TÍTULO

SUB-BASE OU BASE DE MACADAME ASFÁLTICO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Macadame. Asfalto. Polímero.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A ET**-P00/029** – Camada de Macadame Betuminoso. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 149/2010 - ES. Pavimentação asfáltica – Macadame betuminoso com ligante asfáltico convencional por penetração – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNER ES-394/99. Pavimentação - por penetração com asfalto polímero. Rio de Janeiro, 1999.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

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

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 DEFINIÇÃO 4
3 MATERIAIS 4
3.1 Ligante Asfáltico 4
3.2 Agregados 4
3.3 Melhorador de Adesividade 5
3.4 Granulometria dos Agregados e Taxa de Aplicação do Ligante Asfáltico 5
4 EQUIPAMENTOS 6
5 EXECUÇÃO 7
5.1 Segmento Experimental 7
5.2 Condições Gerais 7
5.3 Distribuição do Agregado Graúdo 8
5.4 Compactação do Agregado Graúdo 9
5.5 Primeira Aplicação do Ligante Asfáltico 9
5.6 Distribuição de Agregado Miúdo 10
5.7 Compactação da Primeira Camada de Agregado Miúdo 10
5.8 Segunda Aplicação do Ligante Asfáltico 10
5.9 Abertura ao Tráfego 10
6 CONTROLE 11
6.1 Materiais 11
6.2 Controle de Execução 12
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento 13
6.4 Deflexões 13
7 ACEITAÇÃO 13
7.1 Materiais 13
7.2 Execução 14
7.3 Geometria 14
8 CONTROLE AMBIENTAL 15
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 15
8.2 Cimento Asfáltico 16
8.3 Execução 16
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 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.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 20
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 25
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO 27
ANEXO D - ESPECIFICAÇÃO PARA EMULSÃO ASFÁLTICA 29

MINUTA

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

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição dos serviços de sub-base e base de macadame asfáltico em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Macadame asfáltico é a camada de pavimento realizada por intermédio de duas aplicações alternadas de ligante asfáltico sobre agregados de tamanho e quantidades especificadas, devidamente espalhadas, niveladas e compactadas.

3 MATERIAIS

Os materiais constituintes do macadame asfáltico são agregados minerais e ligante asfáltico, os quais devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações aprovadas pelo DER/SP.

3.1 Ligante Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes ligantes asfálticos:

a) CAP 30-45; CAP 50-70. CAP 85-100, classificação por penetração, atendendo à Resolução nº 19/2005 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP; ou à especificação que estiver em vigor na época de sua utilização;

b) emulsão catiônica de ruptura rápida RR-2C, as emulsões asfálticas de ruptura rápida devem atender à Resolução nº 36/2012 da ANP, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

Todo o carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar por parte do fabricante ou distribuidor o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação, ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias.

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 Agregados

Os agregados devem constituir-se de pedra, cascalho ou seixo rolado britado. Devem apresentar partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Devem atender aos seguintes requisitos:

a) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974[(1)], igual ou inferior a 50%, para agregado retido na peneira nº 10;

b) durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089[(2)], inferior a 12%;

MINUTA

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

c) o agregado obtido por britagem de seixos rolados, pelo menos 95% dos fragmentos retidos na peneira nº 4, em peso, devem apresentar uma ou mais faces resultantes de fratura;

d) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 – ME(3), para agregados retidos na peneira nº 4;

e) adesividade agregado-ligante asfáltico satisfatória, conforme NBR 12583(4) e NBR 12584(5), caso contrário, deve-se empregar melhorador de adesividade.

3.3 Melhorador de Adesividade

A adesividade dos agregados ao ligante betuminoso é determinada conforme os métodos NBR 12583(4) e NBR 12584(5).

Não havendo adesividade satisfatória entre o ligante asfáltico e os agregados graúdos e miúdos, deve-se empregar melhorador de adesividade na quantidade fixada experimentalmente.

3.4 Granulometria dos Agregados e Taxa de Aplicação do Ligante Asfáltico

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se indicadas as faixas granulométricas do agregado graúdo e miúdo recomendado e as quantidades de agregados e material asfáltico correspondentes.

Tabela 1 – Composição Granulométrica para utilização de CAP

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando								Tolerâncias
ASTM	mm	A		B		C		D		
		camadas		camadas		camadas		camadas		
		1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	
3”	76,0	100		100						
2 ½”	63,0	90 - 100		90 - 100		100				± 7%
2”	50,8	35 - 70		35 - 70		95 - 100		100		± 7%
1½”	38,1	0 - 15		0 - 15		35 - 70		95 - 100		± 7%
1”	25,4	-	100	-	100	0 - 15	100	20 – 55		± 7%
3/4”	19,1	0 - 5	90 - 100	-	90 - 100	-	90 - 100	0 – 15	100	± 7%
1/2”	12,5	-	-	-	-	0 - 5	-	-	90 - 100	± 7%
3/8”	9,5	-	20 - 55	-	20 - 55	-	20 - 55	0 – 5	40 - 75	± 7%
nº 4	4,8	-	0 - 10	-	0 - 10	-	0 - 10		5 - 25	± 5%
nº 10	2,0	-	0 - 5		0 - 5	-	0 - 5		0 - 10	± 5%
nº 40	0,42				-	-			0 - 5	± 5%
Espessura da camada compactada (cm)		7,5 - 10,0		6,5 – 7,5		5,0 – 6,5		4,0 – 5,0		-

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 Granulométrica para utilização de emulsão asfáltica

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando										Tolerâncias
ASTM	mm	A		B		C		D		E		
		camadas		camadas		camadas		camadas		camadas		
		1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	
3”	76,0	100										
2 ½”	63,0	75 - 95		100								± 7%
2”	50,8	60 - 80		70 - 90		100						± 7%
1½”	38,1	40 - 65		50 - 70		65 - 85		100				± 7%
1”	25,4	20 - 40		25 - 45		35 - 55		55 - 75		100		± 7%
3/4”	19,1	10 - 30	100	15 - 35	100	15 - 35	100	35 - 55	100	60 - 80	100	± 7%
1/2”	12,5	0 - 15	95 - 100	0 - 15	95 - 100	0 - 15	95 - 100	10 - 30	95 - 100	20 - 40	95 - 100	± 7%
3/8”	9,5	-	40 - 75	-	40 - 75	-	40 - 75	0 - 15	40 - 75	-	40 - 75	± 7%
nº 4	4,8	0 - 5	0 - 10	0 - 5	0 - 10	0 - 5	0 - 10	0 - 5	0 - 10	0 - 10	0 - 10	± 5%
nº 10	2,0	-	0 - 5	-	0 - 5	-	0 - 5	-	0 - 5	-	0 - 5	± 5%
nº 40	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	-	± 5%
Espessura da camada compactada (cm)		9 - 10,0		7,5 - 9,0		6,5 - 7,5		5,0 - 6,5		4,0 - 5,0		-

As quantidades constantes nas Tabelas 1e 2 são indicativas; os valores exatos devem ser fixados no projeto e ajustados em campo no início dos serviços em trechos experimentais.

A escolha da faixa do agregado graúdo deve ser feita em função da espessura da camada a ser executada. A composição granulométrica deve atender aos seguintes requisitos:

a) o tamanho máximo do agregado deve ser igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada. Define-se com tamanho máximo do agregado a abertura da peneira da faixa especificada para o material, através da qual passam 100% das partículas da amostra;

b) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira nas Tabelas 1 e 2, porém sempre respeitando os limites da faixa granulométrica adotada.

4 EQUIPAMENTOS

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

O equipamento básico para a execução da sub-base ou base de macadame asfáltico compreende as seguintes unidades:

a) depósitos de material asfáltico que permitam o aquecimento de maneira uniforme e sem riscos de oxidação; estes devem ter capacidade compatível com o consumo da 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.

b) caminhão distribuidor de cimento asfáltico, com sistema de aquecimento, bomba de pressão regulável, barra de distribuição de circulação plena e dispositivos de regulagem horizontal e vertical, bicos de distribuição calibrados para aspersão em leque, tacômetros, manômetros e termômetros de fácil leitura, e mangueira de operação manual para aspersão em lugares inacessíveis à barra; o equipamento espargidor deve possuir certificado de aferição atualizado e aprovado pelo DER/SP; a aferição deve ser renovada a cada quatro meses, como regra geral, ou a qualquer momento, caso a fiscalização julgue necessário; durante o decorrer da obra deve-se manter controle constante de todos os dispositivos do equipamento espargidor;

c) distribuidor de agregados autopropelido capaz de distribuir o agregado sem provocar segregação,

d) motoniveladora;

e) rolo de pneus autopropelido, de pressão regulável entre 0,25 MPa a 0,84 MPa, ou 2,5 kg/cm² a 8,8 kg/cm²;

f) rolo compactador liso tipo tandem, pesando de 10 toneladas a 14 toneladas;

g) compactadores manuais, uso eventual;

h) vassouras mecânicas ou manuais;

i) caminhões basculantes;

j) pá-carregadeira ou retroescavadeira;

k) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,0 m de comprimento;

l) outras ferramentas, tais como: pás, enxadas, ancinhos, garfos, rastelos etc.

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

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

a) Verificar se o material que chega ao campo 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 do material, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada integra de macadame asfáltico, assim como seu grau de compactação de projeto.

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de CAUQ, 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.

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 macadame asfáltico só pode ser executado quando a camada subjacente estiver liberada quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

A superfície deve estar perfeitamente limpa, desempenada e sem excessos de umidade para execução da sub-base ou base de macadame asfáltico.

Durante todo o tempo de execução da sub-base ou base de macadame asfáltico, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação

O cimento asfáltico não deve ser aplicado em superfícies molhadas ou com os agregados molhados.

Nenhum material asfáltico deve ser aplicado com temperatura ambiente inferior a 10 ºC.

A temperatura de aplicação do material asfáltico deve ser fixada em função da relação temperatura-viscosidade; deve ser escolhida a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento. A viscosidade de Saybolt Furol deve estar compreendida no intervalo de 20 a 60 segundos para CAP e de 20 a 100 segundos para emulsão asfáltica;

No caso de utilização do melhorador de adesividade, exige-se que o aditivo seja adicionado ao ligante no canteiro da obra, executando sempre a circulação da mistura ligante-aditivo; deve-se fazer essa mistura com a circulação do ligante asfáltico no próprio equipamento espargidor.

O início da execução do macadame asfáltico condiciona-se à aferição do equipamento espargidor; deve-se verificar o perfeito funcionamento dos bicos espargidores, de modo a distribuir o material uniformemente, determinando a vazão do ligante em função da velocidade do veículo para atender à taxa de aplicação indicada no projeto ou determinada pela fiscalização.

Na composição do macadame asfáltico devem ser utilizados agregados de mesma natureza.

5.3 Distribuição do Agregado Graúdo

Sobre a pista convenientemente demarcada é iniciado o serviço, com a distribuição da camada de agregado graúdo, deve-se fazer o espalhamento em uma camada de espessura uniforme e homogênea, com o uso do distribuidor de agregados ou motoniveladora.

O espalhamento do material deve ser executado de forma que as juntas longitudinais não fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas e as juntas transversais não fiquem no mesmo alinhamento entre as diferentes camadas de pavimento

Após a aplicação do agregado, deve-se verificar cuidadosamente a homogeneidade de espalhamento, promovendo a correção de eventuais falhas, tanto de falta quanto de excesso de material. As falhas de distribuição devem ser corrigidas com processos e ferramentas manuais. Após a correção, a superfície deve ser regularizada com motoniveladora.

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.

Durante a operação de espalhamento do agregado graúdo, deve-se evitar sua aplicação em excesso. Caso isto venha ocorrer, deve-se remover o material antes da compactação.

5.4 Compactação do Agregado Graúdo

A compactação deve sempre ser iniciada pelas bordas, tomando-se o cuidado de, nas primeiras passadas, fazer com que o rolo se apoie na base em construção e no acostamento. Nos trechos em tangente, a compactação deve prosseguir das bordas para o centro, em percurso equidistante da linha de base, eixo. O percurso ou passadas do equipamento utilizado deve distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade de faixa do percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo superelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para trechos em tangente.

A compactação deve prosseguir até que o agregado adquira estabilidade suficiente, não seja empurrado, e nem ocorra sulcamento excessivo sob a ação das rodas do rolo compactador em movimento. O número de passadas do equipamento, necessárias para compactação do agregado, deve ser determinado em trechos experimentais, no início dos trabalhos, conforme indicado no item 5.1. A compactação deve ser interrompida toda vez que se observar sinais de esmagamento do agregado.

Após o término da compactação da área deve-se verificar o greide longitudinal e das seções transversais, efetuando-se, com agregado graúdo, as correções, se necessário.

Em lugares inacessíveis ao equipamento de compactação ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida deve ser realizada à custa de compactadores portáteis, sejam vibratórios ou tipo sapos mecânicos.

5.5 Primeira Aplicação do Ligante Asfáltico

O ligante asfáltico deve ser aplicado pelo veículo distribuidor de uma só vez, em toda a largura da faixa a ser tratada, de modo uniforme, na taxa especificada em projeto e em temperatura determinada pela curva temperatura-viscosidade, que proporcione a melhor viscosidade de aplicação.

Durante a aplicação, devem ser evitados e corrigidos imediatamente o excedente ou a falta de ligante asfáltico, situação comum na execução das juntas transversais e longitudinais.

Para evitar excesso de ligante asfáltico na junta transversal ou longitudinal, deve-se colocar sobre a superfície da camada anterior uma faixa de papel adequado, com largura mínima de 0,80 m.

Quando o cimento asfáltico for aplicado em temperaturas superiores a 150 ºC, é importante executar a aplicação com a maior rapidez possível para aproveitar a viscosidade do ligante aquecido, o que garante melhor qualidade de aderência do ligante ao agregado. Também por esta razão, a extensão do cimento asfáltico aplicado deve ficar condicionada à capacidade de cobertura imediata pelo agregado miúdo.

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.

5.6 Distribuição de Agregado Miúdo

Imediatamente após a aplicação do ligante asfáltico, deve-se executar a distribuição de agregado miúdo.

O equipamento de distribuição do agregado miúdo deve ser operado em marcha ré, de modo a evitar que suas rodas entrem em contato com o ligante asfáltico.

À medida que se executa a distribuição, as falhas eventualmente existentes devem ser corrigidas manualmente.

Após a distribuição, a camada de agregado miúdo deve ser regularizada por varredura, com equipamento adequado.

5.7 Compactação da Primeira Camada de Agregado Miúdo

A compactação deve iniciar-se imediatamente após a regularização da camada de agregado miúdo, de modo a aproveitar a viscosidade do material asfáltico ainda quente.

A compactação deve ser executada de forma análoga descrita para o agregado graúdo e prosseguir até que os fragmentos fiquem bem aglutinados pelo ligante asfáltico.

No final da compactação, a sub-base ou base em construção deve apresentar superfície lisa e não deve mover-se perceptivelmente sob a ação das rodas do compactador em movimento.

Nesta fase a compactação pode ser executada, a critério da fiscalização, com o rolo liso e o rolo de pneus, concomitantemente.

Após a rolagem final da superfície, deve ser feita verificação do greide longitudinal e transversal, com utilização das réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista.

Após o término da compactação, a superfície da sub-base ou base em construção deve ser varrida, de modo a remover o material solto.

5.8 Segunda Aplicação do Ligante Asfáltico

Em seguida, deve-se executar a segunda distribuição do ligante asfáltico, de forma análoga e com os mesmos cuidados da primeira distribuição.

5.9 Abertura ao Tráfego

O tráfego não deve ser permitido durante a aplicação do ligante asfáltico ou dos agregados.

Decorridas 24 horas do término da compactação, o trânsito pode ser liberado de modo controlado, com velocidade máxima de 40 km/h. De cinco a dez dias após a abertura ao tráfego, deve ser feita varredura dos agregados não fixados pelo ligante e a camada deve estar pronta para receber o revestimento superior indicado.

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 CONTROLE

6.1 Materiais

6.1.1 Cimento Asfáltico

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

a) um ensaio de penetração em 100 g, 5 s, a 25º C, conforme NBR 6576[6];
b) um ensaio de viscosidade de Saybolt Furol, conforme NBR 14950[7];
c) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341[8];
d) um ensaio determinação de formação de espuma, quando aquecido a 177º C.

Para cada 100 t:

a) um índice de susceptibilidade térmica, determinado pelos ensaios NBR 6576[6] e NBR 6560[9];
e) 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[7].

6.1.2 Emulsão Asfáltica

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

a) um ensaio de resíduo por destilação conforme NBR 6568[22];

b) um ensaio de peneiração, conforme NBR 14393[17];

c) um ensaio de desemulsibilidade, conforme DNIT 157/2011 – ME[24];

d) um ensaio de carga da partícula, conforme NBR 6567[20];

Para cada 100 t:

a) 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[7].

6.1.3 Agregados

Devem ser executados os seguintes ensaios nos agregados:

a) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974[1]; um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
b) durabilidade, conforme DNER ME 089[2]; um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
c) índice de forma, conforme DNIT 425/2020 – ME[3], 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

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.

d) granulometria para cada tipo de agregado graúdo ou miúdo, conforme NBR 17054[10], dois ensaios por jornada de 8 horas trabalho em amostras coletadas na pista, coletadas com intervalo mínimo de 4 horas;

e) adesividade dos agregados ao ligante asfáltico, conforme NBR 12583[4] e NBR 12584[5]; para todo carregamento que cimento asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais.

6.1.4 Melhorador de Adesividade

Quando a adesividade não for satisfatória e o melhorador de adesividade for incorporado na mistura, deve ser verificada novamente a adesividade conforme NBR 12583[4] e NBR 12584[5].

O controle da aplicação do melhorador de adesividade consiste na verificação sistemática da quantidade a ser incorporada ao ligante asfáltico, da forma de incorporação e do tempo de circulação.

6.2 Controle de Execução

6.2.1 Controle da Aplicação do Agregado Mineral

Devem ser feitos pelo menos dois controles da quantidade de agregado aplicado para cada dia de operação.

O controle de quantidade de agregados espalhados longitudinal e transversalmente deve ser feito mediante colocação de bandejas, de peso e área conhecidos, na pista onde houver o espalhamento; obtém-se a quantidade de agregados espalhada por intermédio de pesagens, após a passagem do dispositivo do distribuidor de agregados.

Este mesmo agregado deve servir para o ensaio de granulometria, que controlará a uniformidade do material utilizado.

6.2.2 Controle da Temperatura de Aplicação do Ligante Asfáltico

A temperatura do ligante asfáltico deve ser medida no caminhão distribuidor, imediatamente antes da aplicação, a fim de verificar se satisfaz o intervalo definido pela relação viscosidade x temperatura. A faixa de viscosidade *Saybolt Furol* deve situar-se de 20 a 60 segundos.

6.2.3 Controle da Quantidade de Ligante Asfáltico

O controle da quantidade do material asfáltico aplicado deve ser feito da seguinte maneira: coloca-se na pista uma bandeja de peso e área conhecida mediante uma pesagem; após a passagem do carro distribuidor, obtém-se a quantidade de material asfáltico usada. Esta modalidade deve ser aplicada somente no caso de uso de barra espargidora.

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 Geométrico e de Acabamento

6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m; devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

A espessura da camada e as diferenças de cotas devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal a cada 20 m, conforme nota de serviço.

6.3.2 Controle da Largura e Alinhamento

A verificação do eixo e 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.

6.3.3 Controle do Acabamento da Superfície

As condições de acabamento geral da superfície devem ser apreciadas pela fiscalização em bases visuais, e durante a execução deve ser feito, em cada estaca da locação, o controle de acabamento da superfície, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista.

6.4 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[(11)], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[(12)]

7 ACEITAÇÃO

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

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento Asfáltico

O cimento asfáltico é aceito desde que os resultados individuais dos ensaios referidos nos itens 6.1.1 atendam aos requisitos especificados no anexo C, ou a legislação que estiver em vigor na época de sua utilização.

7.1.2 Agregados

Os agregados são aceitos desde que:

a) os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, lamelaridade e durabilidade do agregado graúdo e miúdo, atendam ao estabelecidos no item 3.2;

MINUTA

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

b) os resultados da granulometria da mistura, 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.

7.1.3 Melhorador de Adesividade

Os aditivos melhoradores de adesividade, quando utilizados, são aceitos desde que os resultados individuais dos ensaios NBR 12583(4) e NBR 12584(5) produzam adesividade satisfatória.

7.2 Execução

7.2.1 Quantidade e Uniformidade do Agregado

A uniformidade de distribuição é aceita em bases visuais.

A quantidade de agregado, analisada estatisticamente, conforme anexo B, é aceita se apresentar valores mínimos e máximos entre ± 15 % em relação à taxa dosagem.

Quando ocorrer variação para mais da taxa de dosagem, é necessário acrescentar a quantidade de ligante em proporção equivalente.

7.2.2 Temperaturas

A temperatura do ligante asfáltico, determinada imediatamente antes da aplicação, deve satisfazer o intervalo de temperatura definido pela relação viscosidade-temperatura.

7.2.3 Quantidade e Uniformidade de Aplicação de Ligante Asfáltico

A quantidade total da taxa de aplicação do ligante asfáltico, determinada estaticamente pelo controle bilateral, conforme anexo B, deve estar compreendida no intervalo de ± 0,3 l/m^2 em relação à indicada no projeto ou definido experimentalmente.

Visualmente a distribuição deve ser considerada homogênea.

7.3 Geometria

Os serviços executados são aceitos desde que sejam atendidas as seguintes condições:

a) as variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo de -2 cm a +1cm em relação à de projeto;

b) não se obtenham diferenças nas espessuras superiores a 10% em relação a espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;

c) a espessura determinada estatisticamente através do controle bilateral, conforme anexo B, situe-se no intervalo de ± 5% em relação à espessura prevista em projeto;

d) não se obtenham valores individuais da largura da plataforma inferiores as 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.

e) o abaulamento transversal esteja compreendido na faixa de ± 0,5 % em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem o acúmulo de água.

O acabamento da superfície é aceito desde que:

a) a variação máxima entre dois pontos de contato, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada, seja de inferior 0,5 cm;

b) a distribuição dos agregados e ligante seja considerada satisfatória.

7.3.1 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para número 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 macadame asfáltico.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Os seguintes procedimentos devem ser tomados 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;

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, é 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;

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.

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

A estocagem cimento asfáltico, e agregados deve-se feita em local pré-estabelecido e controlado. Caso seja necessária a instalação de canteiro de obras, este deve ser cadastrado conforme a legislação vigente.

a) os locais de estocagem e estacionamento de caminhões tanques devem ser afastados de cursos d'água, vegetação nativa ou áreas ocupadas;

b) no local de estacionamento e manutenção dos caminhões tanques devem ser instalados dispositivos para retenção de pequenos vazamentos;

c) os tanques de emulsão devem ser instalados dentro de tanques periféricos para retenção do produto em casos de vazamentos;

d) os silos de estocagem de agregados devem ser dotados de proteções laterais para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento;

e) manter em boas condições de operação todos os equipamentos do processo e de controle;

f) a área de estocagem, estacionamento, manutenção de equipamentos deve ser recuperadas ambientalmente quando da desmobilização das atividades.

8.3 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) executar os serviços preferencialmente em dias secos, de modo a evitar o arraste da emulsão ou cimento asfáltico pelas águas da chuva para cursos de água;

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

d) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;

e) 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;

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) 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;

g) é proibido a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na base e sub-base de macadame asfáltico junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

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

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser medido em metro cúbico de concreto da camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando a extensão obtida a partir do estaqueamento pela largura da seção transversal e pela espessura de projeto.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme preço unitário contratual respectivo, no qual estão incluídos: o transporte e armazenamento do ligante e agregados, transporte dos materiais até os locais de aplicação, melhorador de adesividade, aquecimento, perdas, descarga, espalhamento, compactação e acabamento, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.04.06.02.01 – Sub-base ou base de macadame asfáltico, faixa A	m³
23.04.06.02.02 – Sub-base ou base de macadame asfáltico, faixa B	m³
XX. XX. XX. XX.XX – Sub-base ou base de macadame asfáltico, faixa C	m³
XX. XX. XX. XX.XX – Sub-base ou base de macadame asfáltico, faixa D	m³
XX. XX. XX. XX.XX – Sub-base ou base de macadame asfáltico, faixa E	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16974**. Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à abrasão *Los Angeles*. Rio de Janeiro, 2022.

2 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.

3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 425/2020 - ME**. Pavimentação - Agregado - Determinação do índice de forma com paquímetro - Método de ensaio. Brasília, 2020.

4 ____. **NBR 12583**. Agregado graúdo – Determinação da adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.

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

6 ____. **NBR 6576**. Materiais betuminosos – Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

7 ____. **NBR 14950**. Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2003.

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

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

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

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

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

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

14 ____. **NBR 6293**. Materiais betuminosos – Determinação da ductibilidade. Rio de Janeiro, 2015.

15 ____. **NBR 14491**. – Emulsões asfálticas - Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2007.

16 ____. **NBR 6570**. – Ligantes asfálticos - Determinação da sedimentação e estabilidade à estocagem de emulsões asfálticas. Rio de Janeiro, 2016.

17 ____. **NBR 14393**. – Emulsões asfálticas — Determinação da peneiração. Rio de Janeiro, 2012.

18 ____. **NBR 14249**. – Emulsão asfáltica catiônica - Determinação expedida da resistência à água (adesividade) sobre agregados graúdos. Rio de Janeiro, 2007.

19 ____. **NBR 14757**. – Microrrevestimentos e lamas asfálticas - Determinação da adesividade de misturas. Rio de Janeiro, 2017.

20 ____. **NBR 6567**. – Ligantes asfálticos - Emulsões asfálticas - Determinação da carga de partícula - Asphalt binders - Asphalt emulsions - Determination of particle charge. Rio de Janeiro, 2015.

21 ____. **NBR 6299**. – Emulsões asfálticas — Determinação do pH. Rio de Janeiro, 2012.

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.

22 ____. **NBR 6568**. – Emulsões asfálticas - Determinação do resíduo de destilação. Rio de Janeiro, 2012.

23 ____. **NBR 6569**. – Emulsões asfálticas catiônicas - Determinação da desemulsibilidade. Rio de Janeiro, 2012.

24 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 157/2011 - ME**. Emulsões asfálticas catiônicas – Determinação da desemulsibilidade – Método de ensaio. Brasília, 2020.

25 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2872-22** Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt Binder (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 não Modificado por Polímero				
Penetração (100 g, 5 s, 25º C)	NBR 6576[6]	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Valores individuais	Atender o especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização
Ponto de Amolecimento	NBR 6560[9]			
Viscosidade de Saybolt Furol	NBR 14950[7]			
Ponto de Fulgor	NBR 11341[8]			
Formação de Espuma,	Aquecido a 177º C			
Índice de Susceptibilidade Térmica	NBR 6576[6] NBR 6560[9]	1 ensaio para cada 100 t		
Viscosidade Saybolt Furol a diferentes temperaturas para estabelecer a curva viscosidade-temperatura	NBR 14950[7]			
1.2 Emulsão Asfáltica				
Resíduo de destilação	NBR 6568[22]	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Valores individuais	Atender o especificado no anexo D, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização
Peneiração	NBR 14393[17]			
Desemulsibilidade	DNIT 157/2011 – ME[24]			
Carga da partícula	NBR 6567[20]			
Viscosidade Saybolt Furol a diferentes temperaturas para estabelecer a curva viscosidade-temperatura	NBR 14950[7]	1 ensaio para cada 100 t		

/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 e Miúdo				
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
Durabilidade com sulfato de sódio, em 5 ciclos	DNER ME 089(2)			≤ 12%
Índice de forma	DNIT 425/2020 – ME (3)			Índice de forma ≥ 0,5
Granulometria do agregado	NBR 17054(10)	Dois ensaios por jornada de 8 h trabalho em amostras coletadas na pista, coletadas com intervalo mínimo de 4 horas	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Apresentem variação dentro da definida pela faixa de trabalho do agregado
1.4 Melhorador de Adesividade				
Adesividade ligante-agregado	NBR 12583(4) e NBR 12584(5)	Três ensaios no início da utilização do ligante na obra, e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	Adesividade satisfatória, caso contrário aplicar melhorador
Incorporação do Melhorador de Adesividade	-	Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra	Verificação Sistêmica	-

/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 EXECUÇÃO				
2.1 Agregados				
Taxa de Aplicação	Pesagens de bandejas	Dois ensaios para cada camada, por jornada de 8 horas trabalho em amostras coletada na pista para cada tipo de agregado	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 15 % da taxa de projeto
2.2 Ligante Asfáltico				
Temperatura de Aplicação	Termômetro bimetálico com precisão de 5ºC	Uma verificação antes de cada aplicação no caminhão espargidor	Resultados individuais	A temperatura deve ser tal que a viscosidade Saybolt Furol se situe entre de 20 a 60 segundos.
Taxa de Aplicação	Pesagens de bandejas	Dois ensaios para cada camada, por jornada de 8 horas trabalho	Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,3 l / m^2 da taxa de projeto

/continua

MINUTA

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

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Espessuras	Relocação e nivelamento topográfico	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários	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
Cotas		A cada 20 m	Resultados individuais	- 2cm a +1 cm da cota de projeto
Alinhamento da plataforma Largura da plataforma	Relocação e nivelamento Medidas de trena	A cada 20 m		No máximo +10 cm
Acabamento da superfície	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	A cada 20 m		A variação da superfície em dois pontos quaisquer de contato deve ser < 0,5 cm e visualmente seja considerada satisfatória a distribuição dos agregados e ligante
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER ME 024[11] ou FWD DNER PRO 273[12]	A cada 20 m por faixa alternada (a cada 40 m na mesma faixa)	Controle Unilateral $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a especificada 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 de Ensaio
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	30-45	50-70	85-100	150-200	NBR 6576(6)
Ponto de amolecimento, mín.	º C	52	46	43	37	NBR 6560(9)
Viscosidade Saybolt Furol	s					NBR 14950(7)
- 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					-
- a 135 ºC, SP 21 mín. 20 rpm		374	274	214	155	-
- a 150 ºC, SP 21 mín.		203	112	97	81	-
- a 177 ºC, SP 21 mín.		76-285	57-285	28-114	28-114	-
Índice de susceptibilidade térmica[1]		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a 100(+0,7)	-
Ponto de fulgor, mín.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341(8)
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855(13)
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	60	60	100	100	NBR 6293(14)
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 85 mín.						
Variação em massa[2], máx.	%	0,5	0,5	0,5	0,5	ASTM D2872-22(25)
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	10	20	50	50	NBR 6293(14)
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	8	8	8	8	NBR 6560(9)
Penetração retida[3], mín.	%	60	55	55	50	NBR 6576(6)

Observações:

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

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

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

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

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

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

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO D - ESPECIFICAÇÃO PARA EMULSÃO ASFÁLTICA

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.

EMULSÕES CATIÔNICAS (*)		
CARACTERÍSTICAS	**Métodos de Ensaio (ABNT)**	**Ruptura Rápida**
Ensaios sobre a emulsão		**RR2C**
Viscosidade Saybolt Furol, S, a 25°C, máx.	NBR 14491[15]	-
Viscosidade Saybolt Furol, S, a 50°C	NBR 14491[15]	100 - 400
Sedimentação, % peso, máx.	NBR 6570[16]	5
Peneiração 0,84 mm, % peso, máx.	NBR 14393[17]	0,10
Resistência à água (cobertura), mín. (2)	NBR 14249[18]	80
Adesividade em agregado miúdo, mín.	NBR 14757[19]	-
Carga de partícula	NBR 6567[20]	positiva
pH, máx.	NBR 6299[21]	-
Destilação solvente destilado, % v/v volume sobre resíduo da emulsão Resíduo seco, % m/m peso, mín.	NBR 6568[22]	 - 67
Desemulsibilidade, % m/m peso, Mínima	NBR 6569[23]	50
Ensaios sobre o resíduo da emulsão		
Penetração a 25°C, 100g, 5s, mm	NBR 6576[6]	4,0 a 15,0
Teor de betume, % mínima em peso	NBR 14855[13]	97
Ductibilidade a 25ºC, 5cm/ mín., cm mínimo %, mín.	NBR 6293[14]	40

* Fonte DNIT 165/2013 - EM Emulsões asfálticas para pavimentação – Especificação de material

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.