessárias dos mesmos visando o bom desempenho dos serviços.

20.12.4.2 Acabadora

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidades.

20.12.4.2.1 Equipamento para a compressão

O equipamento para compressão será constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo Tanden, ou outro equipamento aprovado pela FISCALIZAÇÃO. Os rolos compressores, tipo Tanden, devem ter uma carga de 8 a 12 t. Os rolos pneumáticos autopropulsores devem ser dotados de pneus que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5 kgf/cm^2 a 8,4 kgf/cm^2. O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

20.12.4.2.2 Caminhões para transporte da mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do concreto betuminoso deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência de mistura às chapas.

20.12.4.3 Materiais

Todos os materiais devem ser previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo sempre satisfazer todas as especificações estabelecidas em projeto.

20.12.4.3.1 Materiais Asfálticos - Asfalto Modificado por Polímero tipo SBS

O cimento asfáltico modificado por polímero tipo SBS deve possuir as seguintes características:

- A garantia do produto asfáltico por carga, deve ser atestada pelo fabricante por meio de certificado com as características do produto;
- Para utilização do asfalto-polímero estocado, deve-se verificar previamente, se os resultados dos ensaios cumprem com os limites indicados na tabela 10.

Tabela 10 - Exigência das características do Asfalto Modificado por Polímero SBS apresentada na norma EM-396. Fonte: Adaptado de DNIT (1999).

CARACTERÍSTICA	EXIGÊNCIA	
	Mínima	**Máxima**
Penetração, 100g, 5 s, 25°C, 0,1mm	45	-
Ponto de Fulgor, °C	235	-
Ductibilidade, 25°C, 5 cm/min, cm	100	-
Densidade Relativa, 25 °C/25 °C	1,00	1,05
Ponto de Amolecimento, °C	60	85
Ponto de Ruptura Fraass, °C	-	-13
Recuperação Elástica, 20 cm, 25 °C, %	85	-
Viscosidade Cinemática, 135 °C, Cst	850	
Viscosidade Cinemática, 155 °C, Cst	350	
Estabilidade ao armazenamento		
500ml em estufa a 163 ºC, 5 dias:		
- diferença de ponto de amolecimento, °C	-	4
- diferença de recuperação elástica, 20 cm, 25 °C, %	-	3
Índice de Suscetibilidade Térmica (IST x 10^2)	2	5
Efeito do Calor e do Ar:		
- variação de massa, %	-	1,0
- percentagem de penetração original	50	-
- variação do ponto de amolecimento, °C	-	4
- recuperação elástica, %	80	-

Nota 1 - O índice de suscetibilidade térmica (IST), deve ser determinado a partir da inclinação da reta penetração x temperatura, para temperaturas de 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C e 35 °C. A inclinação da reta é determinada pelo ajuste da equação log (pen) = C + AT, aos pontos dos ensaios, onde:
Log (pen) - logaritmo da penetração.
A - inclinação da reta.
C - constante.
T - temperatura, °C.

Nota 2 - O produto não deve produzir espuma quando aquecido a 175 °C.

20.12.4.3.2 Agregado graúdo

O agregado graúdo é constituído normalmente de pedra britada, escória britada, seixo rolado britada, ou outro material indicado nas especificações complementares e previamente aprovado pela FISCALIZAÇÃO. Deve ainda obedecer às seguintes condições:

- Serem constituídos de fragmentos duráveis, sãos, de superfície rugosa e forma angular;
- Inexistência de torrões de argila, matéria orgânica e substâncias nocivas;
- Apresentar desgaste no ensaio por “Abrasão Los Angeles” igual ou inferior a 55 % (DNER ME-035); admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior;
- Adotar a recomendação da norma DNIT 031: “índice de forma superior a 0,5; e partículas lamelares inferior a 10% (DNER ME-086);
- Ter boa adesividade com o asfalto utilizado, atendendo a norma DNER-ME 078;

- Quando submetido ao ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, não deve apresentar perda superior a 12 %, em 5 ciclos (DNER ME-089);
- No caso de emprego de escória, esta deve ter uma massa específica aparente igual ou superior a 1100 kg/m3.

20.12.4.3.3 Agregado miúdo

O agregado miúdo pode ser constituído de areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas.

No método do Equivalente de Areia, deve apresentar um valor igual ou superior a 55 % (DNER ME-054).

20.12.4.3.4 Material de enchimento (Filler)

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, passando pelo menos 65 % na peneira de 0,075 mm de abertura de malha quadrada. As faixas granulométricas a serem utilizadas podem ser vistas na Tabela 4. Os materiais de enchimento devem ser inertes em relação ao demais componentes da mistura, tais como cimento Portland, cal hidratada, pós-calcários, cinzas volantes, ou outro material conveniente preparado para apresentar as características especificadas na norma DNER EM-367.

Quando da aplicação o material de enchimento deverá estar seco e isento de grumos.

20.12.4.3.5 Composição da mistura

A composição do Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto-Polímero deve satisfazer os requisitos indicados na Tabela 11, levando-se em consideração as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria e aos percentuais de cimento asfáltico.

Tabela 11 - Tolerâncias granulométricas e percentuais de cimento asfáltico apresentadas na norma ES-385. Fonte: DNER (1999).

Peneira de malha quadrada		**Percentagem passando, em peso (faixas)**			**Tolerância na curva de projeto (%)**
ABNT	Abertura (mm)	A	B	C	
2”	50,8	100	-	-	-
1 ½”	38,1	95 – 100	100	-	± 7
1”	25,4	75 – 100	95 – 100	-	± 7
¾”	19,1	60 – 90	80 – 100	-	± 7
½”	12,7	-	-	85 – 100	± 7
3/8”	9,52	35 – 65	45 – 80	75 – 100	± 7
N° 4	4,76	25 – 50	28 – 60	50 – 85	± 5
N° 10	2,00	20 – 40	20 – 45	30 – 75	± 5
N° 40	0,42	10 – 30	10 – 32	15 – 40	± 5
N° 80	0,20	5 – 20	8 – 20	8 – 30	± 3
N° 200	0,074	1 – 8	3 – 8	5 – 10	± 2
Ligante polimerizado solúvel no tricloroetileno, %		4,0 – 6,0 Camada de ligação (Binder)	4,0 - 7,0 Camada de ligação e rolamento	5,0 – 7,5 Camada de rolamento	± 0,3

A faixa usada deve ser aquela, cujo diâmetro máximo é igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento. As tolerâncias constantes na tabela são permitidas, desde que os limites da faixa não sejam ultrapassados.

As percentagens de ligante referem-se à mistura de agregados, considerada como 100 %. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deve ser inferior a 4 % do total.

A curva granulométrica, indicada no projeto, poderá apresentar as tolerâncias máximas apresentadas na Tabela 6 (Tolerâncias máximas para mistura de CBUQ).

Deverá ser adotado o método Marshall (DNER ME-043) para a verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, segundo os seguintes valores da Tabela 12:

Tabela 12 - Características da mistura asfáltica segundo Ensaio Marshall DNER ME-043 apresentada na norma ES-385. Fonte: DNER (1999).

Características	Camada de rolamento	Camada de ligação (binder)
Percentagem de vazios	3 a 5	4 a 6
Relação betume-vazios	75 a 82	65 a 72
Estabilidade mínima	500 Kgf (75 golpes)	500 Kgf (75 golpes)
Fluência, mm.	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5
Resistência à tração por compressão diametral a 25 °C, Kgf/cm^2	7,0 a 12,0	7,0 a 12,0

A porcentagem de asfalto ótima é a média aritmética das seguintes porcentagens de asfalto:

- % de asfalto correspondente à máxima densidade;
- % de asfalto correspondente à máxima estabilidade;
- % de asfalto correspondente a porcentagem média de vazios prevista para o tipo de mistura.

A modificação dos CAPs por polímeros do tipo SBS é particularmente importante para que misturas de graduações abertas desfrutem de uma sobrevida maior, evitando a oxidação precoce do ligante pela percolação de água na mistura.

A porcentagem de polímeros no CAP também proporciona alterações nas diversas características do mesmo conforme pode ser visto na Tabela 13.

Tabela 13 - Efeitos da adição de SBS nas propriedades físicas do CAP-20. Fonte: Balbo, José Tadeu (2007).

Características	CAP-20	CAP-20 + 4% SBS	CAP-20 + 6% SBS
Recuperação elástica (%)	11	80	90
Penetração a 25°C (0,1 mm)	59	74	75
Ponto de fulgor (°C)	358	320	310
Viscosidade Saybolt-Furol a 165°C (s)	47	100	168
Viscosidade absoluta a 60°C (Poise)	2.211	5.784	54.563
Ponto de amolecimento (°C)	51	60	73

Conforme observado na Tabela 13, características de suma importância para o desempenho do CAP, como recuperação elástica e ponto de amolecimento, sofrem um enorme acréscimo com a variação da porcentagem do polímero SBS.

20.12.4.4 Execução

É competência da FISCALIZAÇÃO autorizar ou não a execução da pintura de ligação nos casos onde tenha havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda, tenha sido a imprimação recoberta com areia, pó de pedra, etc.

A temperatura de aquecimento do asfalto polímero deve ser em função do teor de polímero. A temperatura conveniente para aquecimento do ligante é de 150 °C acrescida de 3 °C para cada 1 % de polímero: 150 °C + 3 °C / 1 % polímero. A temperatura máxima deve ser de 180 °C. Os depósitos para o cimento asfáltico modificado por polímero tipo SBS têm que possuir capacidade adequada e dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Especificação.

Estes dispositivos devem também evitar qualquer superaquecimento localizado. É necessário que sejam instalados agitadores mecânicos nos tanques e um 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.

Os agregados devem ser aquecidos a temperatura de 10 °C a 15 °C, acima da temperatura do cimento asfáltico e inferior a 183 °C.

O Concreto Betuminoso com Asfalto-Polímero deverá ser transportado da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes e quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou material similar, para proteger a mistura com total segurança.

Para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deve ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura. Recomenda-se que a distância de transporte não ultrapasse 30 km.

As misturas de Concreto Betuminoso com Asfalto-Polímero devem ser distribuídas somente através de máquinas acabadoras e quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10 °C e com tempo não chuvoso.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, as mesmas deverão ser sanadas pela adição manual de Concreto Betuminoso com Asfalto-Polímero, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos.

Imediatamente após a distribuição do Concreto Betuminoso com Asfalto-Polímero, tem início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura betuminosa possa suportar. A temperatura mínima recomendável para a compactação da mistura é variável de acordo com cada tipo de Asfalto-Polímero e deve ser indicada pelo fabricante. Ajustes no campo podem ser necessários em função dos equipamentos de compactação, condições ambientais e de serviço que garantam as características requeridas pela mistura, por ocasião do projeto.

A temperatura recomendável para a compactação da mistura é de 140 °C acrescida de 3 °C para cada 1 % de polímero: 140 °C + 3 °C / 1 % polímero.

Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão (60 lb/pol²), aumenta-se em progressão aritmética, à medida que a mistura betuminosa suporte pressões mais elevadas. A pressão dos pneus deve variar a intervalos periódicos (60, 80, 100, 120 lb/pol²), adequando um conveniente número de passadas, de forma a obter o grau de compactação especificado.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista, conforme indicado na Figura 10. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto, conforme indicado na Figura 11. Cada passada do rolo deverá ser recoberta pela seguinte, de, pelo menos, a metade da largura anterior. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marchas, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém compactado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

Os revestimentos recém acabados deverão ser mantidos sem trânsito, até o seu completo resfriamento. Quaisquer danos decorrentes da abertura ao trânsito sem a devida autorização prévia, serão de inteira responsabilidade da CONTRATADA.

20.12.4.5 Controle

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo às versões mais recentes das metodologias de ensaios indicada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

20.12.4.5.1 Controle da mistura

A operação da usina e, consequentemente, o fornecimento da massa produzida por quaisquer empresas, estará condicionado ao funcionamento concomitante de um laboratório de asfalto em área contígua à usina, de forma a garantir a obtenção de massa asfáltica uniforme e dentro das características definidas na dosagem.

O preparo da mistura requisita o conhecimento prévio da dosagem que deverá ser submetida à aprovação da FISCALIZAÇÃO. Quando houver alterações dos agregados constituintes da mistura, torna-se indispensável proceder a novas dosagens para aprovação a priori da FISCALIZAÇÃO.

Serão efetuadas medidas de temperatura da mistura, no momento do espalhamento e no início da rolagem, na pista. Em cada caminhão, antes da descarga, será feita, pelo menos, uma leitura da temperatura. As temperaturas devem satisfazer aos limites especificados anteriormente.

20.12.4.5.1.1 Asfalto polímero

O controle de qualidade do cimento asfáltico consta os seguintes ensaios:

- Para todo carregamento que chegar à obra:
  - 01 ensaio de penetração a 25ºC (DNIT ME-155);
  - 01 ensaio de ponto de fulgor (DNER ME-148);
  - 01 ensaio de ponto de amolecimento (NBR-6560);
  - 01 ensaio de espuma;
  - 01 ensaio de recuperação elástica a 25ºC (DNIT ME-130);
  - 01 ensaio de estabilidade ao armazenamento (DNER ME-384).
- Para cada 500 t:
  - 01 ensaio de infravermelho para determinação do teor de polímero, sendo permitida uma tolerância de + 0,4 % do teor de projeto.

20.12.4.5.1.2 Agregados

- O controle de qualidade dos agregados consta do seguinte:
  - 02 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER ME-083);
  - 01 ensaio de desgaste Los Angeles, por mês, ou quando houver variação da natureza do material (DNER ME-035);
  - 01 ensaio de índice de forma, por mês, ou quando houver variação da natureza do material (DNER ME-086);
  - 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por mês, ou quando houver variação da natureza do material (DNER ME-054);
  - 01 ensaio de granulometria do material de enchimento (filler), por mês (DNER ME-083);
  - 01 ensaio de adesividade por jornada de 8 horas de trabalho.

Deve ser procedido o ensaio de granulometria (DNER ME-083) da mistura dos agregados resultantes das extrações citadas no item anterior. A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias, especificadas no projeto.

Devem ser efetuadas medidas de temperatura, durante a jornada de 8 horas de trabalho, em cada um dos itens abaixo discriminados:

- Dos agregados, nos silos quentes da usina;
- Do ligante, na usina;
- Da mistura, no momento da saída do misturador.

As temperaturas devem apresentar tolerâncias de ± 5 °C das temperaturas especificadas.

20.12.4.5.2 Controle das características Marshall da mistura

Devem ser realizados ensaios Marshall e de Resistência à Tração em corpos de prova, por jornada de 8 horas de trabalho.

Os valores de estabilidade e de resistência à tração devem satisfazer ao especificado no item proposto. As amostras devem ser retiradas na saída da acabadora conforme tabela 14.

Tabela 14 - Amostragem variável apresentada na norma 385-ES. Fonte DNER (1999).

Amostragem variável														
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 = coeficiente multiplicador					α = risco do executante					

20.12.4.5.3 Controle de compressão

O controle de compressão da mistura betuminosa deverá ser feito, preferencialmente, medindo-se a densidade aparente de corpos de prova extraídos da mistura comprimida na pista, por meios de brocas rotativas.

Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97 % da densidade de projeto.

O controle de compressão poderá também ser feito, medindo-se as densidades aparentes dos corpos de prova extraídos da pista e comparando-as com as densidades aparentes de corpos de prova moldados no local, desde que autorizado pela FISCALIZAÇÃO. As amostras para moldagem destes corpos de prova deverão ser colhidas bem próximo do local, onde serão realizados os furos e antes de sua compressão. A relação entre estas duas densidades não deverá ser inferior a 100 %.

20.12.4.5.4 Controle de espessura

Deve ser medida a espessura por ocasião da extração dos corpos de prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compactação da mistura. Admite-se variação de ± 5 % em relação às espessuras de projeto.

20.12.4.5.5 Controle de peso

Para serviços de restauração e recapeamento, a quantidade de CBUQ com Asfalto-Polímero a ser aplicada na via deverá ser verificada a cada trecho de 100 m executado por meio da comparação entre o peso líquido constantes nos tickets de pesagem com o especificado em projeto.

A FISCALIZAÇÃO deverá escolher um caminhão por dia para ter o seu peso aferido na balança da PBH. Neste caso, o caminhão deverá ser pesado cheio e vazio para se obter o peso líquido. Deverá ser verificada a coerência entre os horários constantes no ticket de pesagem, no ticket do peso bruto e no ticket do peso de tara.

A FISCALIZAÇÃO poderá a qualquer momento indicar outro caminhão para pesagem no mesmo dia.

20.12.4.5.6 Controle de alinhamentos

A verificação do eixo e bordos é feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Pode também ser utilizada a trena. Os desvios verificados não devem exceder ± 5 cm.

20.12.4.5.7 Controle de acabamento da superfície

Durante a execução, deverá ser feito o controle diariamente do acabamento da superfície de revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3 m e outra de 1,2 m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da via, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas.

O acabamento da superfície deve ser verificado por “aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta” devidamente calibrados (DNER PRO-164 e DNER PRO-182). Neste caso o Quociente de Irregularidade - QI deve apresentar valor inferior a 35 contagens/km, por km de rodovia.

20.12.5 Critérios de medição e pagamento

20.12.5.1 Medição

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto-Polímero será apropriado e medido através da massa da mistura aplicada, em toneladas (t).

O transporte deste material deve ser apropriado separadamente conforme critérios do item Transporte de

Material de Pavimentação, em toneladas por quilometro (t x Km).

Os serviços de aplicação devem ser separados conforme camada do pavimento (rolamento, binder) e faixa granulométrica da mistura, apropriados e medidos em toneladas (t).

20.12.5.2 Pagamento

O Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto-Polímero será pago conforme o preço contratual, de acordo com a medição dos serviços.

20.13 TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

20.13.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução dos serviços relativos aos tratamentos superficiais do pavimento.

20.13.2 Definição

O tratamento superficial é um revestimento constituído por aplicação de material asfáltico e agregado mineral granulometricamente especificado. Os tratamentos podem ser de três tipos, como descritos abaixo.

20.13.2.1 Simples

Constituído de material betuminoso e agregado mineral, no qual o agregado é colocado uniformemente sobre o material asfáltico, aplicado em uma só camada, sob base imprimada ou sobre o revestimento asfáltico, e submetido à operação de compressão e acabamento.

20.13.2.2 Duplo

Constituído de duas aplicações de material asfáltico, cobertos, cada uma, por agregado mineral. A primeira aplicação de material asfáltico é feita diretamente sobre a base imprimada ou sobre o revestimento asfáltico e coberta imediatamente com agregado graúdo constituindo a primeira camada do tratamento. A segunda camada é semelhante a primeira, usando-se agregado miúdo.

20.13.2.3 Triplo

Constituído de três aplicações de material asfáltico, cobertos, cada uma, por agregado mineral.

A primeira aplicação de material asfáltico é feita diretamente sobre a base imprimada ou sobre o revestimento asfáltico e coberta imediatamente com agregado graúdo, constituindo a primeira camada do tratamento.

A segunda e terceira camadas são semelhantes à primeira, usando-se, respectivamente, agregados médio e miúdo, especificados.

20.13.3 Condições específicas

20.13.3.1 Equipamento

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela FISCALIZAÇÃO, devendo estar de acordo com esta especificação, sem o que não será dada a Ordem de Serviço. Uma relação de equipamentos a serem utilizados é apresentada a seguir, podendo ser alterada em função das especificidades do projeto e de determinações da FISCALIZAÇÃO:

- Veículos automotores, para transporte do agregado;
- Distribuidor mecânico de agregado, rebocáveis ou automotrizes, possuindo dispositivos que permitam uma distribuição homogênea da quantidade de agregados fixada no projeto;
- Veículos distribuidores do material betuminoso, especialmente construídos para esse fim, providos de dispositivos de aquecimento e de rodas pneumáticas, tacômetro, calibradores e termômetros, em locais de fácil acesso, e, ainda, disporem de um espargidor manual para o tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas;
- Rolos compressores tipo Tandem, que apliquem uma carga entre 25 e 45 kgf por centímetro de roda, com seu peso total, não excedendo a 10 toneladas, ou, preferencialmente, rolos pneumáticos, auto-propulsores, que permitam a calibragem de pneus Quando da utilização de distribuidores manuais (canetas ou similar), a uniformidade dependerá essencialmente da experiência do operador da mangueira de 35 a 120 lb/pol²;
- Vassouras, pás, enxadas, garfos, rastelos, etc.

20.13.3.2 Materiais

Todos os materiais devem ser previamente aprovados pela FISCALIZAÇÃO, devendo sempre satisfazer todas as especificações estabelecidas em projeto.

20.13.3.2.1 Betuminosos

Podem ser empregados os seguintes materiais betuminosos:

- Cimento asfáltico de petróleo: tipo CAP 7;
- Emulsões asfálticas, tipo RR-1C e RR-2C;
- Asfaltos diluídos tipo CR-250.

O material betuminoso não deve ser aplicado em superfícies molhadas, exceção da emulsão asfáltica, desde que em superfícies sem excesso de água. Nenhum material betuminoso será aplicado quando a temperatura ambiente for inferior a 10 °C e em dias chuvosos.

A temperatura de aplicação deverá ser determinada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. Será escolhida a temperatura que proporcionar a melhor viscosidade para o espalhamento, sendo as faixas de viscosidade recomendadas para espalhamento, as seguintes:

- Para cimento asfáltico e asfalto diluído, 20 a 60 segundos, Saybolt-Furol;
- Para emulsão asfáltica, 25 a 100 segundos, Saybolt-Furol.

20.13.3.2.1.1 Melhoradores de adesividade

Não havendo boa adesividade entre o agregado e o material betuminoso, deverá ser empregado um melhorador de adesividade, na quantidade fixada no projeto, adicionado ao ligante betuminoso no canteiro de obra, obrigando-se sempre a circulação da mistura ligante betuminoso-aditivo. Preferencialmente, deve-se fazer esta mistura com a circulação do ligante betuminoso, no caminhão.

20.13.3.2.2 Agregados

Os agregados podem ser pedra britada, escória britada e cascalho ou seixo rolado britados. Somente um tipo de agregado será usado. Devem consistir de partículas limpas, duras, duráveis, isentas de cobertura e torrões de argila.

O desgaste verificado no ensaio de “Abrasão Los Angeles” não deve ser superior a 40 %. Quando não houver na região materiais com esta qualidade, admite-se o emprego de agregados com valor de desgaste até 50 %, ou outros que, utilizados anteriormente, tenham apresentado, comprovadamente, bom comportamento.

O índice de forma não deve ser inferior a 0,5 %. Opcionalmente, poderá ser determinada a porcentagem de grãos de forma lamelar, que se enquadrem na expressão:

Onde:

$$I + g > 6e$$

- I = maior dimensão do grão;
- g = diâmetro mínimo do anel através do qual o grão pode passar;
- e = afastamento mínimo de dois planos paralelos entre os quais pode ficar contido o grão.

Não se dispondo de anéis ou peneiras com crivos de abertura circular, o ensaio poderá ser realizado utilizando-se peneiras de malhas quadradas, adotando-se a fórmula:

$$I + 1{,}25\,g > 6e$$

Sendo g = medida das aberturas de duas peneiras entre as quais fica retido o grão A porcentagem de grãos de forma lamelar, fora dos padrões estabelecidos, não poderá ultrapassar 20 %.

No caso de emprego de escória britada, esta deve ter uma massa específica aparente igual ou superior a 1200 kg / m³.

20.13.3.2.2.1 Granulometria

Os agregados que irão compor os tratamentos simples, duplo ou triplo, devem inicialmente satisfazer às seguintes condições granulométricas, para cada camada.

$$\frac{d_{10}}{D_{90}} \geq 0,5$$

Onde:

- d_{10} (tamanho mínimo efetivo) - é a abertura da malha quadrada, se necessário interpolada, na qual são retidos 10 % do agregado considerado, sendo o valor mínimo permitido igual a 2 mm;
- D_{90} (tamanho máximo efetivo) - é a abertura da malha quadrada, se necessário interpolada, na qual passam 90 % do agregado considerado, sendo o valor máximo permitido igual a 25,4 mm;
- No caso dos tratamentos duplo e triplo, o D_{90} de cada camada sobreposta deve ser, no máximo, igual ao d_{10} camada subjacente, sendo desejável, mesmo que haja um intervalo entre os dois valores (ou peneiras) da ordem de 1 mm para as camadas de graduação mais fina e de 3 mm para as camadas de graduação mais grossa;
- Nenhum elemento deve ser superior a 1,33 D_{90};
- As porcentagens de material em peso, passando na peneira d_{10} ou retida na peneira D_{90} devem ser, cada uma, inferior a 15 e na soma inferior a 20 %;
- A porcentagem passando da peneira 0,6 d_{10}, deve ser inferior a 5 % do peso total da camada;
- Em nenhum caso pode-se ter percentagem superior a 2 % passando na peneira número 200.

20.13.3.3 Execução

Antes de serem iniciadas as operações de execução do tratamento, será realizado uma varredura da pista imprimada, eliminando todas as partículas de pó.

Os materiais betuminosos são aplicados de uma só vez em toda a largura a ser tratada, no máximo em duas faixas. A aplicação será feita de modo a assegurar uma boa junção entre duas aplicações adjacentes. O distribuidor deve ser ajustado e operado de modo a distribuir o material uniformemente sobre a largura determinada. Depósitos excessivos de material betuminoso devem ser prontamente eliminados.

Imediatamente após a aplicação do material betuminoso, o agregado especificado deve ser uniformemente espalhado. Quando necessário, para garantir uma cobertura uniforme, a distribuição poderá ser complementada por processo manual e o excesso de agregado deve ser removido antes da compressão.

A extensão de material betuminoso aplicado deve ficar condicionada à capacidade de cobertura imediata com agregado. No caso de paralisação súbita e imprevista do carro distribuidor de agregados, o agregado será espalhado, manualmente, na superfície coberta com o material betuminoso.

O agregado deve ser comprimido em sua largura total, o mais rápido possível, após a sua aplicação. A compressão deve ser interrompida antes do aparecimento de sinais de esmagamento do agregado.

A compressão deve começar pelos bordos e progredir para o eixo, nos trechos em tangente, e, nas curvas, deverá progredir sempre do bordo mais baixo para o bordo mais alto, sendo cada passagem do rolo recoberta, na vez subsequente, de pelo menos a metade da largura deste.

O trânsito não será permitido quando da aplicação do material betuminoso ou do agregado. Só deverá ser aberto após a compressão terminada. Entretanto, em caso de necessidade de abertura do trânsito antes de completar a compressão, deverá ser feito um controle, para que os veículos não ultrapassem a velocidade de 10 km / hora. Decorridas 24 horas do término da compressão, o trânsito deve ser controlado, com velocidade máxima de 40 km / hora. No caso de emprego de asfalto diluído, o trecho não deve ser aberto ao trânsito, até que o material betuminoso tenha secado e que os agregados não sejam mais arrancados pelos veículos. De 5 a 10 dias após abertura do trânsito, deverá ser feita uma varredura dos agregados não fixados pelo ligante.

As quantidades de agregado e de ligante betuminoso a serem empregadas poderão estar compreendidas nos limites apresentados nas normas DNIT 146-ES, DNIT 147-ES e DNIT 148-ES, os valores exatos a empregar serão fixados no projeto. Quando for empregada escória britada ou outro agregado de porosidade ou absorção elevadas, tais características deverão ser consideradas para a fixação da taxa de aplicação do ligante betuminoso.

20.13.3.4 Controle

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo às versões mais recentes das metodologias de ensaios indicada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

20.13.3.4.1 Material betuminoso

O controle de qualidade do material betuminoso constará do seguinte:

20.13.3.4.1.1 Cimento asfáltico

- 1 ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, para o carregamento a ser utilizado na obra;
- 1 ensaio de ponto de fulgor, para cada 100 t;
- 1 índice Pfeiffer, para cada 500 t;
- 1 ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra;
- 1 curva de viscosidade x temperatura a cada 200 t.

20.13.3.4.1.2 Asfaltos diluídos

- 1 ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, para o carregamento a ser utilizado na obra;
- 1 ensaio de ponto de fulgor, para cada 100 t;
- 1 ensaio de destilação, para cada 100 t;
- 1 curva de viscosidade x temperatura a cada 200 t.

20.13.3.4.1.3 Emulsões asfálticas

- 1 ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, para o carregamento a ser utilizado na obra;
- 1 ensaio de resíduo por evaporação, para todo carregamento que chegar à obra;
- 1 ensaio de sedimentação, para cada 100 t;
- 1 curva de viscosidade x temperatura a cada carregamento a ser utilizado na obra quando a emulsão utilizada for a RR-2C.

20.13.3.4.1.4 Agregados

O controle de qualidade dos agregados constará do seguinte:

- 2 análises granulométricas, para cada dia de trabalho;
- 1 ensaio de índice de forma, para cada 900 m^3;
- 1 ensaio de desgaste Los Angeles, quando houver variação da natureza do material;
- 1 ensaio de densidade, para cada 900 m^3;
- 1 ensaio de adesividade, para o carregamento de ligante betuminoso a ser utilizado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.

20.13.3.4.1.5 Melhorador de adesividade

O controle do melhorador de adesividade constará do seguinte:

- 1 ensaio de adesividade, para o carregamento a ser utilizado na obra;
- 1 ensaio de adesividade, toda vez que o aditivo for incorporado ao ligante betuminoso.

20.13.3.4.1.6 Temperatura de aplicação do ligante betuminoso

A temperatura de aplicação deve ser a especificada para o tipo de material betuminoso em uso.

20.13.3.4.1.7 Quantidade do ligante betuminoso

O controle de quantidade do material betuminoso será efetuado mediante a pesagem do carro distribuidor, antes e depois da aplicação do material betuminoso. Não sendo possível a realização do controle por esse método, admitem-se as seguintes modalidades:

- Coloca-se na pista uma bandeja, de peso e área conhecidos. Mediante uma pesagem, após a passagem do carro distribuidor, tem-se a quantidade de material betuminoso usada;
- Utiliza-se uma régua de madeira, pintada e graduada, tal que forneça, diretamente, por diferença de alturas do material betuminoso no tanque do carro distribuidor, antes e depois da operação, a quantidade do material consumido.

20.13.3.4.1.8 Quantidade e uniformidade do agregado

Devem ser feitos para cada dia de operação, pelo menos dois controles da quantidade de agregado aplicado. Este controle é feito colocando-se na pista, alternadamente, recipientes de peso e área conhecidos. Por simples pesagens, após a passagem do veículo distribuidor, será obtida a quantidade de agregado realmente espalhada. Este mesmo agregado servirá para o ensaio de granulometria, que controlará a uniformidade do material utilizado.

20.13.3.4.1.9 Uniformidade de aplicação do material betuminoso

Deverá ser efetuada uma descarga de 15 a 30 segundos, para que se possa controlar a uniformidade de distribuição. Esta descarga poderá ser efetuada fora da pista, ou na própria pista, quando o carro distribuidor estiver dotado de uma calha, colocada abaixo da barra, para recolher o ligante betuminoso.

20.13.3.4.2 Controle geométrico

O controle geométrico, no tratamento superficial, será dado através de verificação do acabamento da superfície. Para tanto, serão usadas duas réguas, uma de 1 m e outra de 3 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da via, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder 0,5 cm, quando verificada com qualquer das duas réguas.

20.13.4 Critérios de medição e pagamento

20.13.4.1 Medição

Os serviços de tratamentos superficiais devem ser apropriados e medidos de acordo com a área executada, em metros quadrados (m²), conforme indicação de projeto, considerando o tipo (simples, duplo e triplo), o agregado e o material betuminoso empregado.

20.13.4.2 Pagamento

Os tratamentos superficiais serão pagos conforme os preços contratuais, de acordo com a medição referida no item anterior, envolvendo aquisição, carga, descarga e estocagem de todos os materiais necessários e demais operações e encargos para sua execução.

20.14 FRESAGEM DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

20.14.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem por objetivo estabelecer a sistemática a ser empregada na execução da fresagem a frio de pavimentos asfálticos de vias urbanas do município de Belo Horizonte.

20.14.2 Definição

A fresagem é o corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento, com espessura pré-determinada, por meio de processo mecânico realizado a quente ou a frio, empregado como intervenção visando a restauração de pavimentos. Operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camada(s) do pavimento asfáltico, por processo mecânico a frio.

20.14.3 Condições gerais

- O serviço de fresagem deve ser iniciado somente após a prévia marcação das áreas a serem fresadas e observadas as profundidades de corte e rugosidade indicadas no projeto de engenharia.
- Deve ser implantada sinalização provisória de regulamentação e advertência para a execução da obra. Durante a execução dos serviços, no caso de haver degraus, se inevitáveis, deve ser implantada sinalização específica, para advertir a sua existência aos usuários, principalmente aos condutores de motocicletas.
- A fresagem pode ser a etapa preliminar para a reciclagem de pavimentos asfálticos. Neste caso a área fresada não deve permanecer por mais de 3 (três) dias sem o devido recobrimento.
- Aplica-se também a fresagem em revestimentos asfálticos sobre o tabuleiro de obras de arte especiais, em áreas deterioradas, na regularização de pavimento de encontros e como melhoria do coeficiente de atrito, em locais de alto índice de derrapagem.
- A pista fresada só deve ser liberada ao tráfego se não oferecer perigo aos usuários, isto é, a rodovia deve estar livre de materiais soltos ou de problemas decorrentes da fresagem, tais como degraus, ocorrência de buracos e descolamento de placas.

20.14.4 Condições específicas

20.14.4.1 Equipamentos

Os equipamentos de fresagem devem ser os mais adequados para a realização do serviço, de acordo com o tipo de fresagem e atender às seguintes recomendações dispostas na especificação DNIT ES-159:

- Máquina fresadora, com as seguintes características:
  - Sistema autopropulsionado, que permita a execução da fresagem, de modo uniforme, da(s) camada(s) do pavimento, na espessura de corte ou desbaste determinada pelo projeto;
  - Dispositivo que permita graduar corretamente a profundidade de corte, fornecendo uma superfície uniforme;
  - Capacidade de nivelamento automático e precisão de corte que permitam o controle da conformação da inclinação transversal, para atender ao projeto geométrico;
  - Cilindro fresador, do tipo específico para a fresagem, construído em aço especial, para girar em alta rotação, onde são fixados os dentes de corte;
  - Dentes de corte do cilindro fresador, constituídos por corpo forjado em aço, com ponta de material mais duro que proporcione rugosidade perfeita, cambiáveis, facilmente extraídos e montados por procedimentos simples e práticos. A rugosidade resultante na pista é definida para cada tipo de fresagem:
    - Fresagem padrão - espaçamento de 15 mm, aproximadamente, entre os dentes de corte;
    - Fresagem fina - espaçamento de 8 mm, aproximadamente, entre os dentes de corte;
    - Microfresagem - espaçamento de 2 a 3 mm entre os dentes de corte.
  - Dispositivo tipo esteira, que permita a elevação do material fresado do pavimento para a caçamba do caminhão simultaneamente com a execução da fresagem;
  - Dispositivo que permita a aspersão de água, para controlar a emissão de poeira na operação de fresagem.
- Vassoura mecânica autopropulsionada e que disponha de caixa para o recebimento do material, p buscando promover a limpeza da superfície fresada;
- Caminhão(ões) basculante(s), provido (s) de lona;
- Caminhão tanque, para abastecimento do depósito de água da fresadora;
- Serra de disco e rompedor pneumático, que permitam execução de arremates e cortes perpendiculares;
- Carreta equipada com prancha apropriada para transporte do equipamento de fresagem.

20.14.4.2 Materiais

O resíduo asfáltico fresado - RAF, resultante do processo de fresagem poderá ser reaproveitado diretamente ou misturado nas diversas camadas dos pavimentos desde que definido em projeto. Caso contrário os materiais fresados deverão ser transportados e descarregados nos pátios das regionais para serem reaproveitados para outros fins. Se nenhuma regional tiver condições de receber o fresado, este será disposto em local com destinação ambientalmente adequada.

20.14.4.3 Execução

Para a execução deverá ser adotado o disposto no item 5.3 da norma DNIT ES-159, conforme detalhado a seguir:

- As áreas a serem fresadas devem ser delimitadas com eventuais ajustes, definidas em campo, pela SUDECAP.
- Quando o material da fresagem for destinado à reciclagem, primeiro deverá ser retirado o excesso de sujeira e resíduos da superfície do pavimento por meio de varrição mecânica.
- A fresagem do revestimento, na espessura recomendada pelo projeto, deverá ser iniciada na borda mais baixa da faixa de tráfego, com a velocidade de corte e avanço regulados a fim de produzir granulometrias adequadas, se necessário, de agregados que deverão ser utilizados na reciclagem.
- No decorrer da fresagem deverá ser observado o jateamento contínuo de água, para resfriamento

dos dentes da fresadora e controle da emissão de poeira.

- Durante a operação de fresagem, o material fresado deverá ser elevado pelo dispositivo tipo esteira, que faz parte da fresadora, para a caçamba do caminhão e transportado ao local para o seu reaproveitamento ou a destinação ambientalmente adequada, ambos devidamente aprovados pela SUDECAP.
- Os locais que sofreram intervenção da fresagem devem ser limpos, preferencialmente por vassouras mecânicas, podendo ser usados, também, processos manuais.
- Deverá ser realizado tratamento da superfície fresada onde permaneçam buracos ou desagregações. Nestas ocorrências, devem ser executados os serviços de reparos necessários, em conformidade com as diretrizes da SUDECAP. O material solto deve ser removido por fresagem ou qualquer outro processo apropriado. Posteriormente, deve ser executada a recomposição, se necessária, da camada granular subjacente e/ou execução de camada adicional de concreto asfáltico, após a limpeza da superfície e aplicação da pintura de ligação.

20.14.4.4 Controle

Deve ser verificado o seguinte:

- Textura rugosa e uniforme da superfície fresada;
- Ausência de desníveis entre uma passada e outra do equipamento;
- Desempeno da superfície (controle da declividade transversal de projeto).
- A superfície fresada não deve apresentar falhas no corte decorrentes de defeitos no(s) dente(s) e depressões;
- A profundidade de corte deve ser verificada nas bordas com auxílio de uma régua ou de uma trena rígida ou por levantamento topográfico. A espessura de fresagem é determinada pela média aritmética de, no mínimo, 3 (três) medidas por faixa e segmento (quarteirão).

A espessura deverá ser controlada para subsidiar o levantamento do volume a ser transportado.

20.14.5 Critérios de medição e pagamento

20.14.5.1 Medição

A medição será efetuada por metro quadrado (m²) de fresagem executada, observando a área de fresagem e a espessura fresada.

O transporte do material fresado deve se apropriado e medido a parte e medido como transporte de material de qualquer natureza.

20.14.5.2 Pagamento

O pagamento será efetuado com base nos preços unitários contratuais, por metro quadrado (m² para fresagem e volume (m³) para o transporte do material fresado.

20.15 REVESTIMENTO COM ALVENARIA POLIÉDRICA

20.15.1 Objetivo

Este tópico do Caderno de Encargos SUDECAP tem como objetivo determinar as diretrizes básicas para a execução dos serviços de revestimento em alvenaria poliédrica.

20.15.2 Definição

Revestimento de alvenaria poliédrica é o que se caracteriza por revestimento flexível de materiais pétreos irregulares, assentados por processo manual, em um colchão de areia espalhado sobre a base de solo estabilizado.

20.15.3 Condições específicas

20.15.3.1 Equipamentos

São indicados os seguintes tipos de equipamentos para a execução do revestimento em alvenaria poliédrica e para a sua remoção:

20.15.3.1.1 Para execução do revestimento em alvenaria poliédrica e reconstrução

- Caminhão-pipa equipado com sistema de irrigação/aspersão apropriado;

- Rolo Tandem de 10 e 12 toneladas; ou rolo compactador de 3 rodas;
- Ferramentas manuais;
- Caminhões basculantes para o transporte;
- Motoniveladoras.

20.15.3.1.2 Para a remoção

- Motoniveladoras com escarificador;
- Trator com lâmina;
- Pá carregadeira;
- Caminhões basculantes;
- Ferramentas manuais.

Além destes poderão ser usados outros equipamentos aceitos pela FISCALIZAÇÃO.

20.15.3.2 Materiais

O revestimento em alvenaria poliédrica será executado com materiais autorizados pela FISCALIZAÇÃO e que preencham os seguintes requisitos:

20.15.3.2.1 Material pétreo poliédrico

O material pétreo poliédrico a ser utilizado deverá satisfazer os seguintes requisitos:

- Resistência à compressão simples maior do que 1000 kg/cm^2;
- Peso específico aparente mínimo de 2400 kg/m^3;
- Absorção de água, após 48 horas de imersão, inferior a 0,5 % em peso;
- Dimensões: o material pétreo poliédrico deverá ter uma face para rolamento, aproximadamente plana, que se inscreva em círculos de raios entre 0,05 m e 0,10 m, e uma altura variável entre 0,10 e 0,15 m.

20.15.3.2.2 Material para fixação, enchimento e recobrimento da alvenaria poliédrica

Este material deverá ser constituído de partículas limpas, duras e duráveis, de areia, finos de minério ou outro material aprovado pela FISCALIZAÇÃO, isentas de torrões de terra, observando sempre a granulometria apresentada na Tabela 15 a seguir:

Tabela 15 - Material de enchimento para pavimento poliédrico. Fonte: Elaboração própria.

N° de peneira	Abertura (mm)	Percentual que passa (%)
3	6,35	100
200	0,074	5 -15

20.15.3.3 Execução

20.15.3.3.1 Construção e reconstrução do revestimento

O material de enchimento e fixação do material poliédrico deverá ser espalhado manual ou mecanicamente sobre a base numa espessura uniforme de 8 cm.

Serão assentadas, inicialmente, as pedras mestras, que servirão de referência para o assentamento das demais. As pedras mestras deverão ser assentadas com espaçamento de cerca de 1,5 m a 2 m no sentido transversal da via, a partir do eixo e de 4 m no sentido longitudinal. Desta maneira forma-se um reticulado que facilitará o trabalho de assentamento, evitando desvios em relação aos elementos do projeto.

Segue-se o assentamento das demais pedras, com as faces de rolamento, cuidadosamente escolhidas pelo calceteiro, fixadas para cima. As pedras deverão ficar entrelaçadas, de modo que não coincidam as juntas vizinhas, e que as faces superiores não apresentem saliências acentuadas, uma em relação às outras.

As juntas maiores serão preenchidas com lascas de pedras e as menores com o material de enchimento e fixação. Após o assentamento das pedras, deverá ser espalhada sobre elas, uma camada de material de enchimento, com 2 cm de espessura, forçando-se a penetração desse material nas juntas dos poliedros, por meio de vassourões adequados ou irrigação, em quantidade que não carreie o material, mas apenas facilite

a penetração nas juntas.

Deverão ser executadas, nos cruzamentos, fileiras de guias transversais à pista de rolamento das vias secundárias, paralelamente ao eixo da via principal obedecendo o nivelamento do revestimento.

Logo após a conclusão do serviço de rejuntamento dos poliedros, o calçamento será devidamente compactado.

A rolagem deverá progredir, nas tangentes, das bordas para o centro, paralelamente ao eixo da pista, de modo uniforme e cada passada atingirá a metade da outra faixa de rolamento até completa fixação do calçamento, isto é, até quando não se observar mais movimentação alguma das pedras pela passagem do rolo. Nos trechos em curva a progressão do rolo deverá ser do bordo interno da curva para o bordo externo.

Qualquer irregularidade ou depressão que venha a surgir durante a compactação, deverá ser prontamente corrigida, removendo e recolocando os poliedros com maior ou menor adição do material de assentamento, em quantidade suficiente à total correção do defeito.

A compactação das partes inacessíveis aos rolos compactadores deverá ser executada por meio de soquetes manuais adequados. As águas pluviais deverão ser desviadas por meio de valetas provisórias e o tráfego deverá ser proibido sobre a pista cujo pavimento estiver em construção.

Quando a via não possuir meios-fios, o acabamento lateral do revestimento será executado com cordões ou peças de rocha ou concreto, com seção retangular ou trapezoidal, destinadas a serem assentadas com a face superior coincidindo com a superfície de rolamento dos poliedros, com a finalidade de proteger os bordos do pavimento. As dimensões dos cordões serão estabelecidas no projeto, podendo ser utilizadas as peças de meio-fio pré-moldadas.

20.15.3.3.2 Demolição e remoção do pavimento

Quando se tratar de segmento de via cujo revestimento de alvenaria poliédrica será substituído por outro tipo de revestimento, a demolição deverá ser feita com motoniveladora e escarificador. Após revolver o revestimento, as pedras e o material de enchimento e fixação serão devidamente amontoados para fins de carregamento e transporte para locais determinados pela FISCALIZAÇÃO. Estas operações, devem ser realizadas com o máximo cuidado, para que a base não seja danificada. Por isto deverão ser usados, de preferência, pás carregadeiras e tratores com pneus.

Quando os serviços de demolição e remoção forem localizados, para fins de manutenção do revestimento ou abertura de valas, as pedras deverão ser removidas com utilização de ferramentas manuais. As pedras retiradas serão lançadas lateralmente para o reaproveitamento, tão logo tenham sido sanados os defeitos locais ou reaterradas as valas.

A reconstrução do revestimento será executada seguindo as mesmas instruções do subitem anterior e a compactação poderá ser feita com sapos mecânicos ou soquetes manuais, se não se dispuser de rolos mais pesados.

20.15.3.3.3 Revestimento asfáltico sobre alvenaria poliédrica

Em situação em que o órgão municipal contratante autoriza o revestimento asfáltico sobre a alvenaria poliédrica, recomenda-se manter um espaço de 50 cm entre a camada asfáltica, e o espelho do meio-fio. Este espaço será preenchido pelo próprio calçamento poliédrico, com o objetivo de não obstruir as saídas pluviais das edificações lindeiras.

20.15.3.4 Controle

20.15.3.4.1 Controle tecnológico

Antes de iniciados os serviços, deverão ser feitos os ensaios de desgaste “Los Angeles” e de durabilidade “Soundness Test” com a pedra a ser utilizada. O desgaste não deverá ser superior a 40 % e a durabilidade não deverá apresentar perdas maiores que 12 %, quando submetidos à exposição de 5 ciclos.

20.15.3.4.2 Controle geométrico

O pavimento pronto deverá ter forma definida pelos alinhamentos, perfis, dimensões e seção transversal-tipo, estabelecidos pelo projeto, com as seguintes tolerâncias:

- Tolerância das dimensões dos poliedros depois de assentados: serão tolerados, na fileira completa, no máximo 20 % de poliedros com dimensões diferentes do estabelecido nesta especificação. A altura do poliedro, nas sondagens feitas em diversos pontos escolhidos pela FISCALIZAÇÃO, não poderá exceder em mais de 10 % fora dos limites estabelecidos nesta especificação;

- Tolerância da superfície: a face do calçamento não deverá apresentar, sob uma régua rígida de 2,5 m a 3 m de comprimento, disposta em qualquer direção, uma flecha superior a 10 mm em qualquer direção;
- Tolerância de espessura: a altura da camada de enchimento e fixação, mais a dos poliedros, depois de comprimidos nas sondagens feitas em diversos pontos escolhidos pela FISCALIZAÇÃO, não poderá diferir em mais de 5 % da espessura fixada pelo projeto.

O pavimento deverá ser entregue ao tráfego somente depois de estar totalmente concluído, isto é, depois da compressão final. No caso de demolição de revestimento, deverá haver um controle visual com relação às danificações que poderão acontecer na base. Quando houver reconstrução do revestimento poliédrico em pontos localizados, será feito somente o controle referente à superfície.

20.15.4 Critérios de medição e pagamento

20.15.4.1 Medição

O serviço será apropriado e medido por metro quadrado (m²) de revestimento poliédrico executado, para os casos de construção.

Para os casos de remoção e recomposição do pavimento poliédrico, para fins de abertura de valas ou de manutenção, também serão medidos em metro quadrado, entretanto deve-se utilizar composição especifica tendo em vista o reaproveitamento do material (pedra poliédrica).

20.15.4.2 Pagamento

O pagamento será efetuado com base nos preços unitários contratuais, por metro quadrado, apresentados para este serviço, seja para execução ou seja para remoção e reassentamento das peças poliédricas.

Os preços englobarão todas as operações necessárias aos serviços, descritas nesta especificação, devendo estar incluídos o fornecimento e transporte dos materiais utilizados e toda a mão de obra, equipamentos e encargos necessários à sua confecção.

20.16 REATERRO DE VALAS E RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS

20.16.1 Objetivo

Definir os procedimentos e requisitos técnicos para o reaterro de valas e a recomposição de pavimentos em vias públicas, decorrentes de intervenções da Prefeitura de Belo Horizonte, suas concessionárias e permissionárias. Assegurar a qualidade, durabilidade e segurança das intervenções, restabelecendo as condições originais ou superiores do pavimento e da infraestrutura viária.

20.16.2 Definições

- Vala: Escavação linear realizada no leito de vias públicas para implantação, manutenção ou reparo de redes de infraestrutura (água, esgoto, gás, energia, telecomunicações, drenagem, etc.);
- Reaterro de Vala: Processo de preenchimento da vala escavada com material adequado, com umidade ótima, compactado em camadas, visando restabelecer a capacidade de suporte do subleito e das camadas subsequentes do pavimento;
- Recomposição de Pavimento: Restabelecimento das camadas de pavimento (subleito, sub-base, base e revestimento) sobre a vala reaterrada, de forma a reproduzir as características originais ou de projeto da estrutura do pavimento, garantindo a integridade e funcionalidade da via.

20.16.3 Condições específicas

20.16.3.1 Equipamentos

A CONTRATADA deverá dispor de equipamentos adequados e em perfeito estado de funcionamento para a execução dos serviços de reaterro e recomposição de pavimentos, incluindo, mas não se limitando a:

- Equipamentos de escavação e remoção de material (retroescavadeiras, miniescavadeiras, fresadoras);
- Equipamentos de compactação (rolos compactadores vibratórios de diferentes portes, compactadores de placa vibratória, compactador mecânico à percussão, conforme a largura da vala e tipo de material);
- Equipamentos para transporte e espalhamento de materiais (caminhões basculantes, motoniveladoras, caminhões pipa, espargidores de ligante asfáltico);

- Equipamentos para corte de pavimento (serras de corte de concreto/asfalto);
- Ferramentas manuais diversas (pás, enxadas, ancinhos, réguas, níveis);
- Equipamentos de controle tecnológico (Frasco de Areia, Speedy Test, Densímetro não Nuclear, Deflectômetro de Impacto Leve - LWD, Viga Benkelman, Falling Weight Deflectometer – FWD, etc.);
- Equipamentos para sinalização e segurança da obra.

20.16.3.2 Materiais

Todos os materiais a serem empregados deverão atender às especificações técnicas aplicáveis do Caderno de Encargos da SUDECAP, normas do DNIT, DNER e ABNT. Desta forma, temos:

Para Reaterro:

- Solos selecionados, de acordo com as diretrizes de projeto e/ou Caderno de Encargos da SUDECAP, livres de matéria orgânica, detritos, entulhos, raízes ou outros materiais estranhos;
- Solos com características geotécnicas adequadas para aterro, conforme ensaios de laboratório definidos em projeto e/ou Caderno de Encargos da SUDECAP;
- Agregados para base e sub-base, quando aplicável, conforme especificações de projeto e/ou Caderno de Encargos da SUDECAP;

Para Recomposição de Pavimentos Asfálticos, temos como exemplos de materiais a serem utilizados:

- Imprimação: Emulsão Asfáltica para Imprimação, conforme projeto e/ou Caderno de Encargos da SUDECAP e norma DNIT aplicável;
- Pintura de Ligação: Emulsão asfáltica tipo RR-1C ou similar, conforme projeto e norma DNIT aplicável;
- Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ): Conforme projeto, especificações da SUDECAP e normas DNIT aplicáveis para a camada de rolamento e/ou de ligação (Binder);

Para Recomposição de Pavimentos Rígidos (Concreto):

- Concreto de cimento Portland, com resistência e slump especificados em projeto ou conforme a estrutura existente, atendendo às normas ABNT aplicáveis;
- Armaduras, telas e barras de transferência/ligação, quando aplicável, conforme projeto;

Para Recomposição de Pavimentos de Alvenaria Poliédrica (Paralelepípedo) e Blocos Intertravados:

- Pedras de paralelepípedo ou blocos intertravados de concreto, com dimensões, resistência e acabamento compatíveis com o pavimento existente ou especificados em projeto;
- Material de assentamento (areia ou pó de pedra) e rejuntamento, conforme especificações de projeto.

20.16.3.3 Execução

A execução dos serviços deverá seguir rigorosamente as etapas abaixo, sob a supervisão da FISCALIZAÇÃO:

- As bordas do pavimento existente deverão ser cortadas de forma reta e vertical, utilizando serra de corte, garantindo um alinhamento preciso e evitando danos ao pavimento adjacente. A largura do corte deve ser suficiente para permitir a execução adequada do reaterro e compactação, bem como a recomposição das camadas do pavimento (dimensão mínima 1,0 x 1,0 M);
- A recomposição pontual em pavimentos asfálticos deverá ter dimensões de 1,0 m no sentido longitudinal e 1,0 m no sentido transversal da via, conforme as Figuras 12 e 13. Caso a recomposição possua qualquer uma das dimensões:
  - Inferiores a 1,0 m, deverá ser executada atendendo a geometria de 1,0 m por 1,0 metro.
  - Superiores a 1,0 m no sentido longitudinal e/ou transversal, deverá ser executado conforme diretrizes de recomposição de valas transversais ou de valas longitudinais.
- O fundo da vala deve ser limpo, nivelado e escarificado, se necessário, para garantir a aderência com o material de reaterro;
- Em caso de presença de água, esta deverá ser drenada e o fundo da vala estabilizado antes do início do reaterro;
- O reaterro em redes tubulares de concreto, deve ser executado simultaneamente em ambos os lados

da tubulação, com soquetes leves, em camadas de 10 cm até 20 cm acima da geratriz superior do tubo, manualmente com soquetes leves, devendo ser apiloado, visando preservar a integridade do tubo. No entorno dos poços de visita e redes de drenagem pluvial executadas a compactação deve ser realizada com compactadores tipo percussão, executando-se as passadas suficientes à compacidade exigida em projeto. No entorno das caixas de boca de lobo os cuidados devem ser os mesmos, utilizando para a compactação manual ferramentas apropriadas, devido ao pequeno espaço entre o corte e a parede da caixa;

- O material de reaterro, conforme definido em projeto, deve ser previamente aprovado pela FISCALIZAÇÃO, e deverá ser lançado em camadas horizontais e uniformes, com espessura compatível com o equipamento de compactação utilizado, não excedendo 20 cm (camada solta);
- O reaterro envolvendo os tubos será manual, executado simultaneamente em ambos os lados da tubulação, com soquetes leves, em camadas de 10 cm, até a altura de 30 cm acima da sua geratriz superior. As camadas de reaterro compactado executadas acima desta cota serão de 20 cm, realizadas com o auxílio de equipamento compactador a percussão. A altura mínima de recobrimento acima da geratriz superior das redes tubulares deve ser acima de 60 cm ou a 1,5 vezes o diâmetro do tubo, o que for maior;
- Cada camada deverá ser umedecida ou aerada até atingir a umidade ótima de compactação, definida através de ensaio específico (DNIT 164/2013);
- A compactação deverá ser executada de forma sistemática, do centro para as bordas da vala, até atingir o grau de compactação especificado de 100%. Em faixas de rolamento, a compactação deverá ser reforçada para garantir a estabilidade e evitar recalques diferenciais;
- É proibido o uso de material orgânico, detritos, entulhos ou solos inadequados no reaterro;
- A recomposição deverá reproduzir, no mínimo, a seção típica do pavimento existente ou as especificações de projeto. Caso a estrutura do pavimento existente seja desconhecida, a CONTRATADA deverá realizar sondagens ou aberturas para determinar as espessuras e tipos de materiais das camadas, submetendo o resultado à validação da FISCALIZAÇÃO antes da execução;
- Subleito/Sub-base/Base: As camadas deverão ser reconstituídas com materiais e espessuras minimamente equivalentes aos existentes ou conforme projeto, seguindo as especificações de lançamento, umidade e compactação;
- Imprimação e Pintura de Ligação (para pavimentos asfálticos): Após a preparação da base, deverá ser aplicada uma camada de imprimação, conforme norma DNIT aplicável, para impermeabilização e aderência;
- Antes da aplicação da camada asfáltica, deverá ser aplicada uma pintura de ligação nas superfícies de contato entre camadas e nas bordas do pavimento existente, conforme Manual Prático de Operações Tapa Buracos da SUDECAP, 2ª ed., 2011, e norma DNIT aplicável;
- Revestimento Asfáltico: O concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) deverá ser aplicado em camadas, precedido da fresagem ou demolição do revestimento antigo, com espessura e temperatura adequadas, e compactado até atingir a densidade especificada em projeto. Para a camada de rolamento (camada final), a recomposição deve obedecer às diretrizes para a recomposição de pavimentos viários, conforme Figura 12 e Figura 13.
- As juntas entre o pavimento novo e o existente deverão ser cuidadosamente tratadas, garantindo a perfeita ligação e estanqueidade;
- Revestimento Rígido (Concreto): O concreto deverá ser lançado, adensado, sarrafeado e curado conforme projeto ou seção existente e normas ABNT aplicáveis;
- As juntas de dilatação e contração deverão ser reconstituídas ou criadas conforme projeto ou padrão existente, e devidamente seladas;
- Revestimento de Alvenaria Poliédrica (Paralelepípedo) e Blocos Intertravados: As pedras ou blocos deverão ser assentados sobre uma camada de material de assentamento, com rejuntamento adequado, reproduzindo o padrão de assentamento existente;
- A compactação deverá ser realizada com rolo compactador, placa vibratória ou equipamento similar, garantindo o travamento das peças;
- Após a conclusão dos serviços, a área deverá ser limpa, removendo-se todo o material excedente, detritos e equipamentos;

- A recomposição deverá restabelecer o greide e o abaulamento original da via, garantindo o adequado escoamento superficial e funcionalidade da drenagem pluvial, evitando o acúmulo de água;
- A sinalização horizontal existente deverá ser reconstituída imediatamente após a liberação da área, conforme projeto de sinalização e normas do CONTRAN.

Na Figura 12, tem-se as diretrizes para a recomposição do revestimento asfáltico superficial com a padronização geométrica, definição de área de abrangência e configurações gerais.

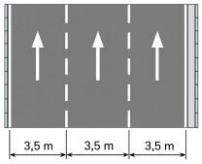
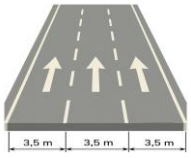
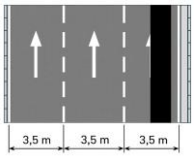
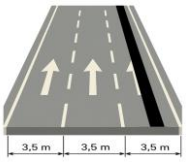
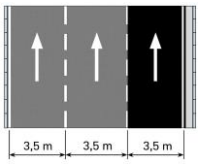
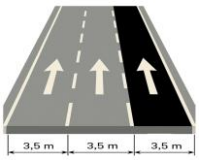
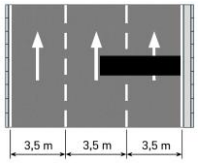
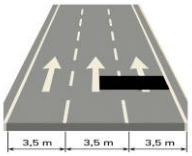
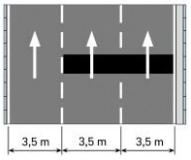
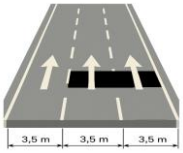
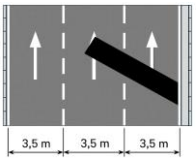
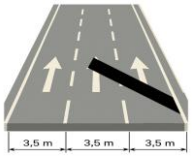
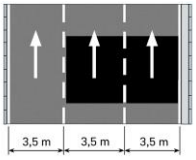
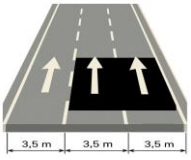
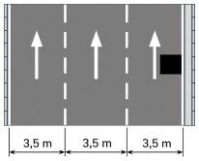
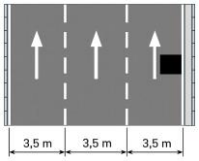
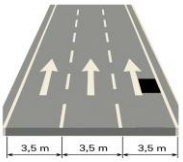
CONSIDERAÇÃO	PLANTA	SEÇÃO	OBSERVAÇÕES
SEÇÃO TÍPICA ADOTADA			SEÇÃO ESQUEMÁTICA ADOTADA PARA ILUSTRAÇÃO DAS RECOMPOSIÇÕES.
PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO DE VALAS LONGITUDINAIS COPASA-MG 2025			A RECOMPOSIÇÃO PROPOSTA PELA COPASA-MG PREVÊ A ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA VALA 10 CM SUPERIOR AOS LIMITES DA VALA.
PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO PARA VALAS LONGITUDINAIS PBH 2025			A RECOMPOSIÇÃO PROPOSTA PELA PBH PREVÊ A ÁREA DE TODA A FAIXA DE ROLAMENTO E/OU ESTACIONAMENTO COM ABRANGÊNCIA TRANSVERSAL DE TODA A FAIXA E LONGITUDINAL 10 CM SUPERIOR ÀS SUAS EXTREMIDADES, INCLUSIVE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.
PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO PARA VALAS TRANSVERSAIS COPASA-MG 2025			A RECOMPOSIÇÃO PROPOSTA PELA COPASA-MG PREVÊ A ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA VALA 10 CM SUPERIOR AOS LIMITES DA VALA.
PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO PARA VALAS TRANSVERSAIS PBH 2025			A RECOMPOSIÇÃO PROPOSTA PELA PBH PREVÊ A ÁREA DE TODA A FAIXA DE ROLAMENTO COM ABRANGÊNCIA TRANSVERSAL DE TODA A FAIXA DE ROLAMENTO E/OU ESTACIONAMENTO E LONGITUDINAL 10 CM SUPERIOR ÀS SUAS EXTREMIDADES, INCLUSIVE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL. DIMENSÃO MÍNIMA 1 METRO.
PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO DE VALAS DIAGONAIS COPASA-MG 2025			A RECOMPOSIÇÃO PROPOSTA PELA COPASA-MG PREVÊ A ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA VALA 10 CM SUPERIOR AOS LIMITES DA VALA.
PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO DE VALAS DIAGONAIS PBH 2025			A RECOMPOSIÇÃO PROPOSTA PELA PBH PREVÊ A ÁREA DE TODA A FAIXA DE ROLAMENTO E/OU ESTACIONAMENTO COM ABRANGÊNCIA TRANSVERSAL DE TODA A FAIXA E LONGITUDINAL 10 CM SUPERIOR ÀS SUAS EXTREMIDADES, INCLUSIVE SINALIZAÇÃO HORIZONTAL.
PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO PONTUAL COPASA-MG 2025			A RECOMPOSIÇÃO PROPOSTA PELA COPASA-MG PREVÊ A ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA VALA 10 CM SUPERIOR AOS LIMITES DA VALA.
PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO PONTUAL PBH 2025			A RECOMPOSIÇÃO PROPOSTA PELA PBH PREVÊ DIMENSÕES DE 1,0 x 1,0 M. DIMENSÕES SUPERIORES, DEVE-SE CONSIDERAR A PROPOSTA DE RECOMPOSIÇÃO DE VALAS LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS, ISTO É, CONTEMPLAR TODA A FAIXA DE ROLAMENTO E/OU ESTACIONAMENTO.

Figura 12 - Diretrizes para a Recomposição de Pavimentos Asfálticos. Fonte: Elaboração própria.

Quando a recomposição da caixa viária abranger 75% ou mais da largura da via, proporção calculada pela razão entre o número de faixas de rolamento e ou de estacionamento atingidas e o total de faixas existentes, a recomposição do revestimento deverá ser executada abrangendo toda a largura da pista, bem como com a recomposição da sinalização horizontal, sarjeta, etc. A recomposição deverá manter o greide e o abaulamento original da via, garantindo a regularidade e a funcionalidade do sistema de drenagem.

A Figura 13 exemplifica esse caso, com uma seção que possui 2 (duas) faixas de rolamento e 2 (duas) faixas de estacionamento, totalizando 4 (quatro) faixas, onde a vala atinge 1 (uma) faixa de estacionamento e 2 (duas) faixas de rolamento, totalizando 3 (três) das 4 (quatro) faixas, o que corresponde a 75% da largura. Assim, em conformidade com o critério estabelecido, a recomposição deverá abranger toda a largura da via.

RECOMPOSIÇÕES TRANSVERSAIS QUE AFETAM 75% OU MAIS DA LARGURA DA VIA PELO NÚMERO DE FAIXAS	RECOMPOSIÇÃO DA VALA	RECOMPOSIÇÃO DO REVESTIMENTO	AS RECOMPOSIÇÕES NA CAIXA VIÁRIA QUE ENVOLVAM 75% OU MAIS DA LARGURA DA PISTA, CONSIDERANDO AS FAIXAS DE ROLAMENTO QUE ELAS ABRANGEM, DEVERÃO TER A RECOMPOSIÇÃO DO REVESTIMENTO EXECUTADA DE MEIO-FIO A MEIO-FIO, CONTEMPLANDO TODA A LARGURA DA PISTA, INCLUSIVE COM A RECOMPOSIÇÃO DA SINALIZAÇÃO HORIZONTAL, DISPOSITIVOS DE DRENAGEM E OUTROS ELEMENTOS EXISTENTES.

Figura 13 - Diretrizes para a Recomposição de valas com abrangência igual ou superior à 75% da caixa viária. Fonte: Elaboração própria.

Ressalta-se que as práticas de recomposição descritas no item 20.16.3, especialmente nas Figuras 12 e 13, aplicam-se exclusivamente à recomposição em pavimentos asfálticos. As diretrizes para outros tipos de pavimento, devido as suas especificidades, devem possuir critérios específicos como:

- Pavimento rígido: Deverá ser executado exclusivamente mediante projeto executivo, o qual deverá contemplar a memória de cálculo do dimensionamento, a localização da(s) placa(s), os elementos constituintes da placa, as propriedades dos materiais e demais informações relevantes para a execução;
- Pavimento poliédrico e paralelepípedo: Deverá ser executado exclusivamente mediante projeto executivo, o qual deverá contemplar a memória de cálculo do dimensionamento, a planta georreferenciada do local de intervenção, a localização e a geometria dos travões, os materiais de rejunte e do colchão, as características da pedra, bem como das demais camadas do pavimento, além de outras informações relevantes para a execução;
- Pavimento intertravado: Deverá ser executado exclusivamente mediante projeto executivo, o qual deverá contemplar a memória de cálculo do dimensionamento, a planta georreferenciada com a paginação do bloco intertravado de concreto no local de intervenção, a localização e a geometria dos travões, os materiais e a resistência do rejunte, as características do colchão, do bloco e das demais camadas do pavimento, além de outras informações relevantes para a execução.

20.16.3.3.1 Pontos positivos da Recomposição de Pavimentos

A aplicação da metodologia de recomposição de pavimentos apresentada oferece múltiplos benefícios:

- 1. Compatibilização com a sinalização horizontal existente: A recomposição de toda a faixa elimina a existência de sinalização horizontal parcialmente sobreposta por remendos (faixas de rolamento, linhas contínuas, tracejadas), permitindo que a nova pintura seja aplicada sobre uma superfície uniforme, sem interrupções ou emendas visíveis. Isso garante a integridade e a visibilidade da mesma;
- 2. Otimização da compactação e acabamento: Uma área mais ampla (faixa de rolamento) permite a utilização mais eficiente de rolos compactadores de pequeno e médio porte, que são mais adequados para obter o grau de compactação ideal e um acabamento liso e uniforme. Isso elimina o problema da limitação de equipamentos em valas estreitas e a dificuldade de adensamento, resultando em maior regularidade e durabilidade da camada de rolamento;
- 3. Posicionamento estratégico das Juntas Longitudinais: Ao considerar a recomposição em toda a faixa de rolamento, as juntas longitudinais (emendas) com o pavimento adjacente são deslocadas para fora da área de maior esforço dinâmico do tráfego (trilhas de roda). Isso minimiza a concentração de tensões nesses pontos críticos, reduzindo a incidência de trincas e afundamentos prematuros nas

emendas;

- 4. Facilidade na Recomposição e Visibilidade da Sinalização Horizontal: A aplicação de sinalização horizontal sobre uma faixa de rolamento integralmente recomposta e homogênea é facilitada, permitindo uma aderência e durabilidade superiores da tinta;
- 5. Garantia da Funcionalidade da Drenagem Superficial: A recomposição de toda a largura da faixa permite restaurar e garantir o abaulamento original da via e a regularidade transversal do pavimento. Isso assegura o correto escoamento das águas pluviais para as sarjetas e bocas de lobo, prevenindo o empoçamento e a infiltração de água no corpo do pavimento, aspectos cruciais para a durabilidade da via;
- 6. Segurança aos usuários: Uma recomposição abrangendo toda a faixa de rolamento permite a aplicação da sinalização horizontal com maior durabilidade, gerando maior clareza na orientação dos veículos pelos condutores e melhora a regularidade do pavimento, reduzindo possíveis frenagens dos veículos por irregularidades e melhorando a caminhabilidade no caso de travessia de pedestres.
- 7. Questão Estética: Uma recomposição que abrange toda a faixa de rolamento resulta em um aspecto visual significativamente superior, sem a presença de "remendos" visíveis ou descontinuidades. Isso contribui para a percepção de qualidade por parte da população e valoriza o patrimônio público.

20.16.3.3.2 Controle

A CONTRATADA será responsável pela execução de todos os ensaios de controle tecnológico necessários, com frequência e metodologia conforme as normas DNIT, DNER e ABNT aplicáveis e aprovação da FISCALIZAÇÃO.

20.16.3.3.3 Ensaios

Para Reaterro:

- Determinação da umidade ótima e massa específica máxima aparente (ensaio Proctor, Speedy);
- Determinação do grau de compactação em campo (ensaio do frasco de areia ou densímetro não nuclear);
- Análise granulométrica, e limites de Atterberg do material de reaterro (granulometria por peneiramento, limites de liquidez e plasticidade);
- CBR (California Bearing Ratio) do material;
- Análise deflectométrica (LWD, Viga Benkelman ou FWD);

Para Camadas de Base e Sub-base:

- Determinação da umidade ótima e massa específica máxima aparente (ensaio Proctor, Speedy);
- Determinação do grau de compactação em campo (ensaio do frasco de areia ou densímetro não nuclear);
- Análise granulométrica, e limites de Atterberg do material de reaterro (granulometria por peneiramento, limites de liquidez e plasticidade);
- CBR (California Bearing Ratio) do material;
- Análise deflectométrica (LWD, Viga Benkelman ou FWD);

Para Revestimento Asfáltico:

- Controle de temperatura de usinagem e aplicação;
- Grau de compactação em campo (densidade aparente);
- Extração e análise de ligante e granulometria do agregado;
- Ensaio Marshall (controle da mistura);

Para Revestimento Rígido (Concreto):

- Controle de slump;
- Resistência à compressão axial e tração na flexão;
- Teor de ar incorporado (se aplicável).

20.16.3.3.4 Aceitação

- Reaterro: O grau de compactação mínimo exigido para o reaterro de valas em áreas de tráfego veicular será de 100% do Proctor Normal ou 95% do Proctor Modificado, conforme especificação do material e aprovação da FISCALIZAÇÃO;
- Camadas de Base e Sub-base: O grau de compactação mínimo exigido será de 100% do Proctor Normal ou 95% do Proctor Modificado, conforme especificação do material e aprovação da FISCALIZAÇÃO;
- Revestimento Asfáltico: O grau de compactação mínimo exigido será de 97% da densidade teórica máxima ou conforme especificação da SUDECAP;
- Revestimento Rígido (Concreto): A resistência à compressão axial e tração na flexão deverão atender ao valor especificado em projeto, com desvio padrão e coeficiente de variação conforme normas ABNT.

20.16.3.3.5 Controle geométrico

A CONTRATADA deverá realizar o controle geométrico de todas as etapas, garantindo o restabelecimento das dimensões, níveis, greides e abaulamentos originais ou de projeto.

- Alinhamento e Nivelamento: As superfícies reaterradas e recompostas deverão apresentar alinhamento e nivelamento contínuos, sem degraus ou descontinuidades em relação ao pavimento adjacente;
- Espessuras: As espessuras das camadas deverão ser verificadas e estar em conformidade com o projeto ou a estrutura existente;
- Abaulamento e Drenagem: O abaulamento transversal e o greide longitudinal deverão ser restabelecidos para garantir o escoamento superficial da água e evitar empoçamentos;
- Tolerâncias: As tolerâncias para desníveis e irregularidades superficiais serão as estabelecidas nas normas DNIT aplicáveis para pavimentação.

20.16.3.3.6 Critérios para a Verificação da Qualidade de Recomposição de Pavimentos

Para fins de recebimento, aceitação ou rejeição dos serviços de recomposição de valas e do revestimento asfáltico, faz-se necessária a adoção de critérios técnicos objetivos, mensuráveis e passíveis de verificação em campo, de modo a padronizar a fiscalização, reduzir subjetividade na avaliação e assegurar desempenho e durabilidade compatíveis com o pavimento existente. Nesse contexto, propõe-se a instituição do Índice de Qualidade de Recomposição de Pavimentos (IQRP), fundamentado na identificação de defeitos e não conformidades recorrentes, estabelecendo-se, para cada item, condições de aceitação/rejeição e respectivos métodos de inspeção e medição:

- 1. Trincas: Não será admitida a ocorrência de trincas isoladas ou interligadas com abertura superior a 1,0 mm. A verificação deverá ser realizada por inspeção visual criteriosa, e a medição da abertura das trincas deverá ser executada por paquímetro ou fissurômetro;
- 2. Buracos: Não será admitida a ocorrência de buracos (cavidades) ou escorregamentos (deslocamento lateral e/ou longitudinal da mistura asfáltica), em qualquer dimensão. A verificação deverá ser realizada por inspeção visual criteriosa;
- 3. Acabamento e limpeza: Não será admitida segregação da mistura asfáltica, heterogeneidade de textura/compactação na área recomposta, nem juntas longitudinais ou transversais abertas, mal executadas ou com selagem deficiente. Será obrigatória a limpeza integral da área de intervenção e do entorno imediato, com remoção de quaisquer resíduos de obra (poeira, agregados soltos, sobras de mistura asfáltica e demais materiais). A verificação deverá ser realizada por inspeção visual criteriosa;
- 4. Nivelamento: Não serão admitidos desníveis positivos ou negativos, em relação à cota do revestimento existente, maiores ou iguais a 10,0 mm, medidos entre a recomposição e o pavimento adjacente. A verificação deverá ser realizada com régua metálica de 2,0 m, posicionada transversal e/ou longitudinalmente sobre a transição entre a recomposição e o pavimento existente, com leitura do desnível por trena ou régua graduada;
- 5. Geometria: Serão admitidas exclusivamente formas geométricas definidas (retangulares) para a área da recomposição. A verificação será pela inspeção visual detalhada.

Dessa forma, a recomposição será considerada não conforme (reprovada) caso seja constatada a ocorrência

de qualquer um dos defeitos e/ou não atendimento aos limites e condições estabelecidos, devendo o(s) trecho(s) ser(em) integralmente reexecutado(s) até a plena conformidade com os padrões de qualidade especificados neste documento. Assim tem-se o Índice de Qualidade de Recomposição de Pavimentos (IQRP) aceitável ou não aceitável.

20.16.3.4 Critérios de medição e pagamento

20.16.3.4.1 Medição

A medição dos serviços de reaterro de valas e recomposição de pavimentos será realizada pela FISCALIZAÇÃO, com base nas quantidades efetivamente executadas e aprovadas, conforme as seguintes unidades:

- Reaterro de Vala: Medido em metros cúbicos (m³), considerando o volume de material compactado na vala, excluindo-se o volume de material de camadas de pavimento;
- Recomposição de Subleito/Sub-base/Base: Medido em metros cúbicos (m³), por camada e por tipo de material, considerando o volume efetivamente aplicado e aprovado;
- Imprimação e Pintura de Ligação: Medido em metros quadrados (m²), considerando a área efetivamente aplicada e aprovada;
- Recomposição de Revestimento Asfáltico: Medido por peso em toneladas (T), por tipo de considerando o valor efetivamente aplicado e aprovado;
- Recomposição de Revestimento Rígido (Concreto): Medido em metros cúbicos (m³), de concreto aplicado;
- Recomposição de Pavimento de Alvenaria Poliédrica (Paralelepípedo) e Blocos Intertravados: Medido em metros quadrados (m²), considerando a área efetivamente recomposta e aprovada;
- A medição deverá considerar a largura da vala mais a largura dos cortes laterais necessários para a recomposição adequada do pavimento, conforme aprovação da FISCALIZAÇÃO.

20.16.3.4.2 Pagamento

O pagamento dos serviços será efetuado com base nas quantidades medidas e aprovadas pela FISCALIZAÇÃO, aplicando-se os preços unitários contratuais correspondentes a cada item.

Os preços unitários deverão remunerar todas as despesas diretas e indiretas, incluindo mão de obra, equipamentos, materiais, transporte, ensaios de controle tecnológico e geométrico, sinalização provisória, limpeza final e todas as demais operações necessárias para a completa execução dos serviços, conforme as especificações deste Caderno de Encargos;

A CONTRATADA será responsável pela manutenção da qualidade dos serviços executados durante o período de garantia contratual e legal. Quaisquer defeitos, afundamentos, trincas, desagregações ou outros defeitos que surgirem na área recomposta, decorrentes de falhas na execução ou nos materiais, deverão ser corrigidos pela CONTRATADA, às suas expensas, no prazo determinado pela FISCALIZAÇÃO. A não correção implicará na retenção de pagamentos ou aplicação de multas, conforme previsto em contrato;

A recomposição da sinalização horizontal e a compatibilização com a drenagem superficial são parte integrante dos serviços, contudo serão objeto de medição e pagamento separados, salvo se expressamente previsto em outros itens contratuais.

20.17 MANUTENÇÃO POR TAPA BURACO

20.17.1 Objetivo e definição

Os trabalhos de manutenção por tapa buraco devem seguir as orientações do Manual **Operações Tapa Buraco: Manual Prático - 2ª Edição de 2011**, da SUDECAP, onde são apresentadas as condições específicas de execução e os critérios de levantamento, medição e pagamento.

20.18 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

20.18.1 Objetivo e definição

Os trabalhos de manutenção viária composta de pavimentos flexíveis devem seguir as orientações **do Manual Manutenção viária: Manual Prático Volume 1 - 1ª Edição de 2016**, da SUDECAP, onde são apresentadas as condições específicas de execução e os critérios de levantamento, medição e pagamento.

20.19 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Pavimentos intertravados: práticas recomendadas 2: confinamentos. São Paulo, [200-?]. 4 p. Disponível em: <http://www.abcp.org.br>. Acesso em: 18 out. 2018.

BALBO, José Tadeu.: Pavimentação Asfáltica: Materiais, projeto e restauração – ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.558p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Manual de pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

Manutenção Viária: Manual prático / Superintendênicia de desenvolvimento da capital; coordenação Mauricio Cangussu Magalhães - Belo Horizonte: SUDECAP, 2016 Vol. 1 (Pavimentos flexíveis) 105p. il.

ISSA-TB Nº 100/90 - Wet Track Abrasion Test - WTAT. DNER-ES 314/97.

NBR 16697:2018 - Cimento Portland - Requisitos

NBR 9895:2016 - Solo - Índice De Suporte Califórnia (ISC) - Método De Ensaio

Operações tapa buracos: Manual prático / Superintendência de Desenvolvimento da Capital; coordenação Nilda Maria Xavier Pires. - 2.ed. Belo Horizonte: SUDECAP, 2011. 30p. il.

SENÇO, Wlastermiler de.; Manual de Técnicas de Pavimentação - Vol 1. 1.ed. São Paulo: Pini, 2001.745p.
SENÇO, Wlastermiler de.; Manual de Técnicas de Pavimentação - Vol 2. 1.ed. São Paulo: Pini, 2001.671p.