TÍTULO

PRÉ-MISTURADO A QUENTE

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Pré-misturado. Quente. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA - DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/031**. Pré-Misturado a Quente. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 22/05 17**. Pavimentação: Misturas Asfálticas Abertas Usinadas a Quente. Curitiba, Paraná, 2005.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

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

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 DEFINIÇÃO 4
3 MATERIAIS 4
3.1 Ligante Asfáltico 4
3.2 Agregados 4
3.3 Composição da Mistura 5
4 EQUIPAMENTOS 6
4.1 Depósito para Cimento Asfáltico 6
4.2 Depósito para Agregados 6
4.3 Silos para Agregados 7
4.4 Silos para Agregados 7
4.5 Caminhão para Transporte da Mistura 8
4.6 Equipamento para Distribuição 8
4.7 Equipamento para Compactação 8
4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios 9
5 EXECUÇÃO 9
5.1 Condições Gerais 9
5.2 Preparo da Superfície 9
5.3 Produção do Pré-Misturado a Quente 9
5.4 Transporte do Pré-Misturado a Quente 10
5.5 Distribuição da Mistura 10
5.6 Compactação da Mistura 11
5.7 Juntas 11
5.8 Abertura ao Tráfego 12
6 CONTROLE 12
6.1 Controle dos Materiais 12
6.2 Controle da Produção do Pré-Misturado a Quente 13
6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica 14
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 15
6.5 Deflexões 15
7 ACEITAÇÃO 15
7.1 Materiais 16

MINUTA

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

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

MINUTA

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

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição dos serviços de camadas de ligação e base de pré-misturado a quente, PMQ, em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Pré-misturado a quente, PMQ, é uma mistura executada a quente, em usina apropriada, composta de agregado graduado, cimento asfáltico e, se necessário, melhorador de adesividade, espalhada e compactada a quente, com volume de vazios maior do que 12%. O pré-misturado a quente pode ser empregado como camada de regularização, de ligação, *binder* ou base.

3 MATERIAIS

Os materiais constituintes do pré-misturado a quente são: agregado graúdo, agregado miúdo, ligante asfáltico e, se necessário, melhorador de adesividade. Devem satisfazer as normas pertinentes e as especificações aprovadas pelo DER/SP.

3.1 Ligante Asfáltico

Devem ser empregados cimentos asfálticos de petróleo dos tipos CAP 30-45 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.

Todo o carregamento de ligante 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, correspondentes à data de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a fábrica e o canteiro de obra.

3.2 Agregados

3.2.1 Agregado Graúdo

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

a) desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(1), inferior a 40%;

b) índice de forma, superior a 0,5 conforme DNIT 425/2020 - ME(2);

c) a perda no ensaio de durabilidade, conforme DNER-ME 089(3), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 12%.

MINUTA

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

3.2.2 Agregado Miúdo

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

3.2.3 Melhorador de Adesividade

A adesividade dos agregados ao ligante betuminoso é determinada conforme os métodos NBR 12583[(5)] e NBR 12584[(6)]. Quando não houver boa adesividade deve-se empregar aditivo melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto e repetir os ensaios.

3.3 Composição da Mistura

A faixa granulométrica a ser empregada deve ser selecionada em função da utilização prevista para o pré-misturado a quente. A composição da mistura deve satisfazer aos requisitos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição das Misturas Asfálticas

Peneira de Malha Quadrada		Designação			Tolerâncias
		% em Massa, Passando			
ASTM	mm	I	II	III	
1½”	37,5	100			
1”	25,0	95 - 100	100		± 7%
¾”	19,0	-	-	100	± 7%
½”	12,5	25 - 60	45 - 75	65 - 95	± 7%
3/8”	9,5	-	-	-	± 7%
Nº 4	4,75	0 - 10	5 - 30	5 - 35	± 5%
Nº 10	2,0	0 - 4	0 - 6	0 - 10	± 5%
Nº 200	0,075	0 - 2	0 - 2	0 - 2	± 2%

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

a) o tamanho 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 não deve ser inferior a 4% do total;

c) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer a tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1, porém, respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;

d) a composição da mistura deve satisfazer os requisitos apresentados na Tabela 2, com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria;

e) o teor ótimo de ligante do projeto de mistura asfáltica deve corresponder àquele que atende simultaneamente aos requisitos apresentados na Tabela 2;

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.

e) o projeto de dosagem deve ser refeito todas as vezes que ocorrer alteração de algum dos materiais constituintes da mistura.

Tabela 2 – Requisitos para o Projeto Mistura Asfáltica

Características	Método de Ensaio	Pré-Misturado a Quente
Estabilidade mínima (kN) (75 golpes no ensaio Marshall)	DNER 043 ME(7)	5
Fluência (mm)	DNER 043 ME(7)	2,0 a 4,0
Volume de Vazios (%)		12 a 25
Resistência à Tração por Compressão Diametral Estática a 25ºC, mínima (MPa)	NBR 15087(8)	0,60
Resistência a danos por umidade induzida, mínimo (%)	NBR 15617(9)	60
Variação do teor de ligante em relação ao ótimo (%)		-0,2 a 0,2

4 EQUIPAMENTOS

Antes do início da execução dos serviços todos os equipamentos devem ser examinados e aprovados pelo DER/SP.

Os equipamentos básicos para execução dos serviços de pré-misturado a quente são compostos das seguintes unidades:

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:

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

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

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

4.2 Depósito para Agregados

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

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

MINUTA

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

4.3 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.

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

4.4 Silos para Agregados

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

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

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

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

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

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

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

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

MINUTA

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

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

4.6 Equipamento para Distribuição

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

As vibroacabadoras 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 vibroacabadoras 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 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 esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

MINUTA

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

4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios

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

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

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

5 EXECUÇÃO

5.1 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva. O pré-misturado a quente somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10 ºC.

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, antes da aplicação da mistura.

A imprimação ou pintura de ligação deve ser executada, obrigatoriamente, com a barra espargidora. 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 do pré-misturado a quente.

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

No caso de desdobramento da espessura total do pré-misturado a quente 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 do pré-misturado a quente sobre a pintura de ligação só é permitido após o rompimento definitivo e cura do ligante aplicado.

5.3 Produção do Pré-Misturado a Quente

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

A temperatura do cimento asfáltico empregado na mistura deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta viscosidade *Saybolt Furol* situada dentro da faixa de 95 SSF a 200 SSF, conforme NBR 14950 [(10)]. A temperatura do ligante não deve ser inferior a 120 °C nem exceder 177 °C.

MINUTA

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

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 10 °C a 15 °C acima da temperatura do cimento asfáltico, sem ultrapassar 177 °C.

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

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

5.4 Transporte do Pré-Misturado a Quente

A mistura produzida deve ser transportada da usina ao local de aplicação, em caminhões basculantes atendendo ao especificado no item 4.4.

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

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

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

5.5 Distribuição da Mistura

A distribuição do pré-misturado a quente deve ser feita por equipamentos adequados, conforme especificado no item 4.5.

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 rodos metálicos. Esta alternativa deve ser, no entanto, minimizada, já que o excesso de reparo manual é nocivo à qualidade do serviço. A mistura deve apresentar textura uniforme, sem pontos de segregação.

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

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

MINUTA

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

O 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. A velocidade da acabadora deve estar sempre entre 2,5 e 10,0 m por minuto.

5.6 Compactação da Mistura

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

A prática mais frequente de compactação de misturas asfálticas abertas 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:

a) inicia-se a rolagem com uma passada do rolo pneumático atuando com baixa pressão;

b) 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;

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

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

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

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

g) 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.

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.

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.

Em rodovias de pista dupla é recomendado o uso de duas vibroacabadoras, de modo que os panos adjacentes sejam executados simultaneamente, tanto nas faixas da pista quanto nos acostamentos.

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 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 pré-misturado a quente recém-acabada deve ser liberada ao tráfego somente quando a massa atingir a temperatura ambiente.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento Asfáltico

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

a) um ensaio de penetração a 25 ºC, conforme NBR 6576 (11);
b) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560(12);
c) um ensaio de viscosidade de *Saybolt Furol*, conforme NBR 14950(10);
d) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341(13);
e) um ensaio determinação de formação de espuma, quando aquecido a 175 ºC.

Para cada 100 t:

a) um índice de susceptibilidade térmica, determinado pelos ensaios NBR 6576(11) e NBR 6560 (12);
b) 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 (10).

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.

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.

Devem ser executadas as seguintes determinações:

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

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

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

e) a adesividade dos agregados ao ligante asfáltico, conforme NBR 12583[(5)] e NBR 12584[(6)]: para todo carregamento que cimento asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais.

6.1.3 Melhorador de Adesividade

Quando a adesividade não for satisfatória e o melhorador de adesividade for incorporado na mistura, deve-se verificar novamente a adesividade, conforme NBR 12583[(5)] e NBR 12584[(6)].

6.2 Controle da Produção do Pré-Misturado a Quente

O controle da produção do pré-misturado a quente 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: duas determinações de cada silo, por jornada de 8 horas de trabalho;

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

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

6.2.2 Granulometria dos Agregados

Durante a produção da mistura, deve ser feito o ensaio de granulometria do agregado de cada silo quente ou dos silos frios, quando se tratar de usina tipo tambor-secador-misturador, sendo duas determinações de cada agregado por jornada de 8 horas de trabalho, conforme NBR 17054 [(14)].

MINUTA

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

6.2.3 Quantidade 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 ME-DE-P00-011[15], 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 dois ensaios por jornada de 8 h de trabalho;

b) análise granulométrica da mistura de agregados resultante das extrações da alínea a, quantas vezes forem necessárias para a calibração da usina, no mínimo dois ensaios por jornada de 8 horas de trabalho, conforme NBR 17054 [14].

6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica

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

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, com leituras efetuadas na frente, no meio e na traseira da caçamba;

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 e Densidade Máxima Teórica (Rice)

Devem ser executadas as seguintes determinações em amostras colhidas imediatamente após a passagem da acabadora:

a) extração de asfalto, conforme o método de ensaio ME-DE-P00-011[15]: 2 extrações por jornada de 8 h de trabalho;

b) análise granulométrica da mistura de agregados conforme NBR 17054 [14]., com material resultante das extrações, com amostras de no mínimo 1.000 g: 2 ensaios por jornada de 8 horas de trabalho.

c) densidade máxima teórica (Rice), conforme método de ensaio DNIT 427[16], 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

MINUTA

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

6.3.3 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[17].

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 a diferença de cotas de pré-misturado a quente 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 base 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 Alinhamento

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

Durante a execução deve ser feito, em cada estaca da locação, o controle de acabamento da superfície 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 pista.

6.5 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[18], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273 [19].

7 ACEITAÇÃO

Os serviços serão 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:

MINUTA

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

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento asfáltico

O cimento asfáltico utilizado é aceito se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1.1 atendam a legislação em vigor para cimentos asfálticos, da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, apresentada no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

7.1.2 Agregados

Os agregados são aceitos desde que:

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

b) os resultados individuais e 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[(5)] e NBR 12584[(6)] produzam adesividade satisfatória.

7.2 Produção

7.2.1 Temperaturas

As temperaturas medidas durante a produção da 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 função da curva viscosidade x temperatura do ligante empregado;

b) as temperaturas individuais dos agregados nos silos quentes e do cimento asfáltico estejam dentro da faixa de temperatura definidas na dosagem, estas obrigatoriamente devem ser:

- inferiores a 177 °C, pois temperaturas superiores implicam rejeição da massa produzida;

c) superiores a 120 °C para os cimentos asfálticos e dentro da faixa de viscosidade determinada no projeto de mistura asfáltica.

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

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

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

MINUTA

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

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

7.2.2 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.

7.2.3 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 da média dos graus de compactação de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras. O grau de compactação individual é determinado através da seguinte expressão:

$$GC \frac{100 \times d_{pista}}{Gmm}$$

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 o valor estatístico calculado 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

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.

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.

7.3.4 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho 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 para proteção do meio ambiente a serem observados no decorrer da execução das camadas de pré-misturado a quente.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados

Os seguintes cuidados devem ser observados na exploração das ocorrências de materiais:

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

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

c) deve-se evitar a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) 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;

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.

e) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes, sendo que 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;

f) 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 carregamento para cursos d'água;

g) 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;

h) caso os agregados sejam fornecidos por terceiros para serem britados pela executante, devem ser atendidas as alíneas anteriores e tomados os seguintes cuidados: 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 executante é responsável pela obtenção da licença ambiental de instalação e operação, assim como em manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nestas normas.

8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras

As operações em usinas asfálticas a quente englobam:

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

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

c) transporte e estocagem de filer;

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

Os agentes e fontes poluidoras da operação das usinas de asfalto são apresentados na Tabela 3 a seguir:

MINUTA

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

Tabela 3 – 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 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, 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 que sejam evitadas 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;

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.

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) devem ser implantadas as sinalizações de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

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

c) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, e localizadas 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;

d) 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;

e) é proibida a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na camada de pré-misturado a quente junto ao sistema de drenagem lateral, evitando assim seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

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

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços são medidos em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme os respectivos preços unitários contratuais, nos quais estão inclusos: o fornecimento de materiais posto usina, armazenamento, aquecimento, perdas, usinagem, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, compactação e acabamento; abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI, equipamentos necessários aos serviços e outros recursos utilizados de forma atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.07.04 - Pré-Misturado a Quente	m³

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.

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.

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 _____**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 _____**NBR 12583**. Agregado graúdo – Determinação da adesividade ao ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.

6 _____**NBR 12584**. Agregado miúdo – Verificação da adesividade ao ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.

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

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. Rio de Janeiro, 2015.

10 _____**NBR 14950**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2003.

11 _____**NBR 6576**. Materiais asfálticos - Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

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

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

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

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

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

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.

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

18 ____**DNER-ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

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

20 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14855**. Ligantes asfálticos - Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2015.

21 ____ **NBR 6293**. Ligantes asfálticos – Determinação da ductilidade. Rio de Janeiro, 2015.

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

23 ____. **NBR 6568**. Emulsões Asfálticas – Determinação do resíduo de destilação. Rio de Janeiro, 2005.

_____

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

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

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1.CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1 Cimento Asfáltico				
Penetração (100 g, 5 s, 25 ºC)	NBR 6576 (11)	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Valores individuais	Atender ao especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização
Viscosidade de Saybolt Furol	NBR 14950 (10)			
Ponto de amolecimento	NBR 6560(12)			
Ponto de Fulgor	NBR 11341(13)			
Formação de Espuma	Aquecido a 175 ºC			
Índice de Susceptibilidade Térmica	NBR 6576 (11) NBR 6560(12)	1 ensaio para cada 100 t	Valores individuais	
Viscosidade Saybolt Furol a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura	NBR 14950 (10)			
1.2 Agregados				
Abrasão Los Angeles	NBR 16974 (1)	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	< 40%
Índice de forma e partículas lamelares	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 frente ao 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%
Equivalente de areia do agregado miúdo	NBR 12052(4)	1 ensaio por jornada de 8h 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
Adesividade ao ligante asfáltico	NBR 12583[5] e NBR 12584[6]	em todo carregamento que cimento asfáltico que chegar à obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais	Resultados individuais	Adesividade satisfatória Quando a adesividade for insatisfatória, empregar melhorador de adesividade
1.3 Melhorador de Adesividade				
Verificação da adesividade	NBR 12583[5] e NBR 12584[6]	1 ensaio após o emprego do melhorador de adesividade	Resultados individuais	Adesividade satisfatória
2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
2.1 Temperaturas				
Temperatura nos silos quentes	Termômetro bimetálico com precisão de 2 ºC	2 determinações de cada silo por jornada de 8 h de trabalho	Resultados individuais	Deve ser de 10 °C 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	Temperatura dentro da faixa de viscosidade definida pelo projeto, sempre superior a 120 ºC e inferior a 177 ºC
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

/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 (14).	2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto
2.3 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de ligante	ME-DE-P00-011(15)	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina Quando houver indícios de falta e excesso no teor de ligante No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,2% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054 (14).	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa definida na Tabela 1

/continua

MINUTA

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

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
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	Pode variar ± 5 °C da indicada para início da rolagem
Temperatura da massa asfáltica, no momento do espalhamento e no início da compactação		De cada descarga efetuada	Resultados individuais	Dentro da faixa de tolerância para compactação da massa asfáltica
3.2 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de asfalto	ME-DE-P00-011[15]	2 extrações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,2% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054 [14].	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto

/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
3.3 Compactação				
Extração de amostra indeformada	Extração com sonda rotativa	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada	-	-
Determinar a densidade aparente de cada corpo-de-prova extraído e o correspondente grau de compactação	DNIT 428/2022 – ME [17]	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras $GC \frac{100 \times d_{pista}}{Gmm}$	O grau de compactação é aceito se a o valor estatístico de GC ≥ 92% e ≤ 97%
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
4.1 Geométrico				
Determinação da espessura através dos 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 $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 5% da espessura de projeto e não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação à espessura de projeto
Determinação da espessura	Relocação e Nivelamento topográfico	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários, camadas de base e *binder* A cada 20 m, no eixo, bordas e trilhas de roda, camada de regularização	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 5% da espessura de projeto e não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação da espessura de projeto

/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
Cota	Relocação e Nivelamento topográfico	A cada 20 m	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
4.2 Acabamento				
Nivelamento com 2 réguas, uma de 3,0 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista	Réguas	A cada 20 m	Resultados individuais	A variação da superfície em dois pontos quaisquer de contato deve ser < 0,5 cm
De modo geral as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências. A superfície deve apresentar desempenada, não deve conter marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações.				
5. DEFLEXÕES				
Determinação deflectométrica, D_0	Viga Benkelman DNER-ME 024[18] OU FWD DNER PRO 273[19]	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0	Controle Unilateral $X = \overline{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser menor ou igual à 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	$X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$	

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

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

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO

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	ABNT
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	30-45	50-70	NBR 6576(11)
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	52	46	NBR 6560(12)
Viscosidade Saybolt Furol	s			NBR 14950(10)
- a 135 ºC, mín.		192	141	
- a 150 ºC, mín.		90	50	
- a 177 ºC, mín		40-150	30-150	
Viscosidade Brookfield	cP			NBR 15184(22)
- a 135 ºC, SP 21 mín. 20 rpm		374	274	
- a 150 ºC, SP 21 mín.		203	112	
- a 177 ºC, SP 21 mín.		76-285	57-285	
Índice de susceptibilidade térmica[1]		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	
Ponto de fulgor, mín.	ºC	235	235	NBR 11341(13)
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	NBR 14855(20)
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	60	60	NBR 6293(21)
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 85 mín.				
- Variação em massa[2], máx..	%	0,5	0,5	-
- Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	10	20	NBR 6293(21)
- Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	8	8	NBR 6560(12)
- Penetração retida[3], mín.	%	60	55	NBR 6576(11)

Observações:

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

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

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

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

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

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