



MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	1 de 41

TÍTULO

RECICLAGEM COM ESPUMA DE ASFALTO

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem. Pavimento. Espuma.

ANEXO D

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	2 de 41

ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	4
2	DEFINIÇÕES.....	4
3	MATERIAIS	4
3.1	Cimento Asfáltico	4
3.2	Cimento Portland.....	4
3.3	Agregado Adicional	5
3.4	Espuma de Asfalto	5
3.5	Água	5
3.6	Mistura Reciclada.....	5
4	EQUIPAMENTOS.....	7
4.1	Depósito para Cimento Asfáltico	7
4.2	Depósito para Agregados	8
4.3	Silos para Agregados.....	8
4.4	Usina para Misturas Asfálticas.....	8
4.5	Caminhão para Transporte da Mistura	9
4.6	Equipamento para Distribuição e Acabamento	9
4.7	Equipamento para Compactação	9
4.8	Ferramentas e Equipamentos Acessórios	10
5	EXECUÇÃO	10
5.1	Condições Gerais.....	10
5.2	Preparo da Superfície	10
5.3	Produção da Mistura Reciclada.....	10
5.4	Transporte da Mistura Reciclada.....	11
5.5	Distribuição da Mistura	11
5.6	Compactação da Mistura	12
5.7	Juntas	13
5.8	Abertura ao Tráfego	13
6	CONTROLE.....	13
6.1	Controle dos Materiais	13
6.2	Controle da Produção da Mistura Asfáltica	15
6.3	Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica.....	16



MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	3 de 41

6.4	Controle Geométrico e de Acabamento	17
6.5	Condições de Segurança.....	19
6.6	Deflexões.....	19
7	ACEITAÇÃO.....	19
7.1	Materiais.....	19
7.2	Produção.....	20
7.3	Execução	21
8	CONTROLE AMBIENTAL.....	23
8.1	Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados.....	23
8.2	Cimento Asfáltico	24
8.3	Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras	24
8.4	Execução	26
9	CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO.....	26
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
	ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE	30
	ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO.....	39
	ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO	40
	ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POLÍMERO ...	41



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	4 de 41

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição dos serviços de reciclagem de pavimento com espuma de asfalto, de modo obter uma base reciclada, constituída pelos materiais de reciclagem do pavimento, aglomerante, água e adição eventual de agregados em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Prefeitura do Município de Hortolândia.

2 DEFINIÇÕES

A reciclagem de pavimento com espuma de asfalto é o processo de produção de camada betuminosa com reaproveitamento total ou parcial de material freado, com incorporação de cimento Portland, cimento asfáltico na forma de espuma e, adição de água, e incorporação, quando necessário de agregados, espalhamento e compactação da mistura resultante, obtendo-se desta forma uma nova base do pavimento, isto é, uma base reciclada.

Espuma de asfalto é o estado temporário do cimento asfáltico de petróleo, obtido a partir da injeção de mistura de ar sob pressão e pequenas quantidades de água sobre o cimento asfáltico, aquecido em temperatura adequada para seu tipo. Esta injeção ocasiona o aumento da área superficial e a redução da viscosidade do asfalto, o que promove sua forte expansão volumétrica.

Meia-vida é o intervalo de tempo, em segundos, que a espuma necessita para reduzir-se a metade do volume máximo alcançado.

Taxa de expansão é a relação entre o volume máximo do cimento asfáltico no estado espuma e o volume do CAP remanescente, após a espuma estar completamente ausente.

Relação de tensão é a relação entre a resistência à tração indireta úmida e a resistência à tração indireta seca, obtida através do ensaio de compressão diametral dos corpos de prova Marshall, a 25 °C.

3 MATERIAIS

3.1 Cimento Asfáltico

Podem ser empregados cimentos asfálticos de petróleo dos tipos: CAP 85-100 ou CAP 150-200, que devem atender ao especificado no regulamento técnico ANP nº 3/2005 de 11/07/2005 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, apresentada no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

3.2 Cimento Portland

A adição de cimento tem a função de auxiliar o asfalto a se dispersar, principalmente quando o material reciclado é deficiente de agregados finos.

O cimento Portland deve atender às especificações do DNER EM 036⁽¹⁾, NBR 5732⁽²⁾.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	5 de 41

3.3 Agregado Adicional

Os agregados, eventualmente incorporados aos materiais reciclados para correção granulométrica da mistura, devem ser constituídos por pedra britada ou seixo rolado britado, que apresentem fragmentos duros, limpos, duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongadas, macios ou de fácil desintegração, assim como isentos de outras substâncias ou contaminações prejudiciais; e deve atender aos seguintes requisitos:

- desgaste no ensaio de abrasão *Los Angeles*, conforme NBR NM51⁽³⁾, igual ou inferior a 50%;
- equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052⁽⁴⁾, igual ou superior a 55%;
- índice de forma maior ou igual 0,5 e porcentagem de partículas lamelares inferior a 10%, conforme NBR 6954⁽⁵⁾;
- perda no ensaio de durabilidade, conforme DNER ME 089⁽⁶⁾, em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.
- no caso de emprego de seixos rolados britados, exige-se que 90% dos fragmentos, em peso, apresentem pelo menos uma face fragmentada.

3.4 Espuma de Asfalto

A espuma de asfalto produzida deve apresentar as seguintes características:

- taxa de expansão: mínima de 5 vezes;
- meia vida: mínima de 5s.

3.5 Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela NBR NM 137⁽⁷⁾.

3.6 Mistura Reciclada

A mistura reciclada deve atender aos seguintes requisitos:

- a curva granulométrica da mistura de materiais deve ser contínua e deve enquadrar-se em uma das faixas da tabela 1;
- a mistura deve possuir um mínimo de 5% de finos passantes na peneira nº 200, para que a espuma se disperse convenientemente na mistura;
- porcentagem de cimento deve ser de no máximo 2%, preferencialmente 1%;
- o teor de asfalto a ser utilizado deve ser determinado no laboratório, em geral situa-se na faixa de 2% a 4%;



- e) a quantidade de água adicionada ao asfalto, usualmente está compreendida entre 1% e 2%, sobre o peso do asfalto, respeitando os valores mínimos para taxa de expansão e meia vida, indicados no projeto;
- f) a mistura deve apresentar resistência à tração indireta seca de mínima de 0,4 MPa e resistência à tração indireta saturada de 0,2 MPa, ambas a 25 °C e após 72 horas de cura; conforme AASHTO T 283⁽⁸⁾.
- g) relação de tensão mínima de 50%.

Tabela 1 – Faixas Granulométricas

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando		
ASTM	mm	A	B	
2"	50,0	100	100	
1 ½"	37,5	86 – 100	83 – 100	± 8
1"	25,0	72 – 100	76 – 100	± 8
¾"	19,0	64 – 100	70 – 94	± 8
1/2"	12,7	53 – 84	62 – 86	± 8
3/8"	9,5	46 – 76	58 – 80	± 8
nº 4	4,8	34 – 62	42 – 68	± 8
Nº 10	2,0	23 – 50	32 – 54	± 5
Nº 40	0,42	11 – 32	16 – 35	± 5
Nº 80	0,42	8 – 25	10 – 26	± 5
Nº 200	0,075	5 – 20	5 – 20	± 3

3.6.1 Determinação da Composição da Mistura Reciclada

Para definição do projeto de mistura dos agregados adicionais e materiais reciclados é necessário que seja feita rigorosa investigação das camadas a serem recicladas. Devem ser efetuadas coletas de amostras para que sejam determinada a granulometria dos materiais e do teor de betume.

É fundamental que a coleta de amostras seja executada de forma a cobrir todas as possíveis variações das camadas a serem recicladas.

Os requisitos mínimos para a mistura resultando do processo de reciclagem são apresentados na tabela a seguir.



Tabela 3 – Requisitos para o Projeto Mistura Asfáltica

Características	Método de Ensaio	Camada de Ligação (Binder)
Estabilidade mínima, kN (75 golpes no ensaio Marshall)	NBR 12891 ⁽⁹⁾	8
Fluência (mm) Fluência (0,01")	NBR 12891 ⁽⁹⁾	2,0 a 4,0 8 a 16
% de Vazios Totais		4 a 6
Relação Betume Vazios – RBV (%)		65 a 75
Concentração crítica de fíler *	ES P00/26 ⁽¹⁰⁾	< 90% Cs
Resistência à Tração por Compressão Diametral Estática a 25°C, mínima, MPa	NBR 15087 ⁽¹¹⁾	0,65

3.6.2 Porcentagem de Agregado Adicional

A porcentagem de agregado adicional é definida como sendo a relação entre massa de agregados secos adicionais e a massa da mistura final.

3.6.3 Porcentagem de Cimento

A porcentagem de cimento é definida como sendo a relação entre massa de cimento e a massa da mistura final.

4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela PMH.

O equipamento básico para a execução da reciclagem com espuma de asfalto compreende as seguintes unidades:

- A usina recicladora
 - possuir acessórios específicos para produção da espuma, sua dosagem e espargimento;
 - possuir acessórios específicos para injeção e dosagem da água, de forma a umedecer a mistura reciclada deixando-a no teor ótimo de compactação, em separado do sistema de espuma.

4.1 Depósito para Cimento Asfáltico

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

- o aquecimento deve ser efetuado por meio de serpentinas a vapor, a óleo, a eletricidade



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	8 de 41

dade 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 recirculação 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 e de material fresado a ser empregado na mistura 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.

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 50 °C a 210 °C, com precisão de ± 1 °C, 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 °C . 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 ainda uma cabine de comando e quadros de força. Tais partes devem



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	9 de 41

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.

4.5 Caminhão para Transporte da Mistura

Os caminhões tipo basculante para o transporte da mistura reciclada 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 e Acabamento

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

O equipamento para a compactação deve constituir-se por rolos pneumáticos com regulação de pressão e rolo metálico liso, tipo tandem.

Os rolos pneumáticos, autopropulsionados, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 0,25 MPa a 0,84 MPa. É obrigatória a utilização de pneus calibração uniformes, de modo a evitar marcas indesejáveis na mistura compactada.

O rolo metálico liso tipo tandem deve ter massa compatível com a espessura da camada. O emprego dos rolos lisos vibratórios pode ser admitido desde que a frequência e a amplitude de vibração sejam ajustadas às necessidades do serviço.

O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura de forma que esta



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	10 de 41

atinga 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:

- soquetes mecânicos ou placas vibratórias para a compactação de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais;
- pás, garfos, rodos e ancinhos para operações eventuais.
- vassouras rotativas, compressores de ar para limpeza da pista.
- caminhão tanque irrigador para limpeza de pista.

5 EXECUÇÃO

5.1 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva. A mistura reciclada somente deve ser fabricada, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10 °C.

5.2 Preparo da Superfície

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

A imprimação ou pintura de ligação deve ser executada, obrigatoriamente, com a barra espargidora, respeitando os valores recomendados para taxa de ligante. Somente para correções localizadas ou locais de difícil acesso pode ser utilizada a caneta. A imprimação deve formar uma película homogênea e promover condições adequadas de aderência quando da execução da camada reciclada.

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

No caso de desdobramento da espessura total de mistura reciclada em duas camadas, a pintura de ligação entre estas pode ser dispensada se a execução da segunda camada ocorrer logo após a execução da primeira.

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

5.3 Produção da Mistura Reciclada



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	11 de 41

A adição do agregado adicional e do cimento ou outro aglomerante hidráulico deve ser feita na usina, sendo primeiramente adicionado o agregado pétreo, seguido do aglomerante hidráulico e do material fresado.

Devem ser tomadas todas as precauções a fim de serem evitados os processos que levem a segregação da mistura reciclada.

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 diminuição da temperatura da mistura, com prejuízo da compactação.

5.4 Transporte da Mistura Reciclada

A mistura reciclada produzida 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.

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, evitar a 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.

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 da mistura reciclada 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 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 ancinhos ou 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.



CÓDIGO		REV.
PMH-PAV-001/19		A
EMIÇÃO	FOLHA	
Mar/19	12 de 41	

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 da mistura reciclada. 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.

A prática mais freqüente de compactação de misturas asfálticas densas usinadas a quente contempla o emprego combinado de rolos pneumáticos de pressão regulável e rolo metálico liso tipo tandem, de acordo com as seguintes premissas:

- inicia-se a rolagem com uma passada com rolo liso;
- logo após, a passada com rolo liso, inicia-se a rolagem com uma passada do rolo pneumático atuando com baixa pressão;
- à medida que a mistura for sendo compactada e houver conseqüente crescimento de sua resistência, seguem-se coberturas com o rolo pneumático, com incremento gradual da pressão;
- o acabamento da superfície e correção das marcas dos pneus deve ser feito com o rolo tandem, sem vibrar;
- a compactação deve ser iniciada pelas bordas, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista;
- cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte, em 1/3 da largura do rolo;
- durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente;
- as rodas dos rolos devem ser ligeiramente umedecidas para evitar a aderência da mistura; nos rolos pneumáticos, devem ser utilizados os mesmos produtos indicados para a caçamba dos caminhões transportadores; nos rolos metálicos lisos, se for utilizada água, esta deve ser pulverizada, não se permitindo que escorra pelo tambor e acumule-se na superfície da camada.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	13 de 41

A compactação através do emprego de rolo vibratório de rodas lisas, quando necessário, deve ser testada experimentalmente na obra, de forma a permitir a definição dos parâmetros mais apropriados à sua aplicação, como o número de coberturas, frequência e amplitude das vibrações. As condições de compactação da mistura exigidas anteriormente permanecem inalteradas.

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 mistura reciclada não poderá ser liberada ao tráfego antes da aplicação do revestimento em concreto asfáltico.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento Asfáltico Não Modificado por Polímero

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

- um ensaio de penetração a 25° C, conforme NBR 6576⁽¹⁹⁾;
- um ensaio de viscosidade de Saybolt-Furol, conforme NBR 14950⁽¹⁷⁾;
- um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341⁽²⁰⁾;
- um ensaio de determinação de formação de espuma, quando aquecido a 177° C.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	14 de 41

Para cada 100 t:

- um índice de susceptibilidade térmica, determinado pelos ensaios NBR 6576⁽¹⁹⁾ e NBR 6560⁽²¹⁾;
- um ensaio de viscosidade Saybolt Furol a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura, em no mínimo três pontos, conforme NBR 14950⁽¹⁷⁾.

6.1.2 Cimento Asfáltico Modificado por Polímero

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

- um ensaio de penetração a 25 °C, conforme NBR 6576⁽¹⁹⁾;
- um ensaio de viscosidade Brookfield, conforme NBR 15184⁽¹⁸⁾;
- um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341⁽²⁰⁾;
- um ensaio de determinação de formação de espuma, quando aquecido a 175 °C;
- um ensaio de recuperação elástica, conforme NBR 15086⁽²²⁾.

Para cada 100 t:

- um ensaio de estabilidade à estocagem, conforme NBR 15166⁽²³⁾;
- um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560⁽²¹⁾;
- um ensaio do resíduo no RTFOT: variação em massa conforme NBR 15235⁽²⁴⁾, ponto de amolecimento conforme NBR 6560⁽²¹⁾, penetração conforme NBR 6576⁽¹⁹⁾ e recuperação elástica conforme NBR 15086⁽²²⁾.

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

6.1.3 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 no agregado gráudo:

- abrasão Los Angeles, conforme NBR NM 51⁽¹⁾; 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
- caso agregado apresente abrasão superior a 50%, verificar a degradação do agregado após a compactação Marshall, com e sem ligante conforme DNER ME 401⁽²⁾; 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do agregado;
- índice de forma e porcentagem de partículas lamelares, conforme NBR 6954⁽³⁾, 1 en-



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	15 de 41

saio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

- d) ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089⁽⁴⁾; 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
- e) a adesividade dos agregados ao ligante asfáltico, conforme NBR 12583⁽⁷⁾ e NBR 12584⁽⁸⁾; para todo carregamento que cimento asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais.

Para agregado miúdo, determinar o equivalente de areia, conforme NBR 12052⁽⁵⁾; 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.

6.1.4 Melhorador de Adesividade

Quando a adesividade não for satisfatória e o melhorador de adesividade for incorporado na mistura, deve-se verificar novamente a adesividade conforme NBR 12583⁽⁷⁾ e NBR 12584⁽⁸⁾.

6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica

O controle da produção da mistura reciclada deve ser acompanhando por laboratório, que deve realizar o acompanhamento e os ensaios pertinentes, devendo obedecer à metodologia indicada pelo DER/SP e atender aos parâmetros recomendados.

6.2.1 Temperaturas

O controle da temperatura da produção da mistura asfáltica 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 h de trabalho;
- b) temperatura do cimento asfáltico, antes da entrada do misturador: 2 determinações por jornada de 8 h 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 tratar-se de usina tipo tambor-secador-misturador: 2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR NM 248⁽²⁵⁾;
- b) granulometria do fíler: 1 ensaio por jornada de 8h de trabalho conforme NBR NM



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	16 de 41

248⁽²⁵⁾;

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

6.2.3 Quantidade de Ligante, Granulometria da Mistura e Características Marshall e Porcentagens de Vazios

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

- a) extração de asfalto, preferencialmente conforme ASTM D 6307⁽²⁶⁾ ou DNER ME 053⁽²⁷⁾, ou ensaio de extração por refluxo, Soxhlet de 1.000 ml, conforme ASTM D 2172⁽²⁸⁾, ou, quantas vezes forem necessárias no início de cada jornada de trabalho e sempre que houver indícios da falta ou excesso de ligante no teor de asfalto da mistura, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho;
- b) granulometria da mistura asfáltica com material resultante das extrações da alínea a; quantas vezes forem necessárias para a calibração da usina, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho, conforme NBR NM 248⁽²⁵⁾;
- c) ensaio Marshall, conforme NBR 12891⁽⁹⁾, com no mínimo 6 corpos-de-prova; devem ser destinados 3 corpos de prova ao ensaio de tração por compressão diametral a 25 °C, conforme NBR 15087⁽¹¹⁾; nos outros 3 corpos-de-prova deve-se determinar a fluência, a estabilidade e as porcentagens de vazios da mistura: Vv, RBV, VAM. Devem ser realizados, no mínimo, 2 ensaios por jornada 8 h de trabalho.

6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica

O controle da aplicação da mistura asfáltica deve ser efetuado através dos procedimentos descritos em seguida.

6.3.1 Temperaturas

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

- a) temperatura da massa asfáltica em cada caminhão que chegar à pista;
- b) temperatura da massa asfáltica distribuída no momento do espalhamento e no início da compactação, a cada descarga efetuada.

6.3.2 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura

Devem ser executadas as seguintes determinações:

- a) extração de asfalto, preferencialmente conforme ASTM D 6307⁽²⁶⁾ ou DNER ME 053⁽²⁷⁾, ou ensaio de extração por refluxo Soxhlet de 1.000 ml, conforme ASTM D 2172⁽²⁸⁾, 2 extrações por jornada de 8 h de trabalho;
- b) análise granulométrica da mistura de agregados, com material resultante das extra-



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	17 de 41

ções da alínea a, de no mínimo 1.000 g, conforme NBR NM 248⁽²⁵⁾; 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

6.3.3 Controle da Compactação

A cada 100 m de faixa de rolamento de massa compactada, deve ser obtida uma amostra indeformada extraída com sonda rotativa, em local aproximadamente correspondente à trilha de roda externa, na faixa externa. De cada amostra extraída com sonda rotativa deve ser determinada a respectiva densidade aparente, conforme DNER ME 117⁽¹⁵⁾.

6.3.4 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

6.4.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada e as diferenças de cotas da mistura reciclada deve ser avaliada nos corpos de prova extraídos com sonda rotativa ou pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m.

Devem ser nivelados os pontos para as camadas de rolamento ou *binder* no eixo, bordas e em dois pontos intermediários, e, para as camadas de regularização, no eixo, bordas e trilhas de roda.

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.

6.4.3 Controle de Acabamento da Superfície

Devem ser executados os seguintes procedimentos para controle de acabamento da superfície:

- e) 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;
- f) o acabamento longitudinal, para pavimentos novos, será avaliado pela irregularidade longitudinal da superfície, em cada faixa de tráfego; a irregularidade da superfície deve ser verificada por aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta devidamente calibrados, conforme DNER PRO 164⁽²⁹⁾, DNER PRO 182⁽³⁰⁾ e DNER ES 173⁽³¹⁾; o QI será determinado para cada trecho de 320 m ou nos locais indicados pela fiscaliza-



MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

CÓDIGO		REV.
PMH-PAV-001/19		A
EMIÇÃO	FOLHA	
Mar/19	18 de 41	

ção; opcionalmente, poderá ser empregado o perfilometro a laser que determina o IRI
– *International Roughness Index*.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	19 de 41

6.5 Condições de Segurança

As condições de segurança serão determinadas pela macro textura do revestimento asfáltico, conforme ASTM E 1854⁽³²⁾, através de ensaios de mancha de areia, espaçados a cada 100 m, por faixa de rolamento.

6.6 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024⁽³³⁾, ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273⁽³⁴⁾.

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

O cimento asfáltico utilizado é aceito se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1.1, atenderem a legislação em vigor para cimentos asfálticos, da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, anexo C.

O cimento asfáltico modificado por polímero é aceito se os resultados individuais estabelecidos no item 6.1.2, atenderem a legislação em vigor para cimentos asfálticos modificado por polímero, na ausência de legislação específica, atendam o estabelecido no anexo D.

7.1.2 Agregados

Os agregados são aceitos desde que:

- g) os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, lamelaridade e durabilidade do agregado graúdo atendam ao estabelecido no item 3.2.1;
- h) os resultados individuais de equivalente areia sejam superiores a 55%.

7.1.3 Melhorador de adesividade

Os aditivos melhoradores de adesividade, quando utilizados, são aceitos desde que os resultados individuais dos ensaios NBR 12583⁽⁷⁾ e NBR 12584⁽⁸⁾ produzam adesividade satisfatória.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	20 de 41

7.2 Produção

7.2.1 Temperaturas

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

- a) as temperaturas individuais, medidas na linha de alimentação do cimento asfáltico modificado por polímero ou não, efetuadas ao longo do dia de produção, encontram-se situadas na faixa desejável, definida em função da curva viscosidade x temperatura do ligante empregado; 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) as temperaturas individuais dos agregados nos silos quentes forem superiores cerca de 10 °C a 15 °C da temperatura do cimento asfáltico, sem ultrapassar 177 °C;
- c) as temperaturas medidas na saída dos caminhões da usina situarem-se em uma faixa 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 pelo projeto da mistura.

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

- a) a temperatura medida no caminhão imediatamente antes da aplicação variar somente entre ± 5 °C da indicada para início da rolagem;
- b) a temperatura da mistura asfáltica reciclada, no decorrer da rolagem, propicie condições adequadas de compactação.

7.2.2 Mistura Asfáltica

7.2.2.1 Granulometria dos agregados e da mistura

Os resultados da granulometria dos agregados e da mistura devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, de acordo com o anexo B. As tolerâncias admitidas para variação das granulometrias são as definidas pelas respectivas faixas de trabalho.

7.2.2.2 Quantidade de ligante

Os teores de ligante devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, de acordo com o anexo B. As tolerâncias admitidas para variação do teor é de $\pm 0,3$ pontos percentuais do teor ótimo de ligante do projeto da mistura.

7.2.2.3 Porcentagens de vazios e características Marshall

Os resultados do volume de vazios (Vv), relação betume vazios (RBV) e fluência serão analisadas estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, moldadas



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	21 de 41

na usina, por meio de controle bilateral, conforme anexo B.

Os resultados da estabilidade, resistência a tração por compressão diametral são analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, por meio do controle unilateral, conforme anexo B.

As misturas, de acordo com a faixa adotada, devem atender os mínimos ou as faixas de variações estabelecidas abaixo.

Para camadas de ligação, *binder*, faixas I e II:

- Vv (4 a 6)%;
- RBV (65 a 75)%;
- fluência (8 a 16) 0,01” ou (2,0 a 4,0) mm;
- estabilidade mínima ≥ 8 kN;
- resistência à tração compressão diametral estática a 25 °C $\geq 0,65$ MPa.

Para camadas de rolamento e reperfilagem, faixas II e III:

- Vv (3 a 5)%;
- fluência (8 a 16) 0,01” ou (2,0 a 4,0) mm;
- RBV (65 a 80) %;
- estabilidade mínima ≥ 8 kN;
- resistência à tração compressão diametral estática a 25 °C, $\geq 0,80$ MPa.

7.3 Execução

7.3.1 Compactação

O grau de compactação de cada segmento avaliado é obtido através da média dos graus de compactação de mínimo 4 e máximo 10 amostras. O grau de compactação individual é determinado através de uma das seguintes expressões:

$$GC_1 = \frac{100 \times d_{pista}}{d_{projeto}} \quad ; \text{ ou } \quad GC_2 = \frac{100 \times d_{pista}}{d_{mt}} ;$$

Sendo:

d_{pista} = densidade aparente do corpo de prova extraído da pista;

$d_{projeto}$ = densidade aparente de projeto da mistura;

d_{mt} = densidade máxima teórica do corpo de prova extraído da pista.

O grau de compactação é aceito se a média de $GC_1 \geq 97\%$ ou a média de $GC_2 \geq 92\%$.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	22 de 41

7.3.2 Geometria

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

- i) a largura da plataforma, não apresente valores inferiores aos previstos para a camada; e os desvios verificados no alinhamento não excedam a + 5 cm;
- j) a espessura determinada estatisticamente conforme equações 3 e 4 do anexo B, situe-se no intervalo de $\pm 5\%$ em relação à espessura prevista em projeto;
- k) os valores individuais de espessura, não apresente variações fora do intervalo de $\pm 10\%$ em relação à espessura prevista em projeto;
- l) não apresente valores individuais de cota fora do intervalo de +2 a -1cm em relação à cota prevista em projeto;
- m) as regiões em que, eventualmente apresentem deficiência de espessura devem ser 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.

7.3.3 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 vibroacabadora;
- d) para pavimentos novos a irregularidade longitudinal da superfície em cada faixa de tráfego deve apresentar o Quociente de Irregularidade (QI) com valores inferiores ou iguais a 35 contagens/km;
- e) se o QI for maior que 35 contagens/km, os trabalhos devem ser suspensos e não sendo permitido o reinício até que as ações corretivas sejam realizadas pela executante; os trechos devem ser corrigidos e novamente avaliados; onde forem feitas correções, a executante deve restabelecer as condições de rolamento e garantir a uniformidade em relação ao trecho contíguo não corrigido; os trabalhos corretivos devem estar completos antes da determinação da espessura da camada acabada; todos os trabalhos corretivos devem ser feitos às expensas da executante.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	23 de 41

7.3.4 Condições de Segurança e Deflexões

A altura da areia determinada no ensaio de mancha de areia deve apresentar-se no intervalo de 0,6 mm a 1,2 mm, caracterizando uma classe de textura superficial de média a grossa.

A deflexão característica de cada sub-trecho determinada de acordo com a equação 4 do anexo B, para no mínimo 15 determinações, deve ser a estabelecida em projeto.

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 da mistura reciclada.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração dos materiais:

- n) para as áreas de apoio necessárias a execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes na PMH;
- o) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;
- p) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;
- q) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;
- r) 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;
- s) 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 constantes nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e arvores;
- t) 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;
- u) 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;
- v) 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. Verificar o descarte do resíduo 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:

- estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;
- transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;
- transporte e estocagem de filler;
- 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 5 a seguir:

Tabela 5 – 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.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	25 de 41

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;
- 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 fíler 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 mangas;
- 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.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	26 de 41

8.4 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

- deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;
- deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;
- caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;
- 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;
- 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;
- é proibido a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na camada de reciclada junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;
- é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser 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.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme respectivo preço unitários contratual, nos quais se inclui 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.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51**. Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2001.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 401**. Agregados – Determinação de índice de degradação de rochas após a compactação Marshall com ligante IDml e sem ligante IDm: método de ensaio. Rio de Janeiro,



CÓDIGO		REV.
PMH-PAV-001/19		A
EMIÇÃO	FOLHA	
Mar/19	27 de 41	

1999.

- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **NBR 6954**. Lastro- Padão – Determinação da forma do material. Rio de Janeiro, 1989.
- 4 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.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.
- 6 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER EM 367**. Material de enchimento para misturas betuminosas. Rio de Janeiro, 1997.
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12583**. Agregado graúdo – verificação da adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 1992
- 8 _____. **NBR 12584**. Agregado miúdo – verificação da adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 1992.
- 9 _____. **NBR 12891**. Dosagem de misturas betuminosas pelo método Marshall. Rio de Janeiro, 1993.
- 10 DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ES P00/26**. Determinação da concentração crítica de fíler no sistema fíler-betume. São Paulo, 1989.
- 11 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15087**. Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 2004.
- 12 AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO T 283**. Standard Method of Test for Resistance of Compact-ed Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage. Washington, 1989.
- 13 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 21/05**. Pavimentação: Concreto Asfáltico Usinado à Quente. Curitiba, 2005
- 14 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2041**. Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific and Density of Bituminous Paving Mixtures. Pennsylvania, 2000.
- 15 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 117**. Mistura Betuminosa – determinação da densidade aparente. Rio de Janeiro, 1994.



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	28 de 41

- 16 ASPHALT INSTITUTE. **Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types**. Manual Series No. 2 (MS-2), Sixth Edition, 1995, p. 110.
- 17 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14950**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2003.
- 18 _____. **NBR 15184**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2004
- 19 _____. **NBR 6576**. Materiais betuminosos - Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 1998.
- 20 _____. **NBR 11341**. Derivados de petróleo – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. Rio de Janeiro, 2004.
- 21 _____. **NBR 6560**. Materiais betuminosos – Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2000
- 22 _____. **NBR 15086**. Materiais betuminosos - Determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro. Rio de Janeiro, 2004.
- 23 _____. **NBR 15166**. Asfalto modificado - Ensaio de separação de fase. Rio de Janeiro, 2004.
- 24 _____. **NBR 15235**. Materiais asfálticos - Determinação do efeito do calor e do ar em uma película delgada rotacional. Rio de Janeiro, 2005.
- 25 _____. **NBR NM 248**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- 26 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 6307**. Standard Test Method for Asphalt Content of Hot Mix Asphalt by Ignition Method. Pennsylvania, 1998.
- 27 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 053**. Misturas betuminosas – percentagem de betume. Rio de Janeiro, 1994.
- 28 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2172**. Standard Test Method for Quantitative Extraction of Bitumen from Bituminous Paving Mixtures. Pennsylvania, 2001.
- 29 _____. **DNER PRO 164**. Calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter). Rio de Janeiro, 1994.
- 30 _____. **DNER PRO 182**. Medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter. Rio de Janeiro, 1994.



CÓDIGO		REV.
PMH-PAV-001/19		A
EMIÇÃO	FOLHA	
Mar/19	29 de 41	

- 31 _____. **DNER ES 173**. Método de nível e mira para calibração de sistemas medidores de irregularidade tipo resposta. Rio de Janeiro, 1986.
- 32 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E 1854**. Standard Practice for Calculating Pavement Macrotexture Mean Profile Depth. Pennsylvania, 2001.
- 33 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.
- 34 _____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “falling weight deflectometer – FWD”. Rio de Janeiro, 1996.
- 35 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14855**. Materiais betuminosos - Determinação da solubilidade em tricloretileno. Rio de Janeiro, 2002.
- 36 _____. **NBR 6293**. Materiais betuminosos – Determinação da ductibilidade. Rio de Janeiro, 2001.
- 37 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 5**. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials. Pennsylvania, 1997.
- 38 _____. **ASTM D 36**. Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus). Pennsylvania, 1995.
- 39 _____. **ASTM E 102**. Standard Test Method for Saybolt Furol Viscosity of Bituminous Materials at High Temperatures. Pennsylvania, 2003.
- 40 _____. **ASTM D 4402**. Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer. Pennsylvania, 2002.
- 41 _____. **ASTM D 92**. Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester. Pennsylvania, 2002.
- 42 _____. **ASTM D 2042**. Standard Test Method for Solubility of Asphalt Materials in Trichloroethylene. Pennsylvania, 2001.
- 43 _____. **ASTM D 113**. Standard Test Method for Ductility of Bituminous Materials. Pennsylvania, 1999.
- 44 _____. **ASTM D 2872**. Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test). Pennsylvania, 1997.



CÓDIGO		REV.
PMH-PAV-001/19		A
EMIÇÃO	FOLHA	
Mar/19	30 de 41	



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	31 de 41

MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1 Cimento Asfáltico não Modificado por Polímero				
Penetração (100 g, 5 s, 25º C)	NBR 6576 ⁽¹⁹⁾	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados Individuais	Ver especificação dos Cimentos Asfálticos – anexo C, ou regulamentação em vigor
Viscosidade de Saybolt-Furol	NBR 14950 ⁽¹⁷⁾			
Ponto de Fulgor	NBR 11341 ⁽²⁰⁾ ;			
Formação de Espuma,	Aquecido a 177º C			
Índice de Susceptibilidade Térmica	NBR 6576 ⁽¹⁹⁾ NBR 6560 ⁽²¹⁾	1 ensaio para cada 100 t		
Viscosidade Saybolt-Furol a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura	NBR 14950 ⁽¹⁷⁾			
1.1 Cimento Asfáltico Modificados por Polímero				
Penetração	NBR 6576 ⁽¹⁹⁾	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Ver especificação para Cimento Asfáltico Modificado por Polímero do tipo SBS – anexo D, ou regulamentação em vigor
Viscosidade Brookfield	NBR 15184 ⁽¹⁸⁾			
Ponto de fulgor	NBR 11341 ⁽²⁰⁾			
Formação de espuma	Aquecido a 175ºC			
Recuperação elástica	NBR 15086 ⁽²²⁾			
Estabilidade à estocagem	NBR 15166 ⁽²³⁾ ;	1 ensaio para cada 100 t	Resultados individuais	
Ponto de amolecimento	NBR 6560 ⁽²¹⁾			
Ensaio do resíduo no RTFOT: - variação em massa - ponto de amolecimento - penetração - recuperação elástica	NBR 15235 ⁽²⁴⁾ NBR 6560 ⁽²¹⁾ NBR 6576 ⁽¹⁹⁾ NBR 15086 ⁽²²⁾			



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	32 de 41

MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1.2 Agregado Graúdo				
Abrasão Los Angeles	NBR NM 51 ⁽¹⁾	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	< 50%
Se abrasão Los Angeles for superior a 50%, verificar degradação do agregado após compactação Marshall	DNER ME 401 ⁽²⁾	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	Se apresentarem desempenho satisfatório em utilização anterior e $ID_{ml} \leq 5\%$ $ID_m \leq 8\%$
Índice de forma e partículas lamelares	NBR 6954 ⁽³⁾	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.	Resultados individuais	Índice de forma $\geq 0,5$ e Partículas lamelares $\leq 10\%$
Durabilidade com sulfato de sódio, em 5 ciclos	DNER ME 089 ⁽⁴⁾	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.	Resultados individuais	$\leq 12\%$
Adesividade ao ligante betuminoso	NBR 12583 ⁽⁷⁾ e NBR 12584 ⁽⁸⁾	em todo carregamento que cimento asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais.	Resultados individuais	Adesividade satisfatória, Adesividade insatisfatória empregar melhorador
1.3 Melhorador de Adesividade				
Verificação da adesividade	NBR 12583 ⁽⁷⁾ e NBR 12584 ⁽⁸⁾	1 ensaio logo após o emprego do melhorador de adesividade	Resultados individuais	Adesividade satisfatória
1.4 Agregado Miúdo				
Equivalente Areia de cada fração do agregado miúdo	NBR 12052 ⁽⁵⁾	1 ensaio por jornada de trabalho e sempre que houver variação da natureza do agregado	Resultados individuais	$\geq 55\%$



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	33 de 41

MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
2.1 Temperaturas				
Temperatura nos silos quentes	Termômetro bimetálico com precisão de 2°C	2 determinações de cada silo por jornada de 8 h de trabalho	Resultados individuais	Deve ser de 10 a 15 °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 x temperatura definida na dosagem e Inferior a 177 °C
Temperatura da massa asfáltica, na saída da usina	Termômetro bimetálico com precisão de 5°C	Determinação de todo caminhão carregado na saída da usina	Resultados individuais	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
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				



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	34 de 41

MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2.2 Granulometria dos Agregados				
Granulometria do agregado, de cada silo quente, ou frio (usina tipo tambor-secador-misturador)	NBR NM 248 ⁽²⁵⁾	2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ 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 (filer)	NBR NM 248 ⁽²⁵⁾	1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ 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
2.3 Quantidade de Ligante, Granulometria da Mistura, Porcentagem de Vazios, Estabilidade, Fluência e Resistência a Compressão Diametral Estática				
Extração de ligante	ASTM D 6307 ⁽²⁶⁾ ou DNER ME 053 ⁽²⁷⁾ ou ASTM D 2172 ⁽²⁸⁾	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina Quando houver indícios de falta e excesso no teor de betume No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,3% do teor ótimo de projeto



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	35 de 41

MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR NM 248 ⁽²⁵⁾	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho.	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ 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
Moldagem de corpos-de-prova Marshall, no mínimo 6 corpos-de-prova com 75 golpes, para as determinações abaixo	NBR 12891 ⁽⁹⁾	Moldagem 2 vezes por jornada de 8 h de trabalho	-	-
Volume de Vazios totais Vv (%)	NBR 12891 ⁽⁹⁾	2 determinações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Camada de rolamento e reperfilagem –(3 a 5)%
Relação de Betume Vazios - RBV (%)				Camada de binder (4 a 6)%
Fluência				Camada de Rolamento e reperfilagem (65 a 80)% Camada de binder (65 a 75) % 8 a 16 (0,01") 2 a 4 (mm)
Estabilidade min., KN (75 golpes no Ensaio Marshall)	NBR 12891 ⁽⁹⁾	2 determinações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Unilateral $\bar{X} - KS \geq \text{LIE}$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	≥ 8
Resistência a compressão diametral estática a 25° C, MPa, mínima	NBR 15087 ⁽¹¹⁾	2 determinações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Unilateral $\bar{X} - KS \geq \text{LIE}$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Camada de rolamento e reperfilagem $\geq 0,80$ Camada de binder $\geq 0,65$



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	36 de 41

MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUENCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
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 5°C	De todo caminhão carregado que chegar à pista	Resultados Individuais	Poderá 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		Dentro da faixa de tolerância para compactação da massa asfáltica
3.2 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de ligante	ASTM D 6307 ⁽²⁶⁾ ou DNER ME 053 ⁽²⁷⁾ ou ASTM D 2172 ⁽²⁸⁾	2 extrações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$	± 0,3% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR NM 248 ⁽²⁵⁾	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	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
Extração de amostra indeformada Determinar a densidade aparente do corpo de prova de cada corpo de prova extraído e correspondente e o grau de compactação	Extração com sonda rotativa DNER ME 117 ⁽¹⁵⁾	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada	Média $GC_1 = \frac{100 \times d_{pista}}{d_{projeto}}$ ou $GC_2 = \frac{100 \times d_{pista}}{d_{mt}}$	O grau de compactação é aceito se: a média de GC ₁ ≥ 97% ou a média de GC ₂ ≥ 92%.



MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	37 de 41

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
4.1 Geométrico				
Determinação da espessura através de corpos de prova extraídos.	Extração com sonda rotativa, e determinação da espessura com paquímetro	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada.	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE \text{ e}$ $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	$\pm 5\%$ da espessura de projeto e não possuir valores individuais fora do intervalo de $\pm 10\%$ em relação da espessura de projeto
Espessura	Relocação e nivelamento topográfico	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários, camada de rolamento A cada 20 m, no eixo, bordas e trilhas de roda, camada de ligação	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE \text{ e}$ $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	$\pm 5\%$ da espessura de projeto e não possuir valores individuais fora do intervalo de $\pm 10\%$ em relação da espessura de projeto
Cota			Resultados individuais	- 2cm a +1 cm da cota de projeto
Largura da plataforma, desvios dos alinhamentos	Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados Individuais	No máximo + 5 cm



CÓDIGO	REV.
PMH-PAV-001/19	A
EMIÇÃO	FOLHA
Mar/19	38 de 41

MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

/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
Irregularidade longitudinal, para camada de rolamento dos pavimentos novos	DNER PRO 164 ⁽²⁹⁾ DNER PRO 182 ⁽³⁰⁾ DNER PRO 173 ⁽³¹⁾	Em cada faixa de rolamento, determinado a cada trecho de 320 m, ou nos locais indicados pela fiscalização		QI ≤ 35 contagens/km
De modo geral as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências. A superfície deve apresentar desempenada, não deve conter marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações de variações decorrentes da carga da vibroacabadora				
5. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA				
Determinar a macrotextura, para camadas de rolamento, através do ensaio de macha de areia	ASTM E 1845 ⁽³²⁾	Uma determinação a cada 100 m	Resultados individuais	Altura da areia situada entre 0,6 mm a 1,2 mm
6. DEFLEXÕES				
Determinação deflectométrica, D ₀ e D ₂₅	Viga Benckelman DNER ME 24 ⁽³³⁾ Ou FWD DNER PRO 273 ⁽³⁴⁾	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D ₀ ; A cada 80 m determinar D ₂₅	Controle Unilateral $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada sub-trecho deve ser a estabelecida em projeto



MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Tabela B-1 – Controle Estatístico

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

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

N	K	K1	N	K	K1	N	K	K1
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



MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO

Características	Unidades	Limites				Métodos	
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1 mm	30-45	50-70	85-100	150-200	NBR 6576 ⁽¹⁹⁾	D 5 ⁽³⁷⁾
Ponto de amolecimento, mín.	°C	52	46	43	37	NBR 6560 ⁽²¹⁾	D 36 ⁽³⁸⁾
Viscosidade Saybolt-Furol	s					NBR 14950 ⁽¹⁷⁾	E 102 ⁽³⁹⁾
- a 135 °C, mín.		192	141	110	80		
- a 150 °C, mín.		90	50	43	36		
- a 177 °C, mín.		40-150	30-150	15-60	15-60		
Viscosidade Brookfield	cP					-	D 4402 ⁽⁴⁰⁾
- a 135 °C, SP 21 mín. 20 rpm		374	274	214	155		
- a 150 °C, SP 21 mín.		203	112	97	81		
- a 177 °C, SP 21 mín.		76-285	57-285	28-114	28-114		
Índice de susceptibilidade térmica ¹		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a 100(+0,7)		
Ponto de fulgor, min.	°C	235	235	235	235	NBR 11341 ⁽²⁰⁾	D 92 ⁽⁴¹⁾
Solubilidade em tricloroetileno, min.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855 ⁽³⁵⁾	D 2042 ⁽⁴²⁾
Ductilidade a 25°C, min.	cm	60	60	100	100	NBR 6293 ⁽³⁶⁾	D 113 ⁽⁴³⁾
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163°C, 85 min							
- Variação em massa ² , Max.	%	0,5	0,5	0,5	0,5	-	D 2872 ⁽⁴⁴⁾
- Ductilidade a 25°C, min	cm	10	20	50	50	NBR 6293 ⁽³⁶⁾	D 113 ⁽⁴³⁾
- Aumento do ponto de amolecimento, max	°C	8	8	8	8	NBR 6560 ⁽²¹⁾	D 36 ⁽³⁸⁾
- Penetração retida ³ , min.	%	60	55	55	50	NBR 6576 ⁽¹⁹⁾	D 5 ⁽³⁷⁾

Observações:

$$^1 \text{ Índice de Susceptibilidade Térmica} = \frac{(500) (\log \text{PEN}) + (20) (T^{\circ}\text{C}) - 1951}{120 - (50) \log \text{PEN} + (T^{\circ}\text{C})}$$

onde: (T°C) = ponto de amolecimento; PEN = penetração a 25°C, 100 g, 5 seg.

$$^2 \text{ A variação em massa (\%)} \text{ é definida como: } AM = \frac{M_{\text{inicial}} - M_{\text{final}}}{M_{\text{final}}} \times 100$$

onde: M_{inicial} = massa antes do ensaio RTFOT; M_{final} = massa após o ensaio RTFOT

$$^3 \text{ A penetração retida é definida como: } \text{PEN retida} = \frac{\text{PEN}_{\text{final}}}{\text{PEN}_{\text{inicial}}} \times 100$$



MUNICÍPIO DE HORTOLÂNDIA

onde: $PEN_{inicial}$ = penetração antes do ensaio RTFOT; PEN_{final} = penetração após o ensaio RTFOT

ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POLÍMERO

Características	Unidades	Relação ponto de amolecimen- to/recuperação elástica (°C/%)				Método
		50/65	55/75	60/85	65/90	ABNT
Ensaios na Amostra Virgem:						
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1 mm	45-70	45-70	40-70	40-70	NBR 6576 ⁽¹⁹⁾
Ponto de amolecimento, mín.	°C	50	55	60	65	NBR 6560 ⁽²¹⁾
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	235	235	NBR 11341 ⁽²⁰⁾
Viscosidade Brookfield a 135°C, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	1500	3000	3000	3000	NBR 15184 ⁽¹⁸⁾
Viscosidade Brookfield a 135°C, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	1000	2000	2000	2000	NBR 15184 ⁽¹⁸⁾
Viscosidade Brookfield a 135°C, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	500	1000	1000	1000	NBR 15184 ⁽¹⁸⁾
Estabilidade à estocagem, máx.	°C	5	5	5	5	NBR 15166 ⁽²³⁾
Recuperação elástica a 20°C, 20 cm, mín.	%	65	75	85	90	NBR 15086 ⁽²²⁾
Ensaios no Resíduo do RTFOT:						
Variação de massa, máx.	%	1	1	1	1	NBR 15235 ⁽²⁴⁾
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	°C	6	7	7	7	NBR 6560 ⁽²¹⁾
Redução do ponto de amolecimento, máx.	°C	3	5	5	5	NBR 6560 ⁽²¹⁾
Porcentagem de penetração original, mín.	%	60	60	60	60	NBR 6576 ⁽¹⁹⁾
Porcentagem de recuperação elástica original a 25°C, mín.	%	80	80	80	80	NBR 15086 ⁽²²⁾