TÍTULO

CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO-BORRACHA (PROCESSO ÚMIDO)

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Asfalto-borracha. Processo Úmido. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 28/17**. Pavimentação: Concreto Asfáltico Usinado a Quente com Asfalto Borracha. Curitiba, Paraná, 2017.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA. **DEINFRA/SC ES-P 05B/16**. Camadas de Misturas Asfálticas Usinadas a Quente com Asfalto Borracha. Santa Catarina, 2016.

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 Cimento Asfáltico 4
3.2 Agregados 5
3.3 Composição da Mistura 6
4 EQUIPAMENTOS 8
4.1 Caminhões para Transporte do Ligante Asfalto-Borracha 8
4.2 Depósitos para Ligante Asfalto-Borracha 8
4.3 Depósito para Agregados 9
4.4 Silos para Agregados 9
4.5 Usina para Misturas Asfálticas 9
4.6 Caminhão para Transporte da Mistura 10
4.7 Equipamento para Distribuição e Acabamento 10
4.8 Equipamento para Compactação 11
4.9 Ferramentas e Equipamentos Acessórios 11
5 EXECUÇÃO 11
5.1 Segmento Experimental 11
5.2 Condições Gerais 12
5.3 Preparo da Superfície 12
5.4 Produção do Concreto Asfáltico com Asfalto-Borracha 12
5.5 Transporte do Concreto Asfáltico com Asfalto-Borracha 13
5.6 Distribuição da Mistura 13
5.7 Compactação da Mistura 14
5.8 Juntas 15
5.9 Abertura ao Tráfego 15
6 CONTROLE 15
6.1 Controle dos Materiais 15
6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica 16
6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica 17
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 18

MINUTA

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

6.5 Condições de Segurança 19
6.6 Deflexões 19
7 ACEITAÇÃO 19
7.1 Materiais 19
7.2 Produção 20
7.3 Execução 21
8 CONTROLE AMBIENTAL 22
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados 22
8.2 Cimento Asfáltico 23
8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras 23
8.4 Execução 25
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 25
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 26
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 29
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 36

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 com asfalto-borracha em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Concreto asfáltico com asfalto-borracha é uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas. É composto por agregado graduado, cimento asfáltico modificado por borracha moída de pneus e, se necessário, material de enchimento, fíler, e melhorador de adesividade, sendo espalhada e compactada a quente. O concreto asfáltico com asfalto-borracha pode ser empregado como revestimento, camada de ligação, *binder*, regularização ou reforço estrutural do pavimento.

3 MATERIAIS

Os materiais constituintes do concreto asfáltico com asfalto-borracha são: agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento ou fíler, ligante asfáltico modificado por borracha moída de pneus, e melhorador de adesividade, se necessário.

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

3.1 Cimento Asfáltico

Os cimentos asfálticos de petróleo modificados por adição de borracha moída de pneus devem possuir as seguintes características:

a) o teor mínimo de borracha deve ser de 15% em massa, incorporada no ligante asfáltico; é expressamente proibida a industrialização na própria obra, sem acompanhamento laboratorial, equipamentos adequados, condição técnica e principalmente sem os requisitos básicos para garantir a segurança ao meio ambiente;

b) o ligante asfalto-borracha deve atender aos requisitos apresentados na Tabela 1;

c) o tempo máximo e as condições de armazenamento e estocagem do asfalto-borracha, para diferentes situações, devem ser definidos pelo fabricante;

d) a garantia do produto asfáltico por carga deve ser atestada pelo fabricante através de certificado com as características do produto.

Todo o carregamento de asfalto-borracha 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.

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 – Propriedades do Ligante Asfalto-Borracha

Características	Exigência		Método
	Mínima	Máxima	ABNT
Viscosidade Brookfield a 175 ºC, cP	800	2000	NBR 15184 (1)
Penetração, 100 g, 5 s, 25 ºC, 0,1 mm	25	75	NBR 6576(2)
Ponto de amolecimento, ºC	55	-	NBR 6560(3)
Recuperação elástica por torção, %	50	-	NLT 329(4)
Ponto de fulgor, ºC	235	-	NBR 11341(5)
Densidade relativa, 25 ºC	1,00	1,05	NBR 6296(6)
Ensaio no resíduo do RTFOT			
- Variação em massa, %	-	1,0	NBR 15235(7)
- Percentagem de penetração original	50	-	

3.2 Agregados

3.2.1 Agregado Graúdo

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

a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50%, conforme NBR 16974(8);

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(9), 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(10);

e) os agregados utilizados devem apresentar perdas inferiores a 12% quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089(11).

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(12) deve ser igual ou superior a 55%.

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.

3.2.3 Material de Enchimento - Fíler

O material de enchimento deve ser cimento Portland ou cal calcítica tipo CH-I conforme DNIT 418/2019 – EM[13]. Na aplicação, o fíler deve estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deve obedecer aos limites estabelecidos na Tabela 2.

No projeto da mistura asfáltica deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida, conforme NBR 15617[16] onde a mistura asfáltica deve apresentar um valor de RRT mínimo de 70%

Tabela 2 – Granulometria do Material de Enchimento

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

3.2.4 Melhorador de Adesividade

A adesividade dos agregados ao ligante betuminoso é determinada conforme os métodos NBR 12583[14] e NBR 12584[15].

Quando não houver boa adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados, deve-se empregar aditivo melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto de mistura asfáltica, verificando novamente a adesividade, conforme AASHTO T 283[16]. A razão da resistência à tração por compressão diametral estática após e antes da imersão deve ser superior a 0,70.

3.3 Composição da Mistura

A faixa granulométrica a ser empregada deve ser selecionada em função da utilização prevista para o concreto asfáltico com asfalto-borracha. Caso a mistura asfáltica seja utilizada como camada de rolamento, deve-se conferir especial atenção à seleção da granulometria de projeto, tendo em vista a obtenção de rugosidade que assegure adequadas condições de segurança ao tráfego.

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

MINUTA

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 – Composição das Misturas Asfálticas

Peneira de Malha Quadrada		Designação				Tolerâncias
		I	II	III	IV	
ASTM	mm	% em Massa, Passando				
2”	50,0	100	-	-	-	-
1 ½”	37,5	90 – 100	100	-	-	± 7%
1”	25,0	75 – 100	90 – 100	-	-	± 7%
¾”	19,0	60 – 90	80 – 100	100	-	± 7%
½”	12,5	-	-	90 – 100	-	± 7%
3/8”	9,5	35 – 65	45 – 80	70 – 90	100	± 7%
Nº 4	4,75	25 – 50	28– 60	44 – 72	80 – 100	± 5%
Nº 10	2,0	20 – 40	20 – 45	22 – 50	50 – 90	± 5%
Nº 40	0,42	10 – 30	10 – 32	8 – 26	20 – 50	± 5%
Nº 80	0,18	5 – 20	8 – 20	4 – 16	7 – 28	± 3%
Nº 200	0,075	1 – 8	3 – 8	2 – 10	3 – 10	± 2%
Camadas		Ligação (*Binder*)	Ligação ou Rolamento	Rolamento	Reperfilagem(*)	
Espessura máxima cm		6,0	6,0	6,0	3,0	

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

Os parâmetros obtidos no projeto de mistura asfáltica ME-DE-P00/010(24) para estabilidade, fluência, porcentagem de vazios e relação betume vazios devem atender aos limites apresentados na Tabela 4;

Tabela 4 – Requisitos para o Projeto de Mistura Asfáltica

Características	Método de Ensaio	Camadas de Rolamento e Reperfilagem	Camada de Ligação (*Binder*)
Estabilidade mínima, kN (75 golpes no ensaio Marshall)	DNER 043 ME(17)	8	8
Fluência (mm) Fluência (0,01”)	DNER 043 ME(17)	2,0 a 4,0 8 a 16	2,0 a 4,0 8 a 16
% de Vazios Totais		3 a 5	3 a 5
Relação Betume Vazios – RBV (%)		65 a 80	65 a 75
Vazios do agregado mineral - VAM (%)		Ver Tabela 5	Ver Tabela 5
Concentração crítica de fíler*	ES P00/26(18)	< 90% Cs	< 90% Cs
Resistência à Tração por Compressão Diametral Estática a 25ºC, mínima, MPa	NBR 15087(19)	0,80	0,65
* concentração crítica de fíler: valor da concentração máxima em volume de fíler admitida no sistema fíler-asfalto.			

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) recomenda-se que a relação fíler/asfalto em massa deve estar compreendida entre 0,6 e 1,2;

b) os vazios do agregado mineral – VAM, devem atender aos valores mínimos definidos em função do tamanho nominal máximo do agregado, conforme Tabela 5;

c) 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[20].

Tabela 5 – Requisitos para Vazios do Agregado Mineral – VAM

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

4 EQUIPAMENTOS

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

Os equipamentos básicos para execução dos serviços de concreto asfáltico com asfalto borracha são compostos das seguintes unidades:

4.1 Caminhões para Transporte do Ligante Asfalto-Borracha

As carretas-tanque de transporte de ligante modificado por borracha moída de pneus devem possuir bomba de circulação e serpentina com isolamento térmico.

4.2 Depósitos para Ligante Asfalto-Borracha

Os depósitos para o cimento asfáltico devem possuir capacidade adequada, possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta especificação. Estes dispositivos devem também evitar qualquer superaquecimento localizado. É necessário que sejam instalados agitadores mecânicos nos tanques e um sistema de circulação para o ligante asfáltico, de modo a garantir a circulação contínua do depósito ao misturador durante todo o período de 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.

4.3 Depósito para Agregados

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

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

4.4 Silos para Agregados

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

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

4.5 Usina para Misturas Asfálticas

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

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

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

As usinas devem possuir misturador externo ao tambor secador tipo *pug-mill*.

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

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

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 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 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.

As usinas devem possuir capacidade para usinagem de misturas até 180ºC.

4.6 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 ser providas de lona para proteção da mistura.

4.7 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.

A vibroacabadora deve ser equipada com esteiras metálicas para sua locomoção. O uso de acabadoras de pneus só deve ser admitido se for comprovado que a qualidade do serviço não é afetada por variações na carga da acabadora.

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 frente e para trás. As acabadoras devem ser 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.

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 Equipamento para Compactação

O equipamento para a compactação deve constituir-se por rolo pneumático 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 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 de 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.

4.9 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;
c) vassouras rotativas, compressores de ar para limpeza da pista;
d) caminhão tanque irrigador para limpeza de pista.

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de concreto asfáltico com asfalto-borracha, 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).

MINUTA

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

As 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 usinado a quente com asfalto-borracha somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10 ºC.

5.3 Preparo da Superfície

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

Caso tenha ocorrido chuva previamente à aplicação 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, respeitando os valores recomendados para taxa de ligante. Caneta ou regador podem ser utilizados somente para correções localizadas ou em locais de difícil acesso. Deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência quando da execução do concreto asfáltico.

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.

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

No caso de desdobramento da espessura total de concreto asfáltico 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 concreto asfáltico com asfalto-borracha, sobre a pintura de ligação só é permitido após o rompimento e cura do ligante aplicado.

5.4 Produção do Concreto Asfáltico com Asfalto-Borracha

O concreto asfáltico com asfalto-borracha 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.

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

As aberturas dos silos frios devem ser ajustadas de acordo com a granulometria do traço e dos agregados para evitar sobras nos silos quentes.

A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico modificado com borracha de pneus empregado deve, salvo em orientação contrária e justificada do fabricante, se situar nos limites de 165 ºC a 175 ºC. 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.

A temperatura de aquecimento dos agregados, medida nos silos quentes, deve ser até 10 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere 180 °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 na diminuição da temperatura da mistura com prejuízo da compactação.

5.5 Transporte do Concreto Asfáltico com Asfalto-Borracha

O concreto asfáltico com asfalto-borracha produzido deve ser transportado da usina ao local de aplicação, em caminhões, atendendo ao especificado no item 4.6 para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada.

As caçambas dos veículos devem ser cobertas com lonas impermeáveis durante o transporte de forma a proteger a massa asfáltica da ação de chuvas ocasionais, da eventual contaminação por poeira e, especialmente, 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, o que provoca resfriamento precoce.

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

5.6 Distribuição da Mistura

A distribuição do concreto asfáltico com asfalto-borracha deve ser feita por equipamentos adequados, conforme especificado no item 4.7.

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

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.

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

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada acabada, estas devem ser corrigidas de imediato pela adição manual da mistura. Seu espalhamento deve ser efetuado por meio de 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 acabadora 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 espalhamento manual.

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

A 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 esperar caminhões. A velocidade da acabadora deve estar sempre entre 2,5 m/minuto e 10,0 m/minuto.

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

5.7 Compactação da Mistura

A rolagem tem início logo após a distribuição do concreto asfáltico com asfalto-borracha. A fixação da temperatura de rolagem condiciona-se à natureza da massa e às características do equipamento utilizado. Como regra geral, deve-se iniciar a compactação na temperatura mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura esta fixada experimentalmente, em cada caso. A temperatura mínima recomendável para a compactação da mistura é de 150 ºC, devendo ser ajustada no campo em função dos equipamentos de compactação, condições ambientais e de serviço que garantam as características requeridas pela mistura, por ocasião do projeto de dosagem.

É obrigatória, às expensas do contratado, a execução de trecho experimental, que deve possuir no mínimo 150 m e cobrir a largura da faixa ou a metade da largura da pista, para definição dos equipamentos de compactação e números de passadas necessárias dos equipamentos para atingir o grau de compactação mínimo exigido nesta especificação, conforme item 7.3.1. Após aceitação do trecho experimental pela fiscalização, aos serviços podem ser iniciados.

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.

No caso de rejeição dos serviços no trecho experimental por desempenho insatisfatório, o trecho experimental deve ser refeito, as expensas do contratado.

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 nas emendas.

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.

5.9 Abertura ao Tráfego

A camada de concreto asfáltico, com asfalto-borracha recém-acabada, deve ser liberada ao tráfego somente quando a massa atingir a temperatura ambiente.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento Asfáltico Modificado por Borracha de Pneu

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

a) um ensaio de viscosidade *Brookfield*, conforme NBR 15184 (1);
b) um ensaio de penetração a 25 ºC, conforme NBR 6576(2);
c) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560(3);
d) um ensaio de recuperação elástica, conforme NLT 329(4);
e) um ensaio determinação de formação de espuma, quando aquecido a 175 ºC.

Pode ser utilizado viscosímetro rotacional portátil compatível ou adaptável através de correlação com o viscosímetro *Brookfield*.

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

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.

6.1.2 Agregados

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

Devem ser executadas as seguintes determinações no agregado graúdo:

a) abrasão Los Angeles, conforme NBR NM 51[8]: um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

b) caso o agregado apresente abrasão superior a 50%, verificar a degradação do agregado após a compactação Marshall, com e sem ligante conforme DNER ME 401[9]: 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[10]: um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

d) ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089[11]: um 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[14] e NBR 12584[15]: 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[12]: um ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.

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 AASHTO T 283[16].

6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica

O controle da produção do concreto asfáltico com asfalto-borracha deve ser acompanhando por laboratório, o qual deve realizar o acompanhamento e os ensaios pertinentes devendo obedecer à metodologia indicada pelo DER/SP atendendo os parâmetros recomendados.

6.2.1 Temperaturas

O controle da temperatura da produção da mistura asfáltica com asfalto-borracha 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 massa asfáltica, na saída dos caminhões carregados na usina: em todo caminhão.

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.

6.2.2 Granulometria dos Agregados

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

a) granulometria do agregado de cada silo quente ou dos silos frios, quando tratar-se de usina tipo tambor-secador-misturador: duas determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR 17054[(22)];

b) granulometria do material de enchimento: um ensaio por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR 17054[(22)];

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 e Granulometria da Mistura

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

a) extração de asfalto, conforme o método de ensaio ME-DE-P00/011[(25)], quantas vezes forem necessárias no início de cada jornada de trabalho e sempre que houver indícios da falta ou excesso de ligante no teor de asfalto da mistura, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho;

b) granulometria da mistura asfáltica com material resultante das extrações da alínea a; quantas vezes forem necessárias para a calibração da usina, no mínimo dois ensaios por jornada de 8 h de trabalho, conforme NBR 17054[(22)];

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 Teor de Ligante, Granulometria da Mistura e Densidade Máxima Medida (Rice)

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

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) extração de asfalto, conforme o método de ensaio ME-DE-P00/011[25], 2 extrações por jornada de 8 h de trabalho;

b) análise granulométrica da mistura de agregados, com material resultante das extrações da alínea a, de no mínimo 1.000 g, conforme NBR 17054[22], dois ensaios por jornada de 8 h de trabalho;

c) densidade máxima medida (Rice), conforme método de ensaio DNIT 427/2020 – ME[20], 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

6.3.3 Controle da Compactação

A cada 100 m de faixa de rolamento de massa compactada, deve ser obtida uma amostra indeformada extraída com sonda rotativa, em local aproximadamente correspondente à trilha de roda externa, na faixa externa. De cada amostra extraída com sonda rotativa deve ser determinada a respectiva densidade aparente, conforme DNIT 428/2022 –ME[21].

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

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

6.4.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada e a diferença de cotas de concreto asfáltico com asfalto-borracha devem ser avaliadas nos corpos-de-prova extraídos com sonda rotativa ou pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m.

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

6.4.2 Controle da Largura e 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

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

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

b) o acabamento longitudinal, para pavimentos novos, será avaliado pela irregularidade longitudinal da superfície, em cada faixa de tráfego. A irregularidade da superfície deve ser verificada por aparelhos adequados conforme indicado na IP-DE-P00/001[26] e o IRI (*International Roughness Index*) será determinado para cada trecho de200 metros ou nos locais indicados pela fiscalização;

6.5 Condições de Segurança

As condições de segurança devem ser determinadas pela macro textura do revestimento asfáltico, conforme NBR 16504[23], através de ensaios de mancha de areia, espaçados a cada 100 m, por faixa de rolamento.

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[27], ou FWD – *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[28].

7 ACEITAÇÃO

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

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento Asfáltico Modificado por Borracha de Pneus

O ligante asfalto-borracha é aceito desde que:

a) os resultados individuais de viscosidade *Brookfield*, penetração, ponto de amolecimento e recuperação elástica atendam ao especificado na Tabela 1;

b) o material não produza espuma, quando aquecido a 175 °C.

7.1.2 Agregados

Os agregados são aceitos desde que:

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

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

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.

7.1.3 Melhorador de adesividade

Os aditivos melhoradores de adesividade, quando utilizados, devem ser aceitos desde que os resultados individuais da razão da resistência à tração por compressão diametral estática após e antes da imersão seja superior a 0,70.

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 ligante asfalto-borracha, efetuadas ao longo do dia de produção, encontrarem-se situadas na faixa desejável;

b) estiverem abaixo de 180 °C; a temperatura de aquecimento dos agregados, medida nos silos quentes deve ser até 10 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere a 180 °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 massa asfáltica chegada à pista deve ser aceita, sob o ponto de vista de temperatura, se:

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

b) a temperatura da massa, no decorrer da rolagem, propicie adequadas condições de compactação, tendo em vista o equipamento utilizado e o grau de compactação buscado, nunca sendo inferior a 150 °C.

7.2.2 Mistura Asfáltica

7.2.2.1 Granulometria dos agregados e da mistura

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

7.2.2.2 Teor de ligante

Os teores de ligante devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, de acordo com anexo B. As tolerâncias admitidas para variação do teor é 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 estatístico de no mínimo 4 amostras. O grau de compactação individual é determinado através da seguinte equação:

$$GC_1 = \frac{100xd_{pista}}{G_{mm}}$$

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:

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;

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 qualquer uma das réguas;

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

MINUTA

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

c) 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[(28)];

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 equação 4 do anexo B, para no mínimo 15 determinações, deve ser a estabelecida em projeto.

8 CONTROLE AMBIENTAL

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

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;

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;

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.

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 carregamento para cursos d'água;

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

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

8.2 Cimento Asfáltico

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

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

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

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

8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras

As operações em usinas asfálticas a quente englobam:

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

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

c) transporte e estocagem de fíler;

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

Os agentes e fontes poluidoras da operação das usinas de asfalto estão apresentados na Tabela 6 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 6 – 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;

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

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.

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 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
23.08.06.01 – Concreto asfáltico com asfalto-borracha, graduação I	m³
23.08.06.02 – Concreto asfáltico com asfalto-borracha, graduação II	m³
23.08.06.03 – Concreto asfáltico com asfalto-borracha, graduação III	m³
23.08.06.04 – Concreto asfáltico com asfalto-borracha, graduação IV	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6576**. Materiais asfálticos – Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

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

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

5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11341**. Derivados de petróleo – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. Rio de Janeiro, 2015.

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

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

8 ____. **NBR 16974**. Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2022.

9 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.

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

11 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.

12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo – Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de

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.

Janeiro, 1992.

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

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

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

16 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15617**. Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida. São Paulo, 2015.

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

18 DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ES P00/26**. Determinação da concentração crítica de fíler no sistema fíler-betume. São Paulo, 1989.

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

20 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.

21 ____. **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.

22 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2022.

23 ____. **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.

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

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

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

27 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**.

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.

Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

28 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “falling weight deflectometer – FWD”. Rio de Janeiro, 1996.

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				
Viscosidade Brookfield	NBR 15184 (1)	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Atender aos limites especificados na Tabela 1
Penetração	NBR 6576(2)			
Ponto de amolecimento	NBR 6560(3)			
Recuperação elástica	NLT 329(4)			
Formação de espuma	Aquecido a 175 ºC			Não produzir espuma
1.2 Agregados				
Abrasão Los Angeles	NBR 16974 (8)	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(9)			Se apresentarem desempenho satisfatório em utilização anterior e $ID_{ml} \leq 5\%$ $ID_m \leq 8\%$
Índice de forma	DNIT 425/2020 – ME(10)			≥ 0,5
Durabilidade com sulfato de sódio, em 5 ciclos	DNER ME 089(11)			≤ 12%
Equivalente de areia do agregado miúdo	NBR 12052(12)	1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do agregado		≥ 55%
Adesividade ao ligante asfáltico	NBR 12583(14) e NBR 12584(15)	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	Adesividade satisfatória Quando a adesividade for insatisfatória, empregar melhorador de adesividade

/continua

/continuação

MINUTA

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

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1.3 Melhorador de Adesividade				
Verificação da adesividade	NBR 15187[16]	1 ensaio após o emprego do melhorador de adesividade	Resultados individuais	$\frac{RT_{SATURADO}}{RT_{SECO}} > 0{,}70$
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 até 10 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere a 180°C
Temperatura do cimento asfáltico, antes da entrada do misturador		2 determinações por jornada de 8 h de trabalho	Resultados individuais	165 ºC a 180 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
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 ajustes necessários.				

/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[22]	2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto
Granulometria do material de enchimento - fíler	NBR 17054[22]	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 3
2.3 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de ligante	ME-DE-P00-011[25]	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina Quando houver indícios de falta e excesso no teor de asfalto 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

/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
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054[22]	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 3
3. CONTROLE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
3.1 Temperaturas				
Temperatura da massa ao chegar na pista, medida imediatamente antes de aplicação	Termômetro bimetálico com precisão de 5 ºC	De todo caminhão carregado que chegar à pista	Resultados individuais	Poderá variar ± 5 °C da indicada para início da rolagem
Temperatura da massa asfáltica, no momento do espalhamento e no início da compactação		De cada descarga efetuada	Resultados individuais	Temperatura que propicie adequadas condições de compactação, nunca inferior a 150 ºC
3.2 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de ligante	ME-DE-P00-011[25]	2 extrações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,3% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054[22]	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

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 correspondente e o grau de compactação	DNIT 428/2022-ME[21]	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada	Cálculo estatístico $GC = \frac{100xd_{pista}}{G_{mm}}$	O grau de compactação é aceito se: O valor estatístico for GC ≥ 92% e < 97%.
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
4.1 Geométrico				
Determinação da espessura através de corpos-de-prova extraídos	Extração com sonda rotativa, e determinação da espessura com paquímetro	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada.	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ 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
Espessura	Relocação e nivelamento topográfico	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários, camada de rolamento A cada 20 m, no eixo, bordas e trilhas de roda, camada de ligação	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras Resultados Individuais	± 5% da espessura de projeto e não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação da espessura de projeto - 2cm a +1 cm da cota de projeto
Cota		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.

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4.2 Acabamento				
Nivelamento com 2 réguas, uma de 3,0 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista	Réguas	A cada 20 m	Resultados individuais	A variação da superfície em dois pontos quaisquer de contato deve ser < 0,5 cm
Irregularidade longitudinal, para camada de rolamento dos pavimentos novos	IP-DE-P00/001[26]	Em cada faixa de rolamento, determinado a cada trecho de 200 m, ou nos locais indicados pela fiscalização		Conforme projeto
De modo geral as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências. A superfície deve apresentar desempenada, não deve conter marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações de variações decorrentes da carga da vibroacabadora				
5. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA				
Determinar a macrotextura, para camadas de rolamento, através do ensaio de macha de areia	NBR 16504[23]	Uma determinação a cada 100 m	Resultados individuais	Altura da areia situada entre 0,6 mm e 1,2 mm
6. DEFLEXÕES				
Determinação deflectométrica, D_0 e D_{25}	Viga Benckelman DNER ME 024[27] Ou FWD DNER PRO 273[28]	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0; A cada 80 m determinar D_{25}	Controle Unilateral $X = \overline{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser 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 ($\bar{X}$)	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	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)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 – Controle pelo limite inferior 4- Controle pelo limite superior	$X = \bar{X} - KS \geq LIE$ ou $X = \bar{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 – Controle pelo limite inferior e superior	$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$	

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.