TÍTULO

MISTURA ASFÁLTICA MORNA

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Concreto asfáltico. Pavimento asfáltico. Mistura Morna.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

ECORODOVIAS. **ET-ECS.000.000-PAV/019**. Pavimentação - Especificação Técnica para Execução de Mistura Asfáltica Morna. São Paulo, 2020.

MOTTA, R. S. **Estudos de misturas asfálticas mornas em revestimentos de pavimentos para redução de emissão de poluentes e de consumo energético**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 DEFINIÇÃO 4
3 MATERIAIS 4
3.1 Cimento Asfáltico 4
3.2 Agregados 5
3.3 Composição da Mistura 6
4 EQUIPAMENTOS 10
4.1 Depósito para Ligante Asfáltico 10
4.2 Depósito para Agregados 10
4.3 Silos para Agregados 10
4.4 Usina para Misturas Asfálticas 11
4.5 Caminhão para Transporte da Mistura 12
4.6 Equipamento para Distribuição e Acabamento 12
4.7 Equipamento para Compactação 12
4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios 13
5 EXECUÇÃO 13
5.1 Segmento Experimental 13
5.2 Condições Gerais 13
5.3 Preparo da Superfície 13
5.4 Produção da mistura asfáltica morna 14
5.5 Transporte da Mistura Asfáltica 14
5.6 Distribuição da Mistura 15
5.7 Compactação da Mistura 15
5.8 Juntas 16
5.9 Abertura ao Tráfego 17
6 CONTROLE 17
6.1 Controle dos Materiais 17
6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica 18
6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica 19
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 20
6.5 Condições de Segurança 20
6.6 Deflexões 20
7 ACEITAÇÃO 21

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

7.1 Materiais 21
7.2 Produção 21
7.3 Execução 22
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 25
8.4 Execução 26
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 27
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 27
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 30
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 38
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO 40
ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POLÍMERO 42
ANEXO E – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO COM BORRACHA 44

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição de mistura asfáltica morna em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Mistura asfáltica morna é uma mistura com as mesmas características volumétricas do concreto asfáltico usinado a quente, porém, produzida em temperaturas menores com redução de 25ºC ou mais. É composta de agregado graduado, cimento asfáltico modificados ou não por polímero ou borracha com aditivos orgânicos (ceras), agentes surfactantes, mistos (aditivo orgânico com agentes surfactantes) e espuma de asfalto (com adição de água ou zeólitas), e se necessário, material de enchimento, filer, e melhorador de adesividade, espalhada e compactada em temperaturas menores que o concreto asfáltico usinado a quente. A mistura asfáltica morna pode ser empregada como revestimento, camada de ligação, reperfilagem, regularização ou reforço estrutural do pavimento.

3 MATERIAIS

Os materiais constituintes da mistura asfáltica morna são: agregado graúdo, agregado miúdo, filer, ligante asfáltico modificado por polímero ou por borracha com aditivos, cal hidratada tipo CH-1 ou cimento.

Os materiais utilizados devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações aprovadas pelo DER/SP.

3.1 Cimento Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes cimentos:

- CAP 30-45 ou CAP 50-70, classificação por penetração, atendendo à Resolução da ANP nº 19/2005 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP; apresentada no anexo C, ou à especificação que estiver em vigor na época de sua utilização;
- cimentos asfálticos modificados por polímero que atendam à Resolução ANP nº 32/2010, que deve atender o especificado no anexo D, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.
- cimentos asfálticos modificados por borracha, que deve atender o especificado na norma DNIT 111/2009 – EM [32].

Todo o carregamento de cimento asfáltico que chegar à 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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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.

O Fornecedor deve indicar, em seu certificado, o intervalo de temperatura de mistura e a mínima de descarga na acabadora.

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 a 50%, 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;

c) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020(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. Deve ser atendido, ainda, o seguinte requisito:

a) o equivalente de areia conforme NBR 12052(4) da mistura dos agregados miúdos, 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.

No projeto da mistura asfáltica morna deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida, conforme NBR 15617(9) onde a mistura asfáltica deve apresentar um valor de RRT mínimo de 75%.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 1 – Granulometria do Filer

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando Mínima
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.

3.2.5 Aditivos

Os aditivos para utilização em mistura asfáltica morna podem ser orgânicos (ceras), agentes surfactantes, mistos (aditivo orgânico com agentes surfactantes) e espuma de asfalto (com adição de água ou zeólitas). Os aditivos possibilitam que o ligante asfáltico possa recobrir adequadamente os agregados quando usinado a baixas temperaturas.

3.3 Composição da Mistura

A faixa granulométrica a ser empregada deve ser selecionada em função da utilização prevista para a mistura asfáltica morna e indicada no projeto executivo de pavimentação. Caso a mistura asfáltica seja utilizada como camada de rolamento, deve-se conferir especial atenção à seleção da granulometria de projeto, tendo em vista a obtenção de rugosidade que assegure adequadas condições de segurança ao tráfego.

A composição da mistura deve satisfazer aos requisitos apresentados nas Tabelas 2 e 3. Nesta, são apresentadas as faixas granulométricas de acordo com o tamanho nominal máximo, definido como o diâmetro da peneira imediatamente superior àquela que retém mais que 10% dos agregados.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 2 – Composição do Projeto das Misturas Asfálticas Densas

Peneira de Malha Quadrada		Designação					Tolerâncias
		DER 25	DER 19	DER 12,5	DER 9,5	DER 4,75	
ASTM	mm	% em Massa, Passando					
2”	50,0	-	-	-	-	-	-
1 ½”	37,5	100	-	-	-	-	± 7%
1”	25,0	90 – 100	100	-	-	-	± 7%
¾”	19,0	70 – 90	90 – 100	100	-	-	± 7%
½”	12,5	45 – 75	70 – 90	90 – 100	100	-	± 7%
3/8”	9,5	35 – 65	60 – 80	70 – 90	90 – 100	100	± 7%
Nº 4	4,75	25 – 50	35– 55	45 – 70	50 – 70	80 – 100	± 5%
Nº 10	2,0	15 – 40	20 – 40	25 – 50	25 – 45	50 – 90	± 5%
Nº 40	0,42	7 – 20	10 – 20	10 – 25	12 – 25	20 – 50	± 5%
Nº 80	0,18	5 – 15	5 – 15	5 – 15	8 – 17	7 – 28	± 3%
Nº 200	0,075	2 – 8	2 – 8	2 – 10	4 – 10	3 – 10	± 2%
Camadas		Ligação	Ligação ou Rolamento	Rolamento	Rolamento ou Reperfilagem (*)	Reperfilagem (*)	

* Reperfilagem: camada de regularização de deformações de pequena amplitude, sem função estrutural.

Para os casos de misturas asfálticas tipo *Gap Graded*, a composição deve satisfazer aos requisitos apresentados na Tabela a seguir.

Tabela 3 – Composição do Projeto das Misturas Asfálticas tipo *Gap Graded*

Peneira de Malha Quadrada		Designação			Tolerâncias
		I	II	III	
ASTM	mm	% em Massa, Passando			
5/8"	15,9	100	100	100	-
1/2"	12,7	90 - 100	100	100	± 7%
3/8"	9,52	78 - 92	80 - 100	95 - 100	± 6%
Nº 4	4,8	28 - 42	25 - 40	42 - 55	± 7%
Nº 8	2,40	15 - 25	19 - 32	19 - 32	± 5%
Nº 16	1,20	-	16 - 22	16 - 22	± 5%
Nº 30	0,60	10 - 20	10 - 18	10 - 18	± 4%
Nº 50	0,30	-	8 - 13	8 - 13	± 4%
Nº 100	0,15	-	6 - 10	6 - 10	± 2%
Nº 200	0,075	2 - 7	4 - 7	4 - 7	± 2%
Espessura da camada (cm)		3 a 5	2,5 a 4	2 a 3	

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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

a) o tamanho nominal máximo do agregado da faixa adotada deve ser inferior a 1/3 da espessura da camada compactada;

b) a fração retida entre duas peneiras consecutivas, excetuadas 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 nas Tabelas 2 e 3;

d) o projeto da mistura pela dosagem Marshall deve ser refeito todas as vezes que ocorrer alteração das características de algum dos materiais constituintes da mistura, a energia de compactação determinada através do número de golpes deve ser definida em projeto. O número de golpes padrão é 75 golpes por face do corpo de prova, podendo ser especificadas outras energias;

e) os parâmetros obtidos no projeto de mistura asfáltica do DER/SP ME-DE-P00/010[27] para estabilidade, fluência, porcentagem de vazios e relação betume vazios devem atender aos limites apresentados nas Tabelas 4 e 5;

f) o teor ótimo de ligante do projeto de mistura asfáltica deve atender a todos os requisitos das Tabelas 4 e 5;

Tabela 4 – Requisitos para o Projeto Mistura Asfáltica Densa

Características	Método de Ensaio	Camadas de Rolamento e Reperfilagem	Camada de Ligação
Estabilidade mínima, kN (75 golpes no ensaio Marshall)	DNER 043 ME[14]	8	8
Fluência (mm) Fluência (0,01”)	DNER 043 ME[14]	2,0 a 4,0 8 a 16	2,0 a 4,0 8 a 16
Volume de Vazios (%)		3 a 5	3 a 5
Relação Betume Vazios – RBV (%)		65 a 78	65 a 75
Vazios do agregado mineral – VAM (%)		Ver Tabela 6 e 7	Ver Tabela 6 e 7
Resistência à Tração por Compressão Diametral Estática a 25ºC, mínima (Mpa)	NBR 15087[8]	0,80	0,80
Resistência a danos por umidade induzida, mínimo (%)	NBR 15617[9]	75	75

g) recomenda-se que a relação filer/asfalto em massa esteja compreendida entre 0,6 e 1,4;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 5 – Requisitos para o Projeto Mistura Asfáltica tipo *Gap Graded*

Ensaios	Unidade	Limites	
		Mínimo	Máximo
Vazios Cheios de Asfalto (VCA) (Relação Volumétrica) (MS-4 ASPHALT INSTITUTE)	%	50	75
Relação Filer x Ligante		0,6	1,6
Desgaste Cântabro	%		15
Desgaste Cântabro Envelhecido *	%		20
Resistência à tração por compressão diametral	MPa	0,5	
Danos por umidade induzida NBR 15167	%	75	
Variação no teor de ligante	%		0,2
Volume de Vazios	%	4,5	5,0
*Envelhecimento do corpo de prova – 7 dias (168 horas) a 60 ºC			

h) os vazios do agregado mineral, VAM, devem atender aos valores mínimos definidos em função do tamanho nominal máximo do agregado, conforme Tabelas 6 e 7;

i) determinação da densidade efetiva através da densidade máxima medida pelo método Rice, conforme DNIT 427/2020 - ME[10].

Tabela 6 – Requisitos para Vazios do Agregado Mineral – VAM - Mistura Asfáltica Densa

Tamanho Nominal Máximo do Agregado (mm)	VAM Mínimo (%)		
	Volume Vazios (%)		
	3	4	5
25	11	12	13
19	12	13	14
12,5	13	14	15
9,5	14	15	16
4,75	16	17	18

Tabela 7 – Requisitos para Vazios do Agregado Mineral – VAM - Mistura Asfáltica tipo *Gap Graded*

Peneira	VAM mínimo
3/8"	16,2
4"	18,3

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 mistura asfáltica morna são compostos das seguintes unidades:

4.1 Depósito para Ligante Asfáltico

Os depósitos para o ligante asfáltico 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 vapor, 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) os depósitos devem possuir um sistema mecânico de agitação do ligante em 2 pontos distintos do tanque;

c) 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;

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

e) 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

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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.

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 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 filer. Estes sistemas devem ser sincronizados com o da correia principal de agregados do silo frio.

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

Ainda para as usinas de fluxo contínuo, recomenda-se que haja um misturador externo.

Recomenda-se que as usinas tenham tanque de armazenamento de cimento asfáltico vertical. Os tanques da usina, tanto horizontal quanto vertical, devem possuir agitadores.

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 filer. Estes sistemas devem ser sincronizados com o da correia principal de agregados do silo frio.

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

Ainda para as usinas de fluxo contínuo, recomenda-se que haja um misturador externo.

Recomenda-se que as usinas tenham tanque de armazenamento de cimento asfáltico vertical. Os tanques da usina, tanto horizontal quanto vertical, devem possuir agitadores.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 semiautomática 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 para o transporte da mistura asfáltica morna 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 regulagem de pressão e/ou 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 atinja o grau de compactação exigido, enquanto está se encontrar em condições de trabalhabilidade.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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, rodos e ancinhos para operações eventuais.

c) vassouras rotativas, compressores de ar para limpeza da pista.

d) caminhão tanque irrigador para limpeza de pista.

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de mistura asfáltica morna, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerada experimental, para obtenção dos objetivos:

a) verificar se a mistura produzida na usina apresenta características que atendam as indicadas no projeto. Caso isso não ocorra, realizar um novo estudo para este fim;

b) definir o processo construtivo da camada (distribuição da massa, temperatura de início de compactação, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada integra de mistura asfáltica, assim como seu grau de compactação;

c) Verificar se os equipamentos a serem utilizados na obra estão adequados, em condições de uso e suficientes para a execução da mesma (checklist dos equipamentos).

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de mistura asfáltica morna, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.9 da especificação.

5.2 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

5.3 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.

Caso tenha ocorrido chuva previamente à aplicação da mistura asfáltica, a camada de apoio deverá estar seca não apenas na superfície, como principalmente no interior da camada subjacente.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

A 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.

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

5.4 Produção da mistura asfáltica morna

A mistura asfáltica morna deve ser produzida em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado. A usina deve ser calibrada, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.

Os agregados, principalmente os finos, devem ser homogeneizados com a pá carregadeira antes de serem colocados nos silos frios.

Para o caso de usinas gravimétricas, as aberturas dos silos frios devem ser ajustadas de acordo com a granulometria da dosagem e dos agregados para evitar sobras nos silos quentes.

A temperatura do ligante asfáltico deve ser determinada para cada tipo de ligante, já adicionado o aditivo para a mistura morna, em função da relação temperatura-viscosidade.

A temperatura do cimento asfáltico modificado por polímero ou borracha 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 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.

5.5 Transporte da Mistura Asfáltica

A mistura asfáltica morna produzida deve ser transportado da usina ao local de aplicação, em caminhões, 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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

5.6 Distribuição da Mistura

A distribuição da mistura asfáltica morna 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 se destina 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.

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

A descarga do material da vibro-acabadora deve ser contínua, de modo que trabalhe sempre com o reservatório meio cheio. O caminhão deve ser empurrado pela acabadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.

A vibro-acabadora deve sempre ser abastecida exclusivamente com o material da caçamba, sendo vedado o aproveitamento do material das abas entre as cargas.

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.

Quando for utilizado o prolongamento da mesa, devem ser instaladas as respectivas extensões da “rosca sem fim”, de modo que o término dela fique situado a aproximadamente 20,0 cm antes da lateral da mesa deslizante, de forma a evitar segregação.

5.7 Compactação da Mistura

A rolagem tem início logo após a distribuição mistura asfáltica. 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 está 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. No caso da mistura asfáltica morna considera-se uma redução de no mínimo 25 ^{o}C em comparação com o concreto asfáltico usinado a quente.

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

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

a) inicia-se a rolagem com uma passada com rolo liso;

b) logo após, a passada com rolo liso, inicia-se a rolagem com uma passada do rolo pneumático atuando com baixa pressão. No caso de misturas asfálticas tipo *Gap Graded* não é permitida utilização de rolos de pneus, apenas rolo tandem vibratório.

c) à medida que a mistura for sendo compactada e houver consequente crescimento de sua resistência, seguem-se coberturas com o rolo pneumático, com incremento gradual da pressão;

d) o acabamento da superfície e correção das marcas dos pneus deve ser feito com o rolo tandem, sem vibrar;

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

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

g) 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;

h) 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 permitido que escorra pelo tambor e acumule-se na superfície da camada.

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.

5.8 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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

5.9 Abertura ao Tráfego

A camada de mistura asfáltica 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

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

a) um ensaio de penetração a 25 ºC, conforme NBR 6576[15];
b) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560[17];
c) um ensaio de viscosidade Brookfield, conforme NBR 15184[13];
d) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341[16];
e) um ensaio determinação de formação de espuma, quando aquecido a 175 ºC;
f) um ensaio de recuperação elástica, conforme NBR 15086[18].

Para cada 100 t:

a) um ensaio de estabilidade à estocagem, conforme NBR 15166[19];
b) um ensaio do resíduo no RTFOT: variação em massa conforme NBR 15235[20], ponto de amolecimento conforme NBR 6560[17], penetração conforme NBR 6576[15] e recuperação elástica conforme NBR 15086[18].

Para todo carregamento de cimento asfáltico, que chegar à 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 no agregado graúdo:

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 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, 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;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

d) a adesividade dos agregados ao ligante asfáltico, conforme NBR 12583[(6)] e NBR 12584[(7)]; 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[(4)]; 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.

6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica

O controle da produção da mistura asfáltica 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 17054[(21)];

b) granulometria do filer: 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR 17054[(21)];

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

a) extração de asfalto, conforme o método de ensaio DER/SP ME-DE-P00/011[(28)] , 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;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 17054[21];

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 Teor de Ligante, Granulometria da Mistura e Densidade Máxima Medida (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 asfalto, conforme o método de ensaio ME-DE-P00/011[28]

b) análise granulométrica da mistura de agregados, com material resultante das extrações da alínea a, de no mínimo 1.000 g, conforme NBR 17054[21]; 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho;

c) densidade máxima medida (Rice), conforme método de ensaio DNIT 427/2020 - ME [10], 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 DNIT 428/2022 - ME [11].

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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 asfáltica 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 de ligação 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 da camada de rolamento:

a) 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;

b) 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 adequados conforme indicado na IP-DE-P00/001[29] e o IRI – *International Roughess Index* será determinado para cada trecho de 200 metros ou nos locais indicados pela fiscalização.

6.5 Condições de Segurança

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

Tais condições devem seguir os parâmetros definidos no projeto executivo de pavimentação.

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[23], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[24].

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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.

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 ao estabelecido no item 3.2.1;

b) os resultados individuais de equivalente areia sejam superiores a 55%.

7.2 Produção

7.2.1 Temperaturas

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

a) as temperaturas individuais, medidas na linha de alimentação do cimento asfáltico, efetuadas ao longo do dia de produção, encontrarem-se situadas na faixa desejável, definida em projeto; 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 os especificados em projeto;

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 aplicada, no decorrer da rolagem, propicie condições adequadas de compactação.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 Teor 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 ± 0,2 pontos percentuais do teor ótimo de ligante do projeto da mistura.

7.3 Execução

7.3.1 Compactação

O grau de compactação de cada segmento avaliado é obtido através do cálculo do valor de mínimo 4 amostras. O grau de compactação individual é determinado através da seguinte equação:

$$GC = \frac{100 \times d_{pista}}{G_{mm}}$$

Sendo:

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

G_{mm} = densidade máxima medida (Rice) da amostra coletada da vibro-acabadora;

O grau de compactação é aceito se o valor estatístico calculado for: GC ≥ 92% e ≤ 97%.

7.3.2 Geometria

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

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

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) não apresente valores individuais de cota fora do intervalo de +2 a -1cm em relação à cota prevista em projeto;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

e) 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 IRI conforme indicado na IP-DE-P00/001[(29)];

e) se os valores de IRI forem superiores aos especificados no projeto executivo de pavimentação, 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.

7.3.4 Condições de Segurança

A altura da areia determinada no ensaio de mancha de areia deve ser maior ou igual a 0,4 mm ou o que estiver 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 da mistura asfáltica.

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 à execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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;

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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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;

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 8 a seguir:

Tabela 8 – 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 das 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 nas 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;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 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 na camada de mistura asfáltica 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.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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 incluem 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.XX.XX.XX - Mistura asfáltica morna	m^3

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16974**. Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à 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, 2019.

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

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

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

10 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.

11 ____. **DNIT 428/2022 - ME**. Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova -– Método de ensaio. Brasília, 2022.

12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14950**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2003.

13 ____. **NBR 15184**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2004

14 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 043**. Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall. 1995.

15 ____. **NBR 6576**. Materiais betuminosos - Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

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

17 ____. **NBR 6560**. Materiais betuminosos – Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2016

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

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

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

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

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 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

24 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer – FWD”. Rio de Janeiro, 1996.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

25 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14855**. Materiais betuminosos - Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2015.

26 ____. **NBR 6293**. Materiais betuminosos – Determinação da ductilidade. Rio de Janeiro, 2015.

27 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ME-DE-P00/010**. Projeto de Pavimentação. São Paulo, 2021.

28 ____. **ME-DE-P00/011**. Determinação do teor de asfalto por meio do forno NCAT (*Ignition Method*). São Paulo, 2021.

29 ____. **IP-DE-P00/001**. Projeto de Pavimentação. São Paulo, 2021.

30 NATIONAL LABORATORY OF TRANSPORTATION. **NLT 329**. Recuperación elastica por torsión de betunes asfálticos modificados. Madrid, 1991.

31 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2196**. Standard Test Method for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational (Brookfield Type) Viscometer. Philadelphia, 2020.

32 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES **DNIT 111/2009 - EM**. Pavimentação flexível - Cimento asfáltico modificado por borracha de pneus inservíveis pelo processo via úmida, do tipo “Terminal Blending” - Especificação de materia. Rio de Janeiro, 2009.

33 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6296**. Produtos betuminosos semissólidos — Determinação da massa específica e densidade relativa. Rio de Janeiro, 2012.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

MINUTA

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

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, 25 ºC)	NBR 6576[15]	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados Individuais	Ver especificação dos Cimentos Asfálticos – anexo C, ou regulamentação em vigor
Ponto de Amolecimento	NBR 6560[17]			
Viscosidade de Saybolt-Furol	NBR 14950[12]			
Ponto de Fulgor	NBR 11341[16];			
Formação de Espuma,	Aquecido a 177 ºC			
Índice de Susceptibilidade Térmica	NBR 6576[15] NBR 6560[17]	1 ensaio para cada 500 t		
Viscosidade Saybolt-Furol a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura	NBR 14950[12]			
1.2 Cimento Asfáltico Modificados por Polímero				
Penetração	NBR 6576[15]	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
Ponto de Amolecimento	NBR 6560[17]			
Viscosidade *Brookfield*	NBR 15184[13]			
Ponto de fulgor	NBR 11341[16]			
Formação de espuma	Aquecido a 175 ºC			
Recuperação elástica	NBR 15086[18]			
Estabilidade à estocagem	NBR 15166[19];	1 ensaio para cada 500t	Resultados individuais	
Ensaios do resíduo no RTFOT: - Variação em massa - Ponto de amolecimento - Penetração - Recuperação elástica	NBR 15235[20] NBR 6560[17] NBR 6576[15] NBR 15086[18]			

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
1.3 Agregado Graúdo				
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	< 50%
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%
Adesividade ao ligante betuminoso	NBR 12583(6) e NBR 12584(7)	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
1.4 Melhorador de Adesividade				
Verificação da adesividade	NBR 12583(6) e NBR 12584(7)	1 ensaio logo após o emprego do melhorador de adesividade	Resultados individuais	Adesividade satisfatória
1.5 Agregado Miúdo				
Equivalente Areia de cada fração do agregado miúdo	NBR 12052(4)	1 ensaio por jornada de trabalho e sempre que houver variação da natureza do agregado	Resultados individuais	≥ 55%

/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. CONTROLE DA PRODUÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
2.1 Temperaturas				
Temperatura nos silos quentes	Termômetro bimetálico com precisão de 2 ºC	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 ºC	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 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				

/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
2.2 Granulometria dos Agregados				
Granulometria do agregado, de cada silo quente, ou frio (usina tipo tambor-secador-misturador)	NBR 17054[21]	2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ 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 (filer)	NBR 17054[21]	1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ 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
2.3 Teor de Ligante, Granulometria da Mistura, Porcentagem de Vazios e Resistência a Compressão Diametral Estática				
Extração de ligante	ME-DE-P00/011[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 $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,2% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054[21]	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

/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	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 ºC	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	ME-DE-P00/011[28]	2 extrações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,2% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054[21]	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho		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 DNIT 428/2022 - ME[11]	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada	Cálculo Estatístico $GC = \frac{100 x d_{pista}}{Gmm}$	O grau de compactação é aceito se: GC ≥ 92% e ≤ 97%.

/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
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 $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ 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
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 $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ 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
Cota			Resultados individuais	- 2 cm 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

/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.

/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	IP-DE-P00/001[29]	Em cada faixa de rolamento, determinado a cada trecho de 200 m, ou nos locais indicados pela fiscalização		Conforme projeto
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	NBR 16504[22]	Uma determinação a cada 100 m	Resultados individuais	Altura da mancha de areia maior que 0,4 mm ou conforme projeto
6. DEFLEXÕES				
Determinação deflectométrica, D_0 e D_{25}	Viga Benckelman DNER ME 024[23] Ou FWD DNER PRO 273[24]	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 $X = \overline{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida 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 4- Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Ou $X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 – Controle pelo limite inferior e superior	$X = \overline{X} - K_1S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1S \leq LSE$	

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

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	Limites				Métodos
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	30-45	50-70	85-100	150-200	NBR 6576(15)
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	52	46	43	37	NBR 6560(17))
Viscosidade Saybolt-Furol	s					NBR 14950(12)
- A 135 ºC, mín.		192	141	110	80	
- A 150 ºC, mín.		90	50	43	36	
- A 177 ºC, mín		40-150	30-150	15-60	15-60	
Viscosidade *Brookfield*	cP					NBR 15184(13)
- A 135 ºC, SP 21 mín. 20 rpm		374	274	214	155	
- A 150 ºC, SP 21 mín.		203	112	97	81	
- A 177 ºC, 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.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341(16)
Solubilidade em tricloroetileno, min.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855(25)
Ductilidade a 25ºC, min.	cm	60	60	100	100	NBR 6293(26)
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 85 min						
- Variação em massa[2], Max.	%	0,5	0,5	0,5	0,5	-
- Ductilidade a 25ºC, min	cm	10	20	50	50	NBR 6293(26)
- Aumento do ponto de amolecimento, max	ºC	8	8	8	8	NBR 6560(17)
- Penetração retida[3], min.	%	60	55	55	50	NBR 6576(15)

Observações:

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

onde: (TºC) = ponto de amolecimento; PEN = penetração a 25ºC, 100 g, 5 segs.

[2] A variação em massa (%) é definida como: $AM = \frac{M_{inicial}-M_{final}}{M_{final}} x100$

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

[3] A penetração retida é definida como: $PEN\ retida = \frac{PEN_{final}}{PEN_{inicial}} x100$

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

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 D – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POLÍMERO

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	Relação ponto de amolecimento/recuperação elástica (ºC/%)				Método
		50/65	55/75	60/85	65/90	ABNT
Ensaios na Amostra Virgem:						
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	45-70	45-70	40-70	40-70	NBR 6576[15]
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	50	55	60	65	NBR 6560[17]
Ponto de fulgor, mín.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341[16]
Viscosidade *Brookfield* a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	1500	3000	3000	3000	NBR 15184[13]
Viscosidade *Brookfield* a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	1000	2000	2000	2000	NBR 15184[13]
Viscosidade *Brookfield* a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	500	1000	1000	1000	NBR 15184[13]
Estabilidade à estocagem, máx.	ºC	5	5	5	5	NBR 15166[19]
Recuperação elástica a 20ºC, 20 cm, mín.	%	65	75	85	90	NBR 15086[18]
Ensaios no Resíduo do RTFOT:						
Variação de massa, máx.	%	1	1	1	1	NBR 15235[20]
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	6	7	7	7	NBR 6560[17]
Redução do ponto de amolecimento, máx.	ºC	3	5	5	5	NBR 6560[17]
Porcentagem de penetração original, mín.	%	60	60	60	60	NBR 6576[15]
Porcentagem de recuperação elástica original a 25ºC, mín.	%	80	80	80	80	NBR 15086[18]

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 E – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO COM BORRACHA

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	Exigência		Método	
	Mínima	Máxima	ABNT	OUTRAS
Viscosidade Brookfield a 175 ºC, cP	800	2000		ASTM D 2196(31)
Penetração, 100 g, 5 s, 25 ºC, 0,1 mm	25	75	NBR 6576(15)	
Ponto de amolecimento, ºC	55	-	NBR 6560(17)	
Recuperação elástica por torção, %	50	-		NLT 329(30)
Ponto de fulgor, ºC	235	-	NBR 11341(16)	
Densidade relativa, 25 ºC	1,00	1,05	NBR 6296(33)	
Ensaio no resíduo do RTFOT				
Variação em massa, %	-	1,0	NBR 15235(20)	
Percentagem de penetração original	50	-		

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.