TÍTULO

CONCRETO ASFÁLTICO RECICLADO A QUENTE EM USINA

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Concreto asfáltico. Reciclagem. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/035**. Concreto betuminoso reciclado em usina. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNIT ES-033/2021**. Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico reciclado a quente na usina – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2005.

ASPHALT INSTITUTE. **Asphalt Mix Design Methods**. Manual Series No. 2 (MS-2), Seventh Edition, 2015, p. 188.

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 Adicional 4
3.2 Agente Reciclagem 4
3.3 Agregados 5
3.4 Melhorador de Adesividade 6
3.5 Composição da Mistura 6
4 EQUIPAMENTOS 8
4.1 Depósito para Cimento Asfáltico e Agente de Reciclagem 9
4.2 Depósito para Agregados Adicionais e Material Fresado 9
4.3 Silos para Agregados e Material Fresado 9
4.4 Usina para Misturas Asfálticas 9
4.5 Caminhão para Transporte da Mistura 11
4.6 Equipamento para Distribuição e Acabamento 11
4.7 Equipamento para Compactação 11
4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios 12
5 EXECUÇÃO 12
5.1 Segmento Experimental 12
5.2 Condições Gerais 12
5.3 Preparo da Superfície 12
5.4 Produção do Concreto Asfáltico Reciclado 13
5.5 Transporte do Concreto Asfáltico Reciclado 14
5.6 Distribuição da Mistura 14
5.7 Compactação da Mistura 15
5.8 Juntas 16
5.9 Abertura ao Tráfego 16
6 CONTROLE 16
6.1 Controle dos Materiais 16
6.2 Controle Produção da Mistura Asfáltica Reciclada 18
6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica Reciclada 19

MINUTA

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

6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 19
6.5 Condições de Segurança 20
6.6 Deflexões 20
7 ACEITAÇÃO 20
7.1 Materiais 21
7.2 Produção 22
7.3 Execução 23
8 CONTROLE AMBIENTAL 24
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados 24
8.2 Cimento Asfáltico 25
8.3 Operação da Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras 25
8.4 Execução 27
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 27
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 28
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 31
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 39
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO 41
ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO DE AGENTE REJUVENECEDOR 43

MINUTA

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

1 OBJETIVO

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

2 DEFINIÇÃO

Concreto asfáltico reciclado a quente em usina é a mistura realizada em usina apropriada, com características específicas. Utiliza como agregado o material de revestimento asfáltico removido a frio do pavimento existente, ligante asfáltico e agregados adicionais, e se necessário, material de enchimento, fíler, agente de reciclagem e melhorador de adesividade, misturado, espalhado e compactado a quente.

O concreto asfáltico reciclado a quente pode ser empregado como revestimento, camada de ligação ou *binder*, base, regularização ou reforço do pavimento.

3 MATERIAIS

3.1 Ligante Asfáltico Adicional

O ligante asfáltico adicional pode ser cimento asfáltico tipo CAP 30/45 ou 50/70 ou misturado com agente de reciclagem, capaz de tornar o ligante final da mistura com características físicas e químicas iguais a de um ligante normalizado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, ANP, ou o definido em projeto.

O cimento asfáltico empregado deve atender ao regulamento técnico ANP nº 3/2005 de 11/07/2005 da ANP, apresentada no anexo C, ou à especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

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 e transporte com destino ao canteiro de serviço se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias.

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

3.2 Agente Reciclagem

Podem ser empregados, se necessário, hidrocarboneto puros ou misturados com cimentos asfálticos de petróleo capazes de regenerar o ligante da antiga mistura asfáltica a reciclar, que atenda as características do ligante definido no projeto da mistura.

Podem ser empregados agentes reciclagem do tipo: AR-1, AR-5, AR-25, AR-75, AR-250 E AR-500, que deve atender o especificado na portaria ANP n.º 44/97 de 29/09/97 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP; apresentada no anexo D, ou à especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

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.

Além dos materiais citados, podem ser utilizados produtos obtidos de outras fontes, desde que seja comprovado a sua eficácia na regeneração do ligante asfáltico da mistura antiga.

3.3 Agregados

3.3.1 Agregado Graúdo Adicional

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) abrasão *Los Angeles* igual ou inferior a 50%, conforme NBR 16974[(1)];

b) admite-se excepcionalmente agregados com valores com índice de desgaste *Los Angeles* superior a 50% se:

- apresentarem comprovadamente desempenho satisfatório em utilização anterior; a degradação do agregado após a compactação Marshall, com ligante IDml, e sem ligante IDm, determinada conforme método DNER ME 401[(2)], deve apresentar valores IDml ≤ 5% e IDm≤ 8%.

c) 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;

d) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 - ME[(3)];

e) apresentar perda no ensaio de durabilidade inferior a 12%, conforme DNER ME 089[(4)].

3.3.2 Agregado Miúdo Adicional

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[(5)] de cada fração componente do agregado miúdo, pó de pedra ou areia, deve ser igual ou superior a 55%.

3.3.3 Material de Enchimento – Fíler

O material de enchimento deve ser cimento Portland, ou cal calcítica do tipo CH-1, conforme DNIT 418/2019 – EM[(6)]. Na aplicação, o fíler 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 deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida, conforme NBR 15617[(10)] onde a mistura asfáltica deve apresentar um valor de RRT mínimo de 70%.

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 1 – Granulometria do Fíler

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

3.3.4 Mistura a Reciclar

A mistura a reciclar é obtida na remoção a frio, através de fresagem, da camada asfáltica do pavimento existente.

3.4 Melhorador de Adesividade

A adesividade do ligante asfáltico aos agregados é determinada conforme os métodos NBR 12583(7) e NBR 12584(8). Quando não houver boa adesividade deve-se empregar aditivo melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto e repetir os ensaios.

3.5 Composição da Mistura

A faixa granulométrica a ser empregada deve ser selecionada em função da utilização prevista para o concreto asfáltico reciclado 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 de materiais deve satisfazer aos requisitos apresentados na Tabela 2. 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

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

Tabela 2 – Composição das Misturas Asfálticas

Peneira de Malha Quadrada		Designação			Tolerâncias
		DER 37,5	DER 25	DER 12,5	
ASTM	mm	% em Massa, Passando			
2”	50,0	100	-	-	-
1 ½”	37,5	90 – 100	100	-	± 7%
1”	25,0	72 – 90	90 – 100	-	± 7%
¾”	19,0	56 – 78	70 – 90	100	± 7%
½”	12,5	38 - 58	45 - 75	90 – 100	± 7%
3/8”	9,5	30 – 47	35 – 65	70 – 90	± 7%
Nº 4	4,75	20 – 36	25– 50	44 – 72	± 5%
Nº 10	2,0	14 – 26	15 – 40	22 – 50	± 5%
Nº 40	0,42	5 – 13	7 – 20	8 – 26	± 5%
Nº 80	0,18	2 – 9	5 – 15	4 – 16	± 3%
Nº 200	0,075	0 – 6	2 – 8	2 – 10	± 2%
Camadas		Ligação	Ligação ou Rolamento	Rolamento	

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

a) o tamanho nominal 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 na Tabela 2, porém, respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;

d) o número de golpes padrão para dosagem Marshall é 75 golpes por face do corpo de prova, podendo ser especificadas outras energias;

e) os parâmetros obtidos no projeto de mistura asfáltica, conforme ME-DE-P00/010[22] , para estabilidade, fluência, porcentagem de vazios e relação betume vazios devem atender aos limites apresentados na Tabela 3;

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

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 – Requisitos para o Projeto de Mistura Asfáltica

Características	Método de Ensaio	Camadas de Rolamento e Reperfilagem	Camada de Ligação
Estabilidade mínima, kN (75 golpes no ensaio Marshall)	DNER 043 ME(11)	8	8
Fluência (mm) Fluência (0,01”)	DNER 043 ME(11)	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 4	Ver Tabela 4
Resistência à Tração por Compressão Diametral Estática a 25ºC, mínima, MPa	NBR 15087(9)	0,80	0,65 0,80
Resistência a danos por umidade induzida, mínimo, %	NBR 15617(10)	75	75

a) o ligante da mistura reciclada deve atender as características de um ligante normalizado pela ANP ou ao definido no projeto da mistura, deve ser recuperado de acordo com ASTM D 1856(33);

b) a relação fíler/asfalto em massa deve estar compreendida entre 0,6 e 1,4;

c) os vazios do agregado mineral, VAM devem atender aos valores mínimos, definidos em função do tamanho nominal máximo do agregado conforme Tabela 4;

d) as condições de vazios da mistura, na fase de dosagem devem ser verificadas pelo procedimento:

Determinação da densidade efetiva através da densidade máxima medida pelo método Rice, conforme DNIT 427/2020 - ME(12).

Tabela 4 – Requisitos para Vazios do Agregado Mineral – VAM

Tamanho Nominal Máximo do Agregado (mm)	VAM Mínimo (%)		
	Volume Vazios (%)		
	3	4	5
37,5	9	10	11
25	11	12	13
12,5	13	14	15

4 EQUIPAMENTOS

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

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 equipamentos básicos para execução dos serviços de concreto reciclado a quente são compostos das seguintes unidades.

4.1 Depósito para Cimento Asfáltico e Agente de Reciclagem

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

e) o aquecimento deve ser efetuado por meio de serpentinas a vapor, a óleo, à eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato direto das chamas com o depósito. Estes dispositivos também devem evitar qualquer superaquecimento localizado, e serem capazes de aquecer o cimento asfáltico nas temperaturas fixadas nesta especificação;

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

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

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

4.2 Depósito para Agregados Adicionais e Material Fresado

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 e Material Fresado

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 fíler, conjugado com dispositivos para sua dosagem.

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

4.4 Usina para Misturas Asfálticas

4.4.1 Usina gravimétrica

A usina tipo gravimétrica 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

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.

do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de ± 5 ºC. A usina deve possuir termômetros nos silos quentes.

No caso da usina gravimétrica recomenda-se que a porcentagem de material fresado seja de no máximo 25%.

4.4.2 Usinas contínuas

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 anel de reciclagem, localizado no terço final do secador, de modo a que o material fresado não fique exposto a chama do queimador.

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

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

A bomba de alimentação do ligante asfáltico 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 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 automática com leitura instantânea e acumulada, por meio de registros digitais. Devem existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de ligantes asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios.

No caso da usina gravimétrica recomenda-se que a porcentagem de material fresado seja de no máximo 25%, poderá ser superior, desde que, a mistura reciclada atenda aos parâmetros preconizados na tabela 3.

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.

Outros tipos de usinas gravimétricas ou contínuas, que disponham de equipamentos suplementares, que minimize as condições de umidade e propicie um melhor debulhamento do material fresado, tais como um segundo tambor secador para secagem e aquecimento do material fresado, antes da adição no misturador, poderão ser utilizadas, e, nesse caso, a porcentagem de material fresado a ser adicionado pode ser superior a 25% e deverá ser definido em uma produção experimental.

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. A utilização de produtos susceptíveis à dissolução do ligante asfáltico, como óleo diesel, gasolina etc. não é permitida. As caçambas devem estar providas de lona para proteção da mistura.

4.6 Equipamento para Distribuição e Acabamento

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 e espalhamento da mistura asfáltica sem irregularidade.

4.7 Equipamento para Compactação

O equipamento para a compactação deve constituir-se por rolos pneumáticos 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.

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

4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios

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

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

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

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de concreto asfáltico, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerado 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 concreto asfáltico, 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 concreto asfáltico, 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. O concreto asfáltico somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10º C.

A fresagem do pavimento deve ser executada conforme a especificação de fresagem de pavimento.

5.3 Preparo da Superfície

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

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.

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

A imprimação ou pintura de ligação deve ser executada, obrigatoriamente, com a barra espargidora e atender a especificação de imprimação de ligação do DER/SP. Somente para correções localizadas ou locais de difícil acesso pode ser utilizada a caneta. Deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência quando da execução do concreto asfáltico reciclado.

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

Deve-se tomar cuidado para que não ocorra superposição de imprimadura ligante quando da execução de duas faixas contíguas tanto transversal quando longitudinalmente.

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

5.4 Produção do Concreto Asfáltico Reciclado

O concreto asfáltico reciclado 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.

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 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 uma viscosidade *Saybolt-Furol* entre de 75 SSF a 150 SSF, determinada conforme NBR 14950[(16)], recomenda-se a viscosidade situada no intervalo de 75 SSF a 95 SSF. Quando medida por viscosímetro rotacional, conforme NBR 15184[(14)], a viscosidade recomendada é de 170±20 cP. A temperatura do ligante não deve ser inferior a 120 °C nem exceder 177 °C.

Para o caso de usinas gravimétricas, os agregados adicionais 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 diminuição da temperatura da mistura, com prejuízo da compactação.

MINUTA

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

5.5 Transporte do Concreto Asfáltico Reciclado

O concreto asfáltico reciclado produzido 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.

O tempo máximo de permanência da mistura no caminhão é determinado pelo limite de temperatura estabelecido para aplicação e compactação da mistura reciclada na pista.

5.6 Distribuição da Mistura

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

Para o caso de emprego de concreto asfáltico reciclado como camada de rolamento, ligação ou de regularização, a mistura deve ser distribuída por uma ou mais vibroacabadoras, atendendo aos requisitos anteriormente especificados.

Deve ser assegurado, previamente ao início dos trabalhos, o aquecimento conveniente da mesa alisadora da vibroacabadora à temperatura compatível com a da mistura a ser distribuída. Deve-se observar que o sistema de aquecimento destina-se exclusivamente ao aquecimento da mesa alisadora e nunca o da mistura asfáltica reciclada 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, salgamento. 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.

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

A mistura deve apresentar textura uniforme, sem pontos segregados. Qualquer falha constatada na superfície deve ser sanada antes do início da compactação com salgamento do local.

A descarga do material da vibroacabadora deve ser contínua, de modo que trabalhe sempre com o reservatório meio cheio. O caminhão deve estar livre de tração para ser empurrado pela vibroacabadora a fim de não ocasionar choques ou travamento dos pneus durante a operação.

A vibroacabadora 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 espera de caminhões. Esta velocidade da acabadora deve estar sempre entre 2,5 m/minuto e 10,0 m/minuto.

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.

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 da mistura asfáltica reciclado, a fixação da temperatura de rolagem está condicionada à natureza da mistura 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 densas usinadas a quente contempla o emprego combinado de rolos pneumáticos de pressão regulável e rolo metálico liso tandem ou vibratórios, de acordo com as seguintes premissas:

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;

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 tipo tandem ou vibratório 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 pelo menos 1/3 da largura do rolo;

g) 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;

h) as rodas dos rolos pneumáticos devem ser ligeiramente umedecidas para evitar a aderência da mistura, podem ser utilizados os mesmos produtos indicados para a caçamba dos caminhões;

i) nos rolos metálicos liso tipo tandem ou vibratórios, a água utilizada deve ser pulverizada, não sendo permitido que escorra pelo tambor e acumule-se na superfície da camada.

MINUTA

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

A compactação através do emprego de rolo liso vibratório, 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, inclusive quanto à alternância de aplicação entre estes e os rolos pneumáticos. No entanto, as condições de compactação exigidas para a mistura exigidas permanecem inalteradas.

5.8 Juntas

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

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

Em rodovias em operação, devem ser evitados degraus longitudinais muito extensos, sendo no máximo permitido a extensão resultante de uma jornada de trabalho. Na jornada de trabalho do dia seguinte, a aplicação da mistura asfáltica reciclada deve sempre iniciada pelo 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 mistura reciclada recém aplicada.

5.9 Abertura ao Tráfego

A camada de concreto asfáltico reciclado deve ser liberada ao tráfego somente quando a mistura 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[27];

b) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560[26];

c) um ensaio de viscosidade de *Saybolt-Furol*, conforme NBR 14950[16] ou *Brookfield*, conforme NBR 15184[14];

d) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341[28];

e) um ensaio determinação de formação de espuma, quando aquecido a 177 ºC.

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.

Para cada 100 t:

a) um índice de suscetibilidade térmica, determinado pelos ensaios NBR 6576[27] e NBR 6560[26];

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[16] ou NBR 15184[14];

6.1.2 Agente Regenerador

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

a) um ensaio de viscosidade cinemática, a 60 °C, conforme NBR 14756[25];

b) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341[28].

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

6.1.3 Agregados

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

Devem ser executadas as seguintes determinações no agregado graúdo:

a) abrasão *Los Angeles*, conforme NBR16974[1]; um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

b) caso agregado apresente abrasão superior a 50%, verificar a degradação do agregado após a compactação Marshall, com e sem ligante conforme DNER ME 401[2]; um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do agregado;

c) índice de forma, conforme DNIT 425/2020 – ME[3], um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

d) durabilidade conforme DNER ME 089[4]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.

e) a adesividade dos agregados ao ligante asfáltico, conforme NBR 12583[7] e NBR 12584[8]; um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.

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

6.1.4 Melhorador de Adesividade

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

MINUTA

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

6.2 Controle Produção da Mistura Asfáltica Reciclada

O controle da produção do concreto asfáltico reciclado deve ser realizado em laboratório. Deve-se realizar os ensaios pertinentes conforme a metodologia indicada pelo DER/SP, e os resultados devem satisfazer os parâmetros exigidos nesta especificação.

6.2.1 Temperaturas

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

a) para o caso de usinas gravimétricas, temperatura dos agregados nos silos quentes: duas determinações de cada silo, por jornada de 8 h de trabalho;

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

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

6.2.2 Granulometria dos Agregados Adicionais e Fíler

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

a) granulometria do agregado de cada silo quente ou dos silos frios, quando tratar-se de usina tipo *drum-mixer*: duas determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR 17054[(17)];

b) granulometria do material de enchimento, fíler, um ensaio por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR 17054[(17)];

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

6.2.3 Teor de Ligante, 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[(23)], quantas vezes forem necessárias no início de cada jornada de trabalho e sempre que houver indícios da falta ou excesso no teor de ligante da mistura, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho;

b) granulometria da mistura asfáltica com material resultante das extrações da alínea a; quantas vezes forem necessárias para a calibração da usina, no mínimo dois ensaios por jornada de 8 h de trabalho, conforme NBR 17054[(17)];

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 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica Reciclada

O controle da execução da mistura asfáltica reciclada deve ser efetuado através dos controles de pista descritos a seguir.

6.3.1 Temperaturas

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

a) temperatura da mistura asfáltica em cada caminhão que chegar à pista;

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

6.3.2 Teor de Ligante e Granulometria da Mistura

Devem ser executadas as seguintes determinações, de amostras coletadas na pista:

a) extração de asfalto, conforme o método de ensaio ME-DE-P00/011[23] no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho;

b) análise granulométrica da mistura de reciclada, com o material resultante das extrações da alínea a, de no mínimo 1.000 g, conforme NBR 17054[17]; dois ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

c) densidade máxima medida (Rice), conforme método de ensaio DNIT 427/2020 – ME[12], 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

6.3.3 Controle da Compactação

A cada 100 m de faixa de rolamento de camada 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[13].

6.3.4 Destinação

Os locais de aplicação da mistura reciclada devem estar sempre associados com as datas e hora de produção, execução e acompanhadas 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 de concreto asfáltico reciclado deve ser avaliada nos corpos de prova extraídos com sonda rotativa ou pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m.

Os nivelamentos devem ser realizados antes da execução da camada e após sua conclusão.

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

6.4.2 Controle da Largura e Alinhamentos

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

6.4.3 Controle de Acabamento da Superfície

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

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 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[24] e o IRI (*International Roughness Index*) será determinado para cada trecho de 200 metros ou nos locais indicados pela fiscalização.

6.5 Condições de Segurança

As condições de segurança são determinadas pela macro textura do revestimento asfáltico, conforme NBR 16504[19], através de ensaios de mancha de areia, espaçados a cada 100 m.

Tais condições serão avaliadas apenas nas camadas de rolamento e 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[20], ou FWD – *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[21].

7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, da mistura asfáltica reciclada, 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 ao especificado no anexo C, ou legislação que estiver em vigor na ocasião de sua utilização.

7.1.2 Agente Regenerador

O agente regenerador é aceito se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1.2, atendam ao especificado no anexo D.

7.1.3 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 3.3.1;

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

7.1.4 Fíler

O fíler será aceito desde que atenda a especificação de materiais DNIT 418/2019 – EM[(6)], e os resultados da granulometria analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, de acordo com o anexo B, apresente variações dentro da faixa de tolerância definida na Tabela 1.

7.1.5 Melhorador de adesividade

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

7.1.6 Material fresado

O material fresado é aceito desde que:

a) O teor de ligante asfáltico deve se situar no intervalo de ±0,3% do teor determinado do material fresado utilizado no projeto de dosagem

b) A distribuição granulométrica dos agregados do material fresado, isentos de ligante asfáltico, devem se situar dentro das tolerâncias apresentadas na Tabela 2.

c) Por se tratar de um material heterogêneo, recomenda-se que o mesmo seja, antes do início de cada jornada de trabalho, seja revolvido, de forma a homogeneizá-lo.

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

7.2.1 Temperaturas

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

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

b) estiverem acima de 177 °C; a temperatura de aquecimento dos agregados, medida nos silos quentes deve ser de 10 °C a 15 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere a 177 °C;

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

A mistura asfáltica reciclada que chegar à pista será aceita, sob o ponto de vista de temperatura, se:

a) a temperatura medida no caminhão imediatamente antes da aplicação varie somente entre ± 5 °C da indicada para início da rolagem;

b) a temperatura da mistura asfáltica reciclada, no decorrer da rolagem, propicie condições adequadas de compactação.

7.2.2 Mistura Asfáltica Reciclada

7.2.2.1 Granulometria dos Agregados, Fíler e da Mistura

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

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

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.

7.3 Execução

7.3.1 Compactação

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

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

Sendo:

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

G_{mm} = densidade máxima medida (Rice) da amostra coletada da vibroacabadora;

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 atendidas as seguintes condições:

a) quanto à semilargura da plataforma, não são admites valores inferiores aos previstos para a camada; os desvios verificados dos alinhamentos não devem exceder + 5 cm;

b) quanto à espessura da camada acabada:

- a espessura determinada estatisticamente, conforme equações 3 e 4 do anexo B, em controle bilateral, deve situar-se no intervalo de ± 5% em relação à espessura prevista em projeto;

- não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de ± 10% em relação à espessura prevista em projeto.

c) as regiões em que, eventualmente, se constate 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, sob o ponto de vista de acabamento, desde que 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;

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) 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[(24)];

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 e Deflexões

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, caracterizando uma classe de textura superficial média.

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

8 CONTROLE AMBIENTAL

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

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;

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;

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

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

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

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

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

8.2 Cimento Asfáltico

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

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

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

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

8.3 Operação da 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 fíler;

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

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 agentes e fontes poluidoras da operação das usinas de asfalto estão apresentados na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Agentes e Fontes Poluidoras

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

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

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;

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;

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.

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

k) adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas 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 proibida a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na camada de concreto asfáltico junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

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

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

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, inclusive fíler, agente regenerador e melhorador de adesividade, 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 e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

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.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.08.07.01 - Concreto asfáltico reciclado a quente em usina, graduação 37,5	m³
23.08.07.02 - Concreto asfáltico, reciclado a quente em usina, graduação 25	m³
23.08.07.03 - Concreto asfáltico, reciclado a quente em usina, graduação 12,5	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 401.** Agregados – Determinação de indicie de degradação de rochas após a compactação Marshall com ligante IDml e sem ligante IDm: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1999.

3 ____. **DNIT 425/2020 - ME**. Pavimentação - Agregado - Determinação do índice de forma com paquímetro - Método de ensaio. Brasília, 2020.

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

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

6 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 418/2019 - EM.** Pavimentação – Solo-Cal – Cal Virgem e Cal Hidratada – Especificação de material. Brasília, 2019.

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

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

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

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

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

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.

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

13 ____. **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.

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

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

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

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

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

19 ____. **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.

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

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

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

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

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

25 ____. **NBR 14756.** Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade cinemática. Rio de Janeiro, 2001.

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

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.

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

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

29 ____. **NBR 14736.** Materiais asfálticos - Determinação do efeito do calor e do ar - Método da película delgada. Rio de Janeiro, 2001.

30 ____. **NBR 6296.** Produtos betuminosos semissólidos — Determinação da massa específica e densidade relativa. Rio de Janeiro, 2012.

31 ____. **NBR 16208**. Misturas asfálticas — Determinação do teor de betume pelo Soxhlet, pelo Rotarex e pelo refluxo duplo. Rio de Janeiro, 2013.

32 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2007**. Standard Test Method for Characteristic Groups in Rubber Extender and Processing Oils and Other Petroleum-Derived Oils by the Clay-Gel Absorption Chromatographic Method. Pennsylvania, 2019.

33 ____. **ASTM D 1856** - Standard Test Method for Recovery of Asphalt from Solution by Abson Method. Pennsylvania, 2021.

34 ____. ASTM D 2872. Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin Film Oven Test). Pennsylvania, 2022.

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

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

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1 Cimento Asfáltico				
Penetração	NBR 6576[27]	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Atender a especificação para Cimento Asfáltico – ver anexo C, ou regulamentação em vigor
Ponto de Amolecimento	NBR 6560[26]			
Viscosidade Saybolt-Furol	NBR 14950[16]			
Ponto de fulgor	NBR 11341[28]			
Formação de espuma	Aquecido a 175ºC			
Índice de Susceptibilidade Térmica	NBR 6576[27] NBR 6560[26]	1 ensaio para cada 500 t		
Viscosidade Saybolt-Furol a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura	NBR 14950[16]			
1.2 Agente Regenerador				
Viscosidade cinemática, a 60ºC	NBR 14756[25]	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Atender a especificação para Agente Rejuvenescedor – ver anexo D, ou regulamentação em vigor
Ponto de fulgor	NBR 11341[28]			

/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
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%
Se abrasão *Los Angeles* for superior a 50%, verificar degradação do agregado após compactação Marshall	DNER ME 401(2)			Se apresentarem desempenho satisfatório em utilização anterior e $ID_{ml} \leq 5\%$ $ID_m \leq 8\%$
Índice de forma e partículas lamelares	DNIT 425/2020 – ME(3)			Índice de forma ≥ 0,5 e Partículas lamelares ≤ 10%
Durabilidade	DNER ME 089(4)			≤ 12%
Adesividade ao ligante betuminoso	NBR 12583(7) e NBR 12584(8)			Adesividade satisfatória Quando a adesividade for insatisfatória, empregar melhorador de adesividade
1.4 Melhorador de Adesividade				
Verificação da adesividade	NBR 12583(7) e NBR 12584(8)	1 ensaio 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(5)	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 (para usina gravimétrica)	Termômetro bimetálico com precisão de 2 ºC	2 determinações de cada silo por jornada de 8 h de trabalho	Resultados individuais	Dentro da faixa definida pela dosagem
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 mistura asfáltica reciclada, 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.				
2.2 Granulometria dos Agregados				
Granulometria do agregado, de cada silo quente, ou frio (usina *drum-mixer*)	NBR 17054[17]	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

/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
Granulometria do material de enchimento (fíler)	NBR 17054[17]	1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa definida na Tabela 1 e Atender a DNIT 418/2019 – EM[6]
2.3 Quantidade de Ligante, Granulometria da Mistura, Porcentagem de Vazios, Estabilidade, Fluência e Resistência a Compressão Diametral Estática				
Extração de ligante	ME-DE-P00-011[23]	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 $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ 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[17]	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	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
3.1 Temperaturas				
Temperatura da mistura ao chegar na pista, medida imediatamente antes de aplicação	Termômetro bimetálico com precisão de 5ºC	De todo caminhão carregado que chegar à pista	Resultados individuais	Poderá variar ± 5 °C da indicada para início da rolagem
Temperatura da mistura asfáltica, no momento do espalhamento e no início da compactação		De cada descarga efetuada	Resultados individuais	Dentro da faixa de tolerância para compactação da mistura asfáltica reciclada
3.2 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de ligante asfáltico do material fresado	NBR 16208[31]	1 extração antes do início da produção diária e 1 cada 4 h de trabalho		± 0,3% do teor ligante asfáltico do material fresado de projeto Para variações fora do intervalo de ± 0,3%, deverá ser feita uma validação da dosagem Marshall
Extração de ligante asfáltico da mistura asfáltica produzida	ME-DE-P00-011[23]	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

/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
Extração de amostra indeformada da mistura compactada,	Extração com sonda rotativa	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada, em local correspondente à trilha de roda externa, na faixa externa	Resultados individuais	-
Determinar a densidade aparente do corpo de prova de cada corpo de prova extraído e correspondente e o grau de compactação	DNIT 428/2022 - ME[13]	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada, em local aproximadamente correspondente à trilha de roda externa, na faixa externa	Cálculo Estatístico $GC = \frac{100xd_{pista}}{G_{mm}}$	GC ≥ 92% e < 97%.
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
4.1 Geométrico				
Determinação da espessura através dos corpos-de-prova extraídos	Medidas 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 da espessura de projeto
Determinação da espessura através do nivelamento da camada	Topografia	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários		
Nivelamento de camada de regularização	Topografia	A cada 20 m, no eixo, bordas e trilhas de roda		
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.

/continuação

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[24]	Em cada faixa de rolamento, determinado a cada trecho de 200 m, ou nos locais indicados pela fiscalização	Resultados individuais	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 compressão e ondulações de variações decorrentes da carga da vibroacabadora.				
5. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA				
Determinar a macrotextura, para camadas de rolamento	NBR 16504[19]	Uma determinação a cada 100 m	Resultados individuais	Altura da areia maior que 0,4 mm ou conforme projeto
6. DEFLEXÕES				
Determinação deflectométrica,	Viga Benckelman DNER ME 024[20] Ou FWD DNER PRO 273[21]	A cada 40 m por faixa alternada (a cada 20 m na mesma faixa)	Controle Unilateral $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 amostras	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser menor ou igual ao valor admitido 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	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	30-45	50-70	85-100	150-200	NBR 6576(27)	
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	52	46	43	37	NBR 6560(26)	
Viscosidade Saybolt-Furol	s					NBR 14950(16)	
- 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(14)	
- 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 (+0,7)		
Ponto de fulgor, min.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341(28)	
Solubilidade em tricloroetileno, min.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855(15)	
Ductilidade a 25ºC, min.	cm	60	60	100	100	NBR 6293(18)	
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 85 min							
- Variação em massa[2], máx..	%	0,5	0,5	0,5	0,5	-	D 2872(34)
- Ductilidade a 25 ºC, min	cm	10	20	50	50	NBR 6293(18)	
- Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	8	8	8	8	NBR 6560(26)	
- Penetração retida[3], min.	%	60	55	55	50	NBR 6576(27)	

Observações:

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

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.

MINUTA

ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO DE AGENTE REJUVENECEDOR

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	UN	ESPECIFICAÇÕES						MÉTODOS	
		AR 1	AR 5	AR 25	AR 75	AR 250	AR 500	ABNT	ASTM
		Mín. Máx.	Mín. Máx.	Mín. Máx.	Mín. Máx.	Mín. Máx.	Mín. Máx.		
Viscosidade a 60ºC, cinemática	cSt	50 175	176 900	901 4500	4501 12500	12501 37500	37501 60000	NBR 14756 (25)	
Ponto de Fulgor, VAC, (1)	ºC	218	218	218	218	218	218	NBR 11341 (28)	
Teor de Saturados	% Massa	30	30	30	30	30	30	-	D2007 (32)
Efeito do Calor e do Ar a 163ºC, (RTFOT ou TFOT): Razão de Viscosidade (2) Variação de Massa, %		4 4	4 4	4 3	4 3	4 3	4 3	NBR 14736 (29)	
Densidade 20/4ºC		ANOTAR	ANOTAR	ANOTAR	ANOTAR	ANOTAR	ANOTAR	NBR 6296 (30)	

(1)VAC: Ponto de Fulgor Vaso Aberto Cleveland

(2) Razão de Viscosidade = $\frac{\text{Viscosidade a 60 ºC após RTFOT ou TFOT}}{\text{Viscosidade a 60 ºC antes RTFOT ou TFOT}}$

onde:

RTFOT = Rolling Thin-Film Oven Test (ASTM D 2872) e

TFOT = Thin-Film Oven Test (ASTM D 1754)

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.