TÍTULO

MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A QUENTE

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Microrrevestimento Asfáltico a Quente. Asfalto Polímero. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

ENGELOG. **Especificação Particular para Execução de Micro Revestimento Betuminoso Usinado a Quente**. Centro de Pesquisas Rodoviárias NovaDutra. São Paulo, 2004.

ORDEM CIRCULAR 322. **Ligantes Bituminosos de Reologia Modificada y Mezclas Bituminosas Discontinuas en Caliente para Capas de Rodadura de Pequeño Espesor**. Pliego de Prescripciones Tecnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. Madrid, 1997.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 DEFINIÇÃO 4
3 MATERIAIS 4
3.1 Ligante Asfáltico 4
3.2 Agregados 4
3.3 Composição da Mistura 5
4 EQUIPAMENTOS 7
4.1 Depósito para Cimento Asfáltico Modificado por Polímero 7
4.2 Depósito para Agregados 7
4.3 Silos para Agregados 7
4.4 Usina para Misturas Asfálticas 8
4.5 Caminhão para Transporte da Mistura 9
4.6 Equipamento para Distribuição 9
4.7 Equipamento para Compactação e Acabamento 9
4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios 9
5 EXECUÇÃO 9
5.1 Condições Gerais 9
5.2 Preparo da Superfície 10
5.3 Produção do Microrrevestimento Asfáltico a Quente 10
5.4 Transporte do Microrrevestimento Asfáltico a Quente 10
5.5 Distribuição da Mistura 11
5.6 Compactação da Mistura 11
5.7 Juntas 12
5.8 Abertura ao Tráfego 12
6 CONTROLE 12
6.1 Controle dos Materiais 12
6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica 14
6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica 14
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 15
6.5 Condições de Segurança 16
7 ACEITAÇÃO 16

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

7.1 Materiais 16
7.2 Produção 16
7.3 Execução 17
8 CONTROLE AMBIENTAL 18
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados 18
8.2 Cimento Asfáltico 19
8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras 19
8.4 Execução 21
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 21
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 22
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 24
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 31
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POR POLÍMERO ELASTOMÉRICO 33

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam os processos de produção, execução, aceitação e medição dos serviços de microrrevestimento asfáltico a quente em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Microrrevestimento asfáltico a quente é uma mistura composta de agregado mineral graduado, cimento asfáltico modificado por polímero e, se necessário, material de enchimento, filer, e melhorador de adesividade, sendo espalhada e compactada a quente. O microrrevestimento asfáltico a quente pode ser empregado como camada de selagem inibidora de trincas, impermeabilização, rejuvenescimento ou como camada antiderrapante de pavimentos.

3 MATERIAIS

Os materiais constituintes do microrrevestimento asfáltico a quente são: agregado graúdo, agregado miúdo, ligante asfáltico modificado por polímero e, se necessário, material de enchimento, filer e melhorador de adesividade. Devem satisfazer as normas pertinentes e as especificações aprovadas pelo DER/SP.

3.1 Ligante Asfáltico

Devem ser empregados cimentos asfálticos de petróleo modificados por polímero elastomérico, devendo satisfazer a um dos tipos especificados no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

Todo o carregamento de cimento asfáltico que chegar a obra deve apresentar por parte do fabricante ou distribuidor o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação, ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias.

Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.

3.2 Agregados

3.2.1 Agregado Graúdo

Deve constituir-se por pedra britada ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deve atender aos seguintes requisitos:

a) desgaste Los Angeles igual ou inferior 40%, conforme NBR 16974 (1);

b) quando obtidos por britagem de pedregulhos, 90% em massa dos fragmentos retidos na peneira nº 4, de 4,8 mm, devem apresentar no mínimo uma face fragmentada pela britagem;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

c) índice de forma, superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 – ME[2];

d) os agregados utilizados devem apresentar perdas inferiores a 12% quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089[3].

3.2.2 Agregado Miúdo

Pode constituir-se por areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Deve apresentar partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. O equivalente de areia obtido conforme NBR 12052[4] deve ser igual ou superior a 55%.

3.2.3 Material de Enchimento – Filer

O material de enchimento deve ser de natureza mineral finamente dividido, tal como: cimento Portland ou cal calcítica do tipo CH-1, conforme DNIT 418/2019 – EM[5]. Na aplicação, o filer deve estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deve obedecer aos limites estabelecidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Granulometria do Filer

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando
ASTM	mm	
n° 40	0,42	100
n° 80	0,18	95 - 100
n° 200	0,075	65 - 100

3.2.4 Melhorador de Adesividade

A adesividade do ligante asfáltico aos agregados é determinada conforme os métodos NBR 12583[6] e NBR 12584[7]. Quando não houver boa adesividade deve-se empregar aditivo melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto e repetir os ensaios.

3.3 Composição da Mistura

A composição da mistura deve satisfazer os requisitos apresentados na Tabela 2, com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria.

O projeto da dosagem de mistura deve atender aos seguintes requisitos:

a) o tamanho máximo do agregado da faixa adotada deve ser inferior a 2/3 da espessura da camada compactada;

b) a fração retida entre duas peneiras consecutivas, exceto as duas de maior malha de cada faixa, não deve ser inferior a 4% do total;

c) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer a tolerância indicada para cada peneira na Tabela 2, porém, respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Tabela 2 – Composição das Misturas Asfálticas

Peneira de Malha Quadrada		Designação		Tolerâncias
		I	II	
ASTM	mm	% em Massa, Passando		
½”	12,5	100	100	-
3/8”	9,5	90 - 100	90 - 100	± 7%
Nº 4	4,75	60 - 90	25 - 40	± 5%
Nº 10	2,0	27 - 50	19 - 34	± 5%
Nº 40	0,42	10 - 20	11 - 20	± 5%
Nº 80	0,18	7 - 15	10 - 15	± 3%
Nº 200	0,075	6 - 10	7 - 10	± 2%
Espessura máxima		2,5 cm		

d) o projeto da mistura pela dosagem Marshall deve ser refeito periodicamente, no mínimo a cada 6 meses e todas as vezes que ocorrer alteração de algum dos materiais constituintes da mistura;

e) os parâmetros obtidos no ensaio Marshall para estabilidade, fluência, porcentagem de vazios e relação betume vazios devem atender aos limites apresentados na Tabela 3;

f) o teor ótimo de ligante do projeto de mistura asfáltica, deve corresponder àquele que atende simultaneamente a todos os requisitos da Tabela 3;

Tabela 3 – Requisitos para o Projeto de Mistura Asfáltica

Características	Método de Ensaio	Limites
Estabilidade Marshall, mínima, kN (75 golpes no ensaio Marshall)	DER/SP ME-DE-P00-010[8]	7,0
Fluência Marshall (mm)		2,5 a 4,5
Volume de vazios, %	-	3 a 5
Relação Betume Vazios – RBV (%)	-	65 a 82
Vazios do agregado mineral – VAM mínimo (%)	-	14
Relação filer-asfalto	-	0,6 a 1,4
Perda de massa no ensaio Cântabro, máximo, %	NBR 15140[10]	10
Resistência a danos por umidade induzida, mínimo, %	NBR 15617[21]	75
Resistência à tração por compressão diametral estática a 25ºC, mínima, MPa	NBR 15087[11]	0,8

g) as condições de vazios da mistura, na fase de dosagem, devem ser verificadas a partir da determinação da densidade máxima teórica pelo método de Rice, conforme DNIT 427/2020 - ME[12].

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

4 EQUIPAMENTOS

Antes do início da execução dos serviços todo o equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

Os equipamentos básicos para execução dos serviços de microrrevestimento asfáltico a quente são compostos das seguintes unidades:

4.1 Depósito para Cimento Asfáltico Modificado por Polímero

Os depósitos para o cimento asfáltico modificado por polímero devem ser capazes de aquecer o material conforme as exigências técnicas estabelecidas, atendendo aos seguintes requisitos:

a) o aquecimento deve ser efetuado por meio de serpentinas a óleo, a eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato direto de chamas com o depósito. Esses dispositivos também devem evitar qualquer superaquecimento localizado, e ser capaz de aquecer o cimento asfáltico a temperaturas limitadas;

b) o sistema de circulação para o cimento asfáltico deve garantir a circulação desembaraçada e contínua do depósito ao misturador, durante todo o período de operação;

c) todas as tubulações e acessórios devem ser dotados de isolamento térmico, a fim de evitar perdas de calor;

d) a capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

4.2 Depósito para Agregados

Os agregados devem ser estocados convenientemente, isto é, em locais drenados, cobertos, dispostos de maneira que não haja mistura de agregados, preservando a sua homogeneidade e granulometria e não permitindo contaminações de agentes externos.

A transferência para silos de armazenamento deve ser feita o mais breve possível.

4.3 Silos para Agregados

Os silos devem ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga. Deve haver um silo adequado para filer, conjugado com dispositivos para sua dosagem.

O número de silos frios deve ser maior ou igual ao número de frações de agregados disponíveis.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

4.4 Usina para Misturas Asfálticas

A usina utilizada deve estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90 ºC a 210 ºC, com precisão de ± 1 ºC, deve ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deve ser equipada, além disso, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de ± 5 ºC. A usina deve possuir termômetros nos silos quentes.

Pode, também, ser utilizada uma usina do tipo tambor-secador-misturador, de duas zonas, convecção e radiação, providas de: coletor de pó, alimentador de filer, sistema de descarga da mistura asfáltica, por intermédio de transportador de correia com comporta do tipo *clam-shell* ou alternativamente, em silos de estocagem.

A usina deve possuir silos de agregados múltiplos, com pesagens dinâmicas individuais e deve ser assegurada a homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados.

A usina deve possuir um sistema de controle de fluxo de asfalto do tipo fechado, onde não há interferência do operador na velocidade da bomba de alimentação do ligante asfáltico, bem como de retorno de fíler. Estes sistemas devem ser sincronizados com o da correia principal de agregados do silo frio.

A bomba de alimentação do ligante asfáltico deverá estar posicionada, no máximo, a dois metros de distância do misturador.

Nas usinas de fluxo contínuo, recomenda-se que haja um misturador externo.

As usinas deverão possuir tanque de armazenamento do CAP vertical. Caso o tanque seja horizontal, devem possuir agitadores.

Nas usinas do tipo mistura contínua recomenda-se que possuam um silo de estocagem para armazenamento da mistura asfáltica recém produzida com o objetivo de evitar paralisação da obra por falta de caminhões ou qualquer outro motivo. A capacidade de armazenamento do silo deverá ser equivalente a, no mínimo, a produção de uma hora de usina.

A usina deve possuir ainda uma cabine de comando e quadros de força. Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para esta aplicação. A operação de pesagem de agregados e do ligante asfáltico deve ser semi-automática com leitura instantânea e acumulada, por meio de registros digitais em *display* de cristal líquido. Devem existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de ligantes asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios

Nas usinas tipo tambor-secador-misturador, a fibra de celulose deve ser adicionada no tambor misturador sobre os agregados já previamente aquecidos e antes da adição do ligante. Nas usinas gravimétricas, a fibra deve ser adicionada no misturador, antes da adição do ligante. A fibra deve estar bem dispersa no agregado, antes da adição do ligante.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

4.5 Caminhão para Transporte da Mistura

Os caminhões para o transporte da mistura devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico ou solução de cal hidratada (3:1), de modo a evitar a aderência da mistura à chapa. Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis à dissolução do ligante asfáltico, como óleo diesel, gasolina etc. As caçambas devem ser providas de lona para proteção da mistura.

4.6 Equipamento para Distribuição

O equipamento de espalhamento e acabamento deve constituir-se de vibro-acabadoras, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento definidos no projeto.

As vibro-acabadoras devem ser equipadas com parafusos sem fim, e com esqui eletrônico de 3 m para garantir o nivelamento adequado para colocar a mistura exatamente nas faixas, e devem possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As vibro-acabadoras devem estar equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento à temperatura requerida para a colocação da mistura sem irregularidade. Devem ser equipadas com sistema de vibração que permita pré-compactação na mistura espalhada.

No início da jornada de trabalho, a mesa deve estar aquecida, no mínimo, à temperatura definida pela especificação para descarga da mistura asfáltica.

4.7 Equipamento para Compactação e Acabamento

A compactação da mistura é efetuada pela ação de rolo liso tipo tandem auto-propelido, com peso compatível à espessura da camada.

O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura de forma que esta atinja o grau de compactação exigido, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios

Devem ser utilizados, complementarmente, os seguintes equipamentos e ferramentas:

a) soquetes mecânicos ou placas vibratórias para a compactação de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais;

b) pás, garfos e rodos, para operações eventuais.

5 EXECUÇÃO

5.1 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva. O microrrevestimento asfáltico a quente somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10 °C.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5.2 Preparo da Superfície

A superfície deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais. Os defeitos eventualmente existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.

A pintura de ligação, preferencialmente, deve ser executada com emulsão modificada por polímero, sendo feita, obrigatoriamente, com a barra espargidora. Somente para correções localizadas ou locais de difícil acesso pode ser utilizada a caneta ou regador. Deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência quando da execução do microrrevestimento asfáltico a quente.

Quando a pintura de ligação não tiver condições satisfatórias de aderência, deve ser aplicada nova pintura de ligação previamente à distribuição da mistura.

O tráfego de caminhões, para início do lançamento da mistura sobre a pintura de ligação, só é permitido após o rompimento e cura do ligante aplicado.

5.3 Produção do Microrrevestimento Asfáltico a Quente

O microrrevestimento asfáltico a quente deve ser produzido em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado. A usina deve ser calibrada, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.

A temperatura do cimento asfáltico modificado por polímero empregado na mistura deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade Brookfield, definida pelo fabricante e determinada conforme NBR 15184[(13)]. A temperatura do ligante não deve exceder a 177 °C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 5 °C a 10 °C acima da temperatura do cimento asfáltico, sem ultrapassar 177 °C.

A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba, 1º na frente, 2º na traseira e 3º no meio.

O início da produção na usina só deve ocorrer quando todo o equipamento de pista estiver em condições de uso, para evitar a demora na descarga na acabadora que pode acarretar em diminuição da temperatura da mistura com prejuízo da compactação.

5.4 Transporte do Microrrevestimento Asfáltico a Quente

O microrrevestimento asfáltico a quente produzido deve ser transportado da usina ao local de aplicação em caminhões basculantes, atendendo ao especificado no item 4.5, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

As caçambas dos veículos devem ser cobertas com lonas impermeáveis durante o transporte de forma a proteger a massa asfáltica da ação de chuvas ocasionais, da eventual contaminação por poeira e, especialmente, da perda de temperatura e queda de partículas durante o transporte. As lonas devem estar bem fixadas na dianteira para não permitir a entrada de ar entre a cobertura e a mistura.

Para fins de lubrificação da caçamba do caminhão, não será permitida a utilização de produtos agressivos ao ligante asfáltico como, por exemplo, óleo diesel, gasolina, etc.

O tempo máximo de permanência da mistura no caminhão é dado pelo limite de temperatura estabelecido para aplicação da massa na pista.

5.5 Distribuição da Mistura

A distribuição do microrrevestimento asfáltico a quente deve ser feita por equipamentos adequados, conforme especificado no item 4.6.

Deve ser assegurado, previamente ao início dos trabalhos, o aquecimento conveniente da mesa alisadora da vibro-acabadora à temperatura compatível com a da massa a ser distribuída. Deve-se observar que o sistema de aquecimento destina-se exclusivamente ao aquecimento da mesa alisadora e nunca de massa asfáltica que eventualmente tenha esfriado em demasia.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada acabada, estas devem ser corrigidas de imediato pela adição manual da mistura. Seu espalhamento deve ser efetuado por meio de rodos metálicos. Esta alternativa deve ser, no entanto, minimizada, já que o excesso de reparo manual é nocivo à qualidade do serviço. A mistura deve apresentar textura uniforme, sem pontos de segregação.

Na partida da acabadora devem ser colocadas de 2 a 3 réguas, com a espessura do empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada.

Na descarga, o caminhão deve ser empurrado pela acabadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.

O tipo de acabadora deve ser definido em função da capacidade de produção da usina, de maneira que esta esteja continuamente em movimento, sem paralisações para esperar caminhões. Esta velocidade da acabadora deve estar sempre entre 2,5 e 10,0 m por minuto.

5.6 Compactação da Mistura

A rolagem tem início logo após a distribuição do microrrevestimento asfáltico a quente. A fixação da temperatura de rolagem condiciona-se à natureza da massa e às características do equipamento utilizado. Como regra geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica pode suportar, temperatura esta fixada experimentalmente para cada caso, considerando-se o intervalo de trabalhabilidade da mistura e tomando-se a devida precaução quanto à espessura da camada, distância de transporte, condições do meio ambiente e equipamento de compactação.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

A compactação deve ser feita com rolo metálico liso tipo tandem, sem vibrar. As operações de compactação devem atender às seguintes orientações:

a) a compactação deve ser iniciada pelas bordas, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista;

b) nas curvas, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto;

c) cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte, em pelo menos 1/3 da largura do rolo;

d) durante a compactação não são permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente;

e) as rodas dos rolos devem ser ligeiramente umedecidas para evitar a aderência da mistura. Podem ser utilizados os mesmos produtos indicados para a caçamba dos caminhões transportadores. Se for utilizada água, esta deve ser pulverizada, não sendo permitido que escorra pelo tambor e acumule-se na superfície da camada.

5.7 Juntas

O processo de execução das juntas transversais e longitudinais deve assegurar condições de acabamento adequadas, de modo que não sejam percebidas irregularidades nas emendas.

Em rodovias de pista dupla é recomendado o uso de duas vibro-acabadoras de modo que os panos adjacentes sejam executados simultaneamente, tanto para as faixas da pista quanto para o acostamento.

Em rodovias em operação, devem ser evitados degraus longitudinais muito extensos, permitindo-se no máximo o resultante de uma jornada de trabalho. Na jornada de trabalho seguinte, a aplicação da massa asfáltica deve sempre começar no início do degrau remanescente da jornada de trabalho anterior.

No reinício dos trabalhos, deve-se realizar a compactação da emenda com o rolo perpendicular ao eixo, com 1/3 do rolo sobre o pano já compactado e os outros 2/3 sobre a massa recém aplicada.

5.8 Abertura ao Tráfego

A camada de microrrevestimento asfáltico a quente recém-acabada deve ser liberada ao tráfego somente quando a massa atingir a temperatura ambiente.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento Asfáltico Modificado por Polímero

Para todo carregamento que chegar à obra, devem ser realizados:

a) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560[14];

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) um ensaio de viscosidade Brookfield, conforme NBR 15184[13];

c) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341[15];

d) um ensaio de recuperação elástica, conforme NBR 15086[16];

e) um ensaio determinação de formação de espuma, quando aquecido a 175 ºC.

Para cada 100 t:

a) um ensaio de estabilidade à estocagem, conforme NBR 15166[17];

b) um ensaio de penetração a 25 ºC, conforme NBR 6576[18];

c) um ensaio do resíduo no RTFOT: variação em massa conforme NBR 15235[19], ponto de amolecimento conforme NBR 6560[14], penetração conforme NBR 6576[18] e recuperação elástica conforme NBR 15086[16].

Para todo carregamento de cimento asfáltico com polímero, que chegar a obra deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada para possíveis ensaios posteriores.

6.1.2 Agregados

Diariamente deve-se inspecionar a britagem e os depósitos, com o intuito de garantir que os agregados estejam limpos, isentos de pó e de outras contaminações prejudiciais.

Devem ser executadas as seguintes determinações nos agregados:

a) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974[1]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

b) índice de forma e porcentagem de partículas lamelares, conforme DNIT 425/2020 – ME[2]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

c) ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio e sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089[3]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

d) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052[4]: 1 ensaio por jornada de 8 horas de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material;

e) a adesividade dos agregados ao ligante asfáltico, conforme NBR 12583[6] e NBR 12584[7]: 1 ensaio a cada carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais.

6.1.3 Melhorador de Adesividade

Quando a adesividade não for satisfatória e o melhorador de adesividade for incorporado na mistura, deve ser verificada novamente a adesividade, conforme NBR 12583[6] e NBR 12584[7].

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica

6.2.1 Temperaturas

O controle da temperatura da produção da mistura asfáltica modificada por polímero deve ser realizado de acordo com os seguintes procedimentos:

a) temperatura dos agregados nos silos quentes: 2 determinações de cada silo, por jornada de 8 horas de trabalho;

b) temperatura do cimento asfáltico, antes da entrada do misturador: 2 determinações por jornada de 8 horas de trabalho;

c) temperatura da massa asfáltica, na saída dos caminhões carregados na usina: em todo caminhão.

6.2.2 Granulometria dos Agregados

Devem ser executadas as seguintes análises granulométricas dos agregados, durante a produção da mistura:

a) granulometria do agregado de cada silo quente ou dos silos frios, quando se tratar de usina tipo tambor-secador-misturador: 2 determinações de cada agregado por jornada de 8 horas de trabalho, conforme NBR 17054[(20)];

b) granulometria do material de enchimento, filer: 1 ensaio por jornada de 8 horas de trabalho, conforme NBR 17054 [(20)];

c) se indicado a adição de filer no projeto da mistura, deve-se realizar inspeção rigorosa da quantidade do filer adicionado.

6.2.3 Teor de Ligante e Granulometria da Mistura

Devem ser executados os seguintes ensaios para controle da quantidade de ligante e granulometria da mistura e verificação dos parâmetros Marshall:

a) extração de ligante, conforme o método de ensaio ME-DE-P00-011[(9)] quantas vezes forem necessárias no início de cada jornada de trabalho e sempre que houver indícios de falta ou excesso de ligante na mistura, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 horas de trabalho;

b) granulometria da mistura asfáltica com material resultante das extrações de ligante, quantas vezes forem necessárias para a calibração da usina, no mínimo 2 ensaios, conforme NBR 17054 [(20)], por jornada de 8 horas de trabalho.

6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica

O controle da aplicação da mistura asfáltica deve ser efetuado através dos controles de pista descritos em seguida.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6.3.1 Temperaturas

Devem ser executadas as seguintes leituras de temperaturas da massa asfáltica na pista:

a) temperatura da massa asfáltica em cada caminhão que chegar à pista, com leituras efetuadas na frente, no meio e na traseira da caçamba;

b) temperatura da massa asfáltica no momento do espalhamento e no início da compactação, a cada descarga efetuada.

6.3.2 Quantidade de Ligante, Granulometria da Mistura e Densidade Máxima Teórica (Rice)

Deverão ser coletadas amostras na saída da acabadora, com o auxílio de uma chapa, para que a amostra não seja contaminada pela emulsão asfáltica da pintura de ligação.

Devem ser executadas as seguintes determinações:

a) extração de ligante, conforme o método de ensaio ME-DE-P00-011(9): 2 extrações por jornada de 8 horas de trabalho;

b) análise granulométrica da mistura de agregados, com material resultante das extrações, de no mínimo 1.000 g, conforme NBR 17054(20): 2 ensaios por jornada de 8 horas de trabalho;

c) densidade máxima teórica (Rice), conforme método de ensaio DNIT 427/2020 – ME(12).

6.3.3 Destinação

Os locais de aplicação da mistura devem estar sempre associados às datas de produção e com os respectivos ensaios de controle tecnológico.

6.4 Controle Geométrico e de Acabamento

O controle geométrico deve ser feito por acompanhamento topográfico, obedecendo a metodologia indicada pelo DER/SP e, deve satisfazer os parâmetros recomendados.

6.4.1 Controle de Espessura

A espessura da camada de microrrevestimento asfáltico a quente deve ser avaliada pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m.

Devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e em dois pontos intermediários.

6.4.2 Controle da Largura e Alinhamentos

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena executadas pelo menos a cada 20 m.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6.4.3 Controle de Acabamento da Superfície

Durante a execução deve ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada;

6.5 Condições de Segurança

As condições de segurança são determinadas pela macrotextura do revestimento asfáltico, através de ensaios de mancha de areia, conforme NBR 16504[22], espaçados a cada 100 m, por faixa de rolamento.

7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, da mistura asfáltica, de produção e execução, estabelecidas nesta especificação, e discriminadas a seguir:

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento Asfáltico Modificado por Polímero

O cimento asfáltico utilizado é aceito se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1.1 atenderem ao especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

7.1.2 Agregados

Os agregados são aceitos desde que:

a) os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, e durabilidade do agregado graúdo atendam o estabelecidos no item 3.2.1;

b) os resultados de equivalente de areia do agregado miúdo sejam superiores a 55%;

c) o filer atenda a especificação DNIT 418-EM[5] e, os resultados individuais da granulometria estejam compreendidos dentro dos limites da Tabela 1.

7.1.3 Melhorador de Adesividade

Os aditivos melhoradores de adesividade, quando utilizados, são aceitos desde que os resultados individuais dos ensaios NBR 12583[6] e NBR 12584[7] produzam adesividade satisfatória.

7.2 Produção

7.2.1 Temperaturas

As temperaturas medidas durante a produção da mistura asfáltica são aceitas se:

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

a) as temperaturas individuais, medidas na linha de alimentação do cimento asfáltico com polímero, efetuadas ao longo do dia de produção, encontrarem-se situadas na faixa desejável, definida em função da curva "viscosidade Brookfield x temperatura" do ligante empregado, definida pelo fabricante. Variações constantes ou desvios significativos em relação à faixa de temperatura desejável indicam a necessidade de suspensão temporária do processo de produção, para que sejam executados os necessários ajustes;

b) não houver aquecimento do cimento asfáltico acima de 177 °C. A temperatura de aquecimento dos agregados, medida nos silos quentes deve ser de 5 a 10 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere 177 °C;

c) as temperaturas medidas na saída dos caminhões da usina devem situar-se em uma faixa suficientemente elevada para suportar eventuais perdas de calor, e chegar a obra com temperatura compatível para sua aplicação, podendo variar entre ± 5 °C da especificada pelo projeto de mistura.

A massa asfáltica chegada a pista é aceita, sob o ponto de vista de temperatura, se:

a) as temperaturas medidas no mínimo em três pontos do caminhão imediatamente antes da aplicação variem somente entre ± 5° C da indicada, para início da rolagem;

b) a temperatura da massa, no decorrer da rolagem, propicie condições de compactação adequadas, tendo em vista o equipamento utilizado e o grau de compactação buscado, isto é, dentro da faixa de tolerância para compactação da massa asfáltica.

7.2.2 Mistura Asfáltica

7.2.2.1 Teor de ligante

O valor de teor de ligante, quando analisado estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, conforme anexo B, devem apresentar variação máxima do teor residual ± 0,3 pontos percentuais do teor ótimo de ligante do projeto da mistura.

7.2.2.2 Granulometria dos agregados e da mistura

Os resultados da granulometria dos agregados e da mistura, quando analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, devem apresentar variação máxima definida pela faixa de trabalho correspondente

7.3 Execução

7.3.1 Geometria

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

a) a largura da semiplataforma ou faixa executada, não apresente valores inferiores aos previstos para a camada; e os desvios verificados no alinhamento não excedam a + 5 cm;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) a espessura determinada estatisticamente conforme equações 3 e 4 do anexo B, situe-se no intervalo de ± 5% em relação à espessura prevista em projeto;

c) os valores individuais de espessura, não apresente variações fora do intervalo de ± 10% em relação à espessura prevista em projeto;

d) as regiões em que, eventualmente apresentem deficiência de espessura serão objeto de amostragem complementares através de novas extrações de corpos de prova com sonda rotativa; as áreas deficientes, devidamente delimitadas, devem ser reforçadas às expensas da executante e de acordo com orientação da fiscalização.

7.3.2 Acabamento

O serviço é aceito, quanto ao acabamento, desde que sejam atendidas as seguintes condições:

a) o controle de acabamento da superfície de revestimento, com o auxílio de duas réguas, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, não apresentar variações da superfície entre dois pontos quaisquer de contatos superiores a 0,5 cm, quando verificadas com quaisquer uma das réguas;

b) as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências;

c) a superfície deve apresentar-se desempenada, não apresentando marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações decorrentes de variações na carga da vibro-acabadora.

7.3.3 Condições de Segurança

A altura da areia determinada no ensaio de mancha de areia deve atender ao valor indicado no projeto executivo de pavimentação.

8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução do microrrevestimento asfáltico a quente.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

a) para as áreas de apoio necessárias a execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

b) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

d) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

e) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

f) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e arvores.

g) deve-se construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água;

h) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

i) instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

8.2 Cimento Asfáltico

Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água e sem restrições ambientais. Vedar o descarte do refugo de materiais usados na faixa de domínio e em áreas onde possam causar prejuízos ambientais.

Impedir a instalação de usinas de asfalto a quente a uma distância inferior a 200 m, medidos a partir da base da chaminé, em relação a residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias.

Definir áreas para as instalações industriais de maneira tal que se consiga o mínimo de agressão ao meio ambiente, priorizando áreas sem restrições ambientais.

A empresa executante é responsável pela obtenção da licença ambiental de instalação e operação, assim como em manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nestas Normas.

8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras

As operações em usinas asfálticas a quente englobam:

a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;

b) transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;

c) transporte e estocagem de filer;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

d) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

Os agentes e fontes poluidoras da operação das usinas de asfalto estão apresentados na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Agentes e Fontes Poluidoras

Agente Poluidor	Fontes Poluidoras
I - Emissão de Partículas	A principal fonte é o secador rotativo. Outras fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.
II - Emissão de gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Misturador de asfalto: hidrocarbonetos. Aquecimento de cimento asfáltico: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
III - Emissões Fugitivas[1]	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, áreas de peneiramento, pesagem e mistura.

[1] Emissões Fugitivas são quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar seu fluxo.

Para a instalação das usinas asfálticas deve-se licenciá-las junto aos órgãos ambientais competentes.

Para a preservação do meio ambiente na operação da usinas, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

a) instalar sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou por equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos na legislações vigentes;

b) apresentar, com o projeto para obtenção de licença, os resultados de medições em chaminés que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto para atender aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental;

c) dotar os silos de estocagem de agregados frios de proteções laterais e cobertura para evitar a dispersão das emissões durante a operação de carregamento;

d) enclausurar a correia transportadora de agregados frios;

e) adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera;

f) manter pressão negativa no secador rotativo enquanto a usina estiver em operação para evitar emissões de partículas na entrada e saída do secador;

g) submeter o misturador, os silos de agregados quentes e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera;

h) fechar os silos de estocagem de massa asfáltica;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

i) manter limpas as vias de acesso internos, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% da capacidade;

j) dotar os silos de estocagem de filer de sistema próprio de filtragem a seco;

k) adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas margens;

l) acionar os sistemas de controle de poluição do ar antes dos equipamentos de processo;

m) manter as chaminés de instalações adequadas para realização de medições;

n) substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora, como gás ou eletricidade, e estabelecer barreiras vegetais no local sempre que possível.

8.4 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

b) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

c) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;

d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

f) é proibido a deposição irregular de sobras de materiais utilizado microrrevestimento a quente junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

g) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço é medido em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme o respectivo preço unitário contratual, no qual está incluso: o fornecimento de materiais, homogeneização da mistura em usina devidamente calibrada, perdas, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, compactação e acabamento; abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.06.04.05 – Microrrevestimento asfáltico a quente, graduação I	m³
23.06.04.06 - Microrrevestimento asfáltico a quente, graduação II	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16974**. Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2022.

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 425/2020 - ME**. Pavimentação - Agregado - Determinação do índice de forma com paquímetro - Método de ensaio. Brasília, 2020.

3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 089**. Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

5 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 418/2019 - EM**. Pavimentação – Solo-cal – Cal virgem e cal hidratada – Especificação de material. Brasília, 2020.

6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12583**. Agregado graúdo –Determinação da adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.

7 ____. **NBR 12584**. Agregado miúdo – Verificação da adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.

8 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ME-DE-P00-010**. Projeto de misturas asfálticas. São Paulo, 2021.

9 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ME-DE-P00-011**. Determinação do teor de asfalto por meio do forno NCAT (Ignition Method). São Paulo, 2021.

10 ____. **NBR 15140**. Misturas asfálticas - Determinação da perda de massa por abrasão cântabro. Rio de Janeiro, 2014.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

11 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15087**. Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 2004 2012.

12 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 427/2020 - ME**. Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa máxima medida e da massa específica máxima medida em amostras não compactadas – Método de ensaio. Brasília, 2020.

13 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15184**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2004.

14 ____. **NBR 6560**. Ligantes asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2016.

15 ____. **NBR 11341**. Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. Rio de Janeiro, 2015.

16 ____. **NBR 15086**. Materiais betuminosos - Determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro. Rio de Janeiro, 2006.

17 ____. **NBR 15166**. Asfalto modificado - Ensaio de separação de fase. Rio de Janeiro, 2004.

18 ____. **NBR 6576**. Materiais asfálticos - Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

19 ____. **NBR 15235**. Materiais asfálticos - Determinação do efeito do calor e do ar em uma película delgada rotacional. Rio de Janeiro, 2005 2009.

20 ____. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

21 ____. **NBR 15617**. Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida. São Paulo, 2015.

22 ____. **NBR 16504**. Misturas asfálticas - Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria - Método da mancha de areia. Rio de Janeiro, 2016.

23 ____. **ASTM D 3203**. Standard Test Method for Percent Air Voids in Compacted Asphalt Mixtures. Philadelphia, 2022.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1 Cimento Asfáltico				
Ponto de amolecimento	NBR 6560[14]	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Ver especificação para Cimento Asfáltico Modificado por Polímero do tipo SBS – Anexo C, ou regulamentação em vigor Ou A especificação que estiver em vigor na época de sua utilização
Viscosidade Brookfield	NBR 15184[13]			
Ponto de fulgor	NBR 11341[15]			
Recuperação elástica	NBR 15086[16]			
Formação de espuma	Aquecido a 175ºC			
Estabilidade à estocagem	NBR 15166[17]	1 ensaio para cada 100 t	Resultados individuais	
Penetração	NBR 6576[18]			
Ensaios do resíduo no RTFOT: - Variação em massa - Ponto de amolecimento - Penetração - Recuperação elástica	 NBR 15235[19] NBR 6560[14] NBR 6576[18] NBR 15086[16]			
1.2 Agregado				
Abrasão Los Angeles	NBR 16974[1]	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	≤ 40%
Índice de forma	DNIT 425/2020 - ME[2]	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	≥ 0,5
Durabilidade com sulfato de sódio, em 5 ciclos	DNER ME 089[3]	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	≤ 12%

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Equivalente de areia do agregado miúdo	NBR 12052[4]	1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do agregado	Resultados individuais	≥ 55%
Adesividade ao ligante asfáltico	NBR 12583[6] e NBR 12584[7]	em todo carregamento que cimento asfáltico que chegar à obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais	Resultados individuais	Adesividade satisfatória Quando a adesividade for insatisfatória, empregar melhorador de adesividade
1.3 Melhorador de Adesividade				
Verificação da adesividade	NBR 12583[6] e NBR 12584[7]	1 ensaio após o emprego do melhorador de adesividade	Resultados individuais	Adesividade satisfatória
2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
2.1 Temperaturas				
Temperatura nos silos quentes	Termômetro bimetálico com precisão de 2ºC	2 determinações de cada silo por jornada de 8 h de trabalho	Resultados individuais	Deve ser de 5 a 10°C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere a 177°C
Temperatura do cimento asfáltico, antes da entrada do misturador		2 determinações por jornada de 8 h de trabalho	Resultados individuais	Devem estar e situadas na faixa desejável, definida em função da curva viscosidade Brookfield x temperatura do ligante empregado, definida pelo fabricante Inferior a 177°C

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Temperatura da massa asfáltica, na saída da usina	Termômetro bimetálico com precisão de 5ºC	Determinação de todo caminhão carregado na saída da usina	Resultados individuais	Suficientemente elevada para suportar eventuais perdas de calor, e chegar à obra com temperatura compatível para sua aplicação, podendo variar entre ± 5° C da especificada no projeto da mistura
Variações constantes ou desvios significativos em relação à faixa de temperatura desejável indicam a necessidade de suspensão temporária do processo de produção, para que sejam executados os necessários ajustes.				
2.2 Granulometria dos Agregados				
Granulometria do agregado, de cada silo quente, ou frio (usina tipo tambor-secador-misturador)	NBR 17054 (20)	2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto
Granulometria do material de enchimento (fíler)	NBR 17054 (20)	1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa definida na Tabela 1

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2.3 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de ligante	ME-DE-P00/011[9]	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina Quando houver indícios de falta ou excesso de ligante No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,3% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054 [20]	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho		Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa definida na Tabela 1
2.4 Propriedades Volumétricas				
Volume de vazios - Vv	ASTM D 3203[23]	2 determinações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	> 4%
3. CONTROLE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
3.1 Temperaturas				
Temperatura da massa ao chegar na pista, medida imediatamente antes de aplicação	Termômetro bimetálico com precisão de 5ºC	De todo caminhão carregado que chegar à pista	Resultados individuais	Pode variar ± 5° C da indicada para início da rolagem
Temperatura da massa asfáltica, no momento do espalhamento e no início da compactação		De cada descarga efetuada	Resultados individuais	Dentro da faixa de tolerância para compactação da massa asfáltica

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3.2 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de asfalto	ME-DE-P00/011[9]	2 extrações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,3% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054 [20]	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
4.1 Geométrico				
Determinação da espessura através do nivelamento da camada	Relocação e nivelamento topográfico	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 5% da espessura de projeto E não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação da espessura de projeto
Largura da plataforma, desvios dos alinhamentos	Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados individuais	No máximo + 5 cm

/continua

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4.2 Acabamento				
Nivelamento com 2 réguas, uma de 3,0 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista	Réguas	A cada 20 m	Resultados individuais	A variação da superfície em dois pontos quaisquer de contato deve ser < 0,5 cm
De modo geral as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências. A superfície deve apresentar-se desempenada, não deve conter marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações.				
5. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA				
Determinar a macrotextura, para camadas de rolamento	NBR 16504[22]	Uma determinação a cada 100 m	Resultados individuais	Altura da areia conforme indicado em projeto.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Tabela B-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\overline{X}$)	$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	Onde: **X_i** = valor individual da amostra; **N** = nº de determinações efetuadas; **K =** coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras; **K_1 =** coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações; **LSE** = limite superior especificado; **LIE** = limite inferior especificado.
2 – Desvio-padrão da amostra (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 – Controle pelo limite inferior	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$	
	ou	
4- Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 – Controle pelo limite inferior e superior	$X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$	

Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

N	K	K_1	N	K	K_1	N	K	K_1
4	0,95	1,34	**10**	0,77	1,12	**25**	0,67	1,00
5	0,89	1,27	**12**	0,75	1,09	**30**	0,66	0,99
6	0,85	1,22	**14**	0,73	1,07	**40**	0,64	0,97
7	0,82	1,19	**16**	0,71	1,05	**50**	0,63	0,96
8	0,80	1,16	**18**	0,70	1,04	**100**	0,60	0,92
9	0,78	1,14	**20**	0,69	1,03	**∞**	0,52	0,84

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POR POLÍMERO ELASTOMÉRICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Características	Unidades	Tipo			Método
		55/75-E	60/85-E	65/90-E	ABNT
Ensaios na Amostra Virgem:					
Penetração (100 g, 5 s, 25 ºC)	0,1 mm	45-70	40-70	40-70	NBR 6576(18)
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	55	60	65	NBR 6560(14)
Ponto de fulgor, mín.	ºC	235	235	235	NBR 11341(15)
Viscosidade Brookfield a 135 ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	3000	3000	3000	NBR 15184(13)
Viscosidade Brookfield a 150 ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	2000	2000	2000	NBR 15184(13)
Viscosidade Brookfield a 177 ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	1000	1000	1000	NBR 15184(13)
Estabilidade à estocagem, máx.	ºC	5	5	5	NBR 15166(17)
Recuperação elástica a 20 ºC, 20 cm, mín.	%	75	85	90	NBR 15086(16)
Ensaios no Resíduo do RTFOT:					
Variação de massa, máx.	%	1	1	1	NBR 15235(19)
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	7	7	7	NBR 6560(14)
Redução do ponto de amolecimento, máx.	ºC	5	5	5	NBR 6560(14)
Porcentagem de penetração original, mín.	%	60	60	60	NBR 6576(18)
Porcentagem de recuperação elástica original a 25 ºC, mín.	%	80	80	80	NBR 15086(16)

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.