TÍTULO

TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Tratamentos. Superficiais.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 146/2012 - ES**. Pavimentação asfáltica - Tratamento Superficial Simples - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 147/2012 - ES**. Pavimentação asfáltica - Tratamento Superficial Duplo - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 148/2012 - ES**. Pavimentação asfáltica - Tratamento Superficial Triplo - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ES 391/99**. Pavimentação - tratamento superficial simples com asfalto polímero. Rio de Janeiro, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ES 392/99**. Pavimentação - tratamento superficial duplo com asfalto polímero. Rio de Janeiro, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER-ES 393/99**. Pavimentação - tratamento superficial triplo 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 Agregado 5
3.3 Melhorador de Adesividade 9
4 EQUIPAMENTOS 9
5 EXECUÇÃO 10
5.1 Condições Gerais 10
5.2 Preparo da Superfície 11
5.3 Sequência de Operações 11
5.4 Abertura ao Tráfego 13
6 CONTROLE 13
6.1 Controle dos Materiais 13
6.2 Melhorador de Adesividade 15
6.3 Execução 15
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 16
6.5 Deflexões 16
7 ACEITAÇÃO 16
7.1 Materiais 17
7.2 Execução 17
7.3 Deflexões 18
8 CONTROLE AMBIENTAL 18
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados 18
8.2 Cimento e Emulsão Asfáltica 19
8.3 Execução 19
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 20
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 24
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 30
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO 32
ANEXO D – EMULSÕES ASFÁLTICAS CATIÔNICAS 34

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.

ANEXO E – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POLÍMERO 36

ANEXO F – ESPECIFICAÇÃO PARA EMULSÕES ASFÁLTICAS MODIFICADA POR POLÍMEROS ELASTOMÉRICOS 38

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 tratamento superficiais em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Tratamento superficial é a camada de revestimento do pavimento constituída por uma ou mais aplicações de ligante asfáltico, modificado ou não por polímero e uma ou mais aplicações sucessivas e alternadas de agregado mineral. Consiste na aplicação do ligante asfáltico sobre a base, seguida de distribuição de agregado, e sua compactação.

Tratamento superficial simples ou simplesmente TSS, é o tratamento superficial constituído por apenas uma aplicação de ligante asfáltico e uma aplicação de agregado mineral.

Tratamento superficial duplo ou TSD é o tratamento superficial formado por duas aplicações de ligante asfáltico e duas aplicações de agregado mineral, sucessivas e alternadas.

Tratamento superficial triplo ou TST é o tratamento superficial onde há aplicação de três camadas de ligante asfáltico e três aplicações de agregado mineral, sucessivas e alternadas.

3 MATERIAIS

Os materiais constituintes dos tratamentos superficiais são os agregados minerais, ligantes asfálticos modificados ou não por polímero.

3.1 Ligante Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes ligantes asfálticos:

a) cimento asfáltico de petróleo, tipo CAP 85/100;
b) emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida, tipo RR-2C, modificadas por polímero elastomérico, tipo RR-2C-E;
c) cimentos asfálticos modificados por polímero.

O uso da emulsão asfáltica modificada ou não por polímero, somente é permitido quando for empregada em todas as camadas do revestimento.

O cimento asfáltico, emulsão asfáltica, cimento asfáltico modificados por polímero e a emulsão modificada por polímero devem atender o especificado nos anexos C, D, E e F respectivamente, ou a especificações que estiverem em vigor na época de sua utilização.

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

MINUTA

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 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 Agregado

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) para agregado retido na peneira nº 10, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles deve ser igual ou inferior a 40%, conforme NBR 16974(1);

b) perda no ensaio de durabilidade conforme DNER ME 089(2), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%;

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

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

e) a adesividade entre o agregado e o ligante asfáltico modificado ou não por polímero, conforme NBR 12583(4) e NBR 12584(5), deve ser satisfatória; caso contrário, deve-se empregar melhorador de adesividade;

f) na composição dos tratamentos devem ser utilizados agregados da mesma natureza;

g) o agregado a ser utilizado na execução do tratamento deve ser lavado, isento de partículas pulverulentas;

h) os agregados utilizados nos tratamentos superficiais devem se enquadrar nas graduações apresentadas na Tabela 1;

i) as taxas de aplicação dos agregados e ligante asfáltico devem ser definidas pelo método de dosagem de tratamentos superficiais (DER/SP ME-DE-P00/014). Nas Tabelas 2 e 3, são apresentadas sugestões de taxas de aplicação;

j) quando for empregado agregado poroso, deve-se considerar sua porosidade na fixação da taxa do ligante asfáltico modificado ou não por polímero.

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 – Faixas Granulométricas de Agregados

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando					Tolerância
ASTM	mm	A	B	CI	D	F	
1 ½”	38,1	100	-				
1”	25,4	90 – 100	100				
3/4”	19,1	20 – 55-	90 – 100	100			
1/2”	12,7	0 – 10	20 – 55-	90 – 100	100		
3/8”	9,5	–	0 – 10	40 – 75-	90 – 100	100	± 7
n° 4	4,8	–	–	0 – 15	0 – 20	75 – 100	± 5
n° 8	2,4	–	–	–	0 – 5	0 – 10	± 5
n° 200	0,075	0 – 2	0 – 2	0 – 2	0 – 2	0 – 2	± 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.

Tabela 2 – Sugestão da Composição dos Tratamentos Superficiais e Quantidades de Materiais em l/m², usando Cimento Asfáltico

SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES	TIPOS DE TRATAMENTO					
	SIMPLES	DUPLO			TRIPLO	
	1 D	2DF	2CE	2BD	3BDF	3ACE
1ª CAMADA CAP	0,8 a 1,0	0,8 a 1,0	1,0 a 1,2	1,2 a 1,4	1,0 a 1,2	1,2 a 1,4
Agregado Graduação D	7,0 a 10,0	8,0 a 11,0	-	-	-	-
Agregado Graduação C	-	-	11,0 a 13,0	-	-	-
Agregado Graduação B	-	-	-	13,0 a 17,0	13,0 a 17,0	-
Agregado Graduação A	-	-	-	-	-	16,0 a 20,0 18,0
2ª CAMADA CAP	-	0,5 a 0,8	0,6 a 0,9	1,0 a 1,3	0,7 a 1,0	0,9 a 1,2
Agregado Graduação F	-	4,0 a 6,0	-	-	-	-
Agregado Graduação E	-	-	5,0 a 7,0	-	-	-
Agregado Graduação D	-	-	-	7,0 a 9,0	6,0 a 8,0	-
Agregado Graduação C	-	-	-	-	-	8,5 a 10,5
3ª CAMADA CAP	-	-	-	-	0,7 a 0,9	0,8 a 1,0
Agregado Graduação E	-	-	-	-	-	4,0 a 6,0
Agregado Graduação F	-	-	-	-	4,0 a 6,0	-
Quantidades totais Cimento Asfáltico (l/m²) Agregado (l/m²)	0,8 a 1,0 8,5	1,3 a 1,8 14,0	1,6 a 2,1 18,0	2,2 a 2,7 23,0	2,4 a 3,1 26,0	2,9 a 3,6 32,5

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 – Sugestão da Composição dos Tratamentos Superficiais e Quantidades de Materiais em l/m², usando Emulsão Asfáltica

SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES	TIPOS DE TRATAMENTO					
	SIMPLES	DUPLO			TRIPLO	
	1 D	2 DF	2 CE	2 BD	3 BDF	3 ACE
1ª CAMADA Emulsão	1,0 a 1,3	0,7 a 1,0	0,8 a 1,2	1,1 a 1,4	0,9 a 1,2	1,1 a 1,4
Agregado Graduação G	-	-	-	-	-	-
Agregado Graduação F	-	-	-	-	-	-
Agregado Graduação D	8,5	9,0	-	-	-	-
Agregado Graduação C	-	-	12,0	-	-	-
Agregado Graduação B	-	-	-	15,0	14,0	-
Agregado Graduação A	-	-	-	-	-	18,0
2ª CAMADA Emulsão	-	1,0 a 1,4	1,2 a 1,6	1,7 a 2,1	1,3 a 1,7	1,6 a 2,1
Agregado Graduação F	-	5,0	-	-	-	-
Agregado Graduação E	-	-	6,0	-	-	-
Agregado Graduação D	-	-	-	8,0	7,0	-
Agregado Graduação C	-	-	-	-	-	9,5
3ª CAMADA Emulsão	-	-	-	-	0,8	1,0
Agregado Graduação E	-	-	-	-	-	5,0
Agregado Graduação F	-	-	-	-	5,0	-
TOTAIS Emulsão Agregado (l/m²) Agregado (l/m²)	1,0 a 1,3 8,5	1,7 a 2,4 2,3 14,0	2,0 a 2,8 18,0	2,8 a 3,5 23,0	2,2 a 2,9 4,1 26,0	2,7 a 3,5 4,7 32,5

As quantidades de emulsão foram calculadas a partir das taxas de aplicação recomendas para execução com cimento asfáltico, dos mesmos tipos de tratamento, utilizando-se a expressão:

$$Taxa\,de\,emulsão = \frac{taxa\,de\,CAP}{0{,}67 \times 1{,}15} \text{ ou } Taxa\,de\,emulsão = \frac{taxa\,de\,CAP}{0{,}77}$$

Onde:

0,67 = resíduo de CAP na emulsão e

1,15 = correção decorrente do melhor envolvimento do agregado pela emulsão

Para diferentes resíduos de emulsão a taxa de emulsão deve ser reavaliada.

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.

3.3 Melhorador de Adesividade

A adesividade do ligante asfáltico aos agregados é determinada conforme os métodos NBR 12583(4) e NBR 12584(5). Quando não houver boa adesividade deve-se empregar aditivo melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto, repetindo-se os ensaios.

Quando for necessária a utilização de melhorador de adesividade, este deverá ser adquirido separadamente e incorporado ao ligante asfáltico no canteiro de obras. Não será aceita a aquisição de ligante asfáltico com melhorador de adesividade já incorporado.

4 EQUIPAMENTOS

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

Os equipamentos básicos necessários para execução do tratamento superficiais compreendem as seguintes unidades:

a) Caminhão multifuncional de espalhamento simultâneo. Caso não haja disponibilidade de caminhão multifuncional, o DER poderá aprovar a utilização dos equipamentos listados nos itens b e c. O caminhão multifuncional deve possuir as características listadas a seguir:

   - silos para agregados;

   - depósitos para materiais asfálticos. No caso de tratamentos à quente, deve conter equipamentos agitadores e sistema de aquecimento do ligante;

   - barra espargidora que permita distribuir o ligante asfáltico em quantidade e temperatura uniformes. No caso de tratamentos à quente, a barra espargidora deverá permitir a distribuição do ligante asfáltico em temperaturas superiores à 180 ºC;

   - distribuidores de agregados com regulagem de altura e inclinação.

b) caminhão distribuidor de ligante 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 que deverá ser 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, rebocável ou automotriz, capaz de proporcionar distribuição homogênea dos agregados nas quantidades de projeto;

d) plaina de arrasto;

e) rolo de pneus autopropulsor, de pressão regulável entre 0,25 MPa a 0,84 MPa;

f) compactador vibratório portátil ou sapos mecânicos, uso eventual;

g) vassouras mecânicas rotativas ou manuais;

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) compressor de ar, com potência suficiente para promover por jateamento, a limpeza da superfície a revestir;

i) caminhões basculantes;

j) pá-carregadeira ou retroescavadeira;

k) vassouras de arrasto ou dispositivos similares, para corrigir possíveis falhas de distribuição dos agregados;

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

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

5 EXECUÇÃO

5.1 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços durante dias de chuva ou sob o risco de chuva.

Os agregados devem ser estocados em área apropriada, e devem ser protegidos da poeira e de partículas lançadas pelo tráfego de estradas próximas.

Os depósitos de ligante asfáltico devem permitir o aquecimento de maneira uniforme e sem riscos de oxidação, e devem ter capacidade compatível com o consumo da obra

Os eventuais defeitos existentes na camada subjacente, panelas, depressões, escorregamentos etc. devem ser necessariamente reparados antes da execução da camada de tratamento.

Antes do início dos serviços é obrigatória, às expensas do contratado, a execução de trecho experimental. Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender aos limites definidos nesta especificação e pela fiscalização, a aplicação do tratamento superficial pode ser iniciada.

O cimento asfáltico modificado ou não por polímero não deve ser aplicado em superfícies molhadas, nem quando os agregados estiverem molhados. Quando tratar-se de emulsão asfáltica admite-se que o material seja aplicado em superfície úmida, sem excesso de água.

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

A temperatura de aplicação do ligante asfáltico modificado ou não por polímero deve ser fixada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade; deve ser escolhida a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento.

As faixas de viscosidade recomendadas para espalhamento do cimento asfáltico são de 20 a 60 SSF, e para as emulsões asfálticas é de 20 a 100 SSF. No caso da utilização da CAP modificado por polímero a faixa de viscosidade deverá ser indicada pelo fabricante.

No caso de utilização do melhorador de adesividade, deve-se exigir que a mistura do ligante e o aditivo seja efetuada na obra. A homogeneização da mistura deve ser realizada preferencialmente no equipamento espargidor.

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 início da execução do tratamento superficial está condicionado à aferição do equipamento espargidor, deve-se verificar o perfeito funcionamento dos seus bicos, de modo a distribuir o material uniformemente, evitando o aparecimento de estrias longitudinais. Deve-se determinar a vazão do ligante, em função da velocidade do veículo, para atender a taxa de aplicação indicada no projeto ou determinada pela fiscalização.

5.2 Preparo da Superfície

Antes do início das operações da execução do tratamento superficial, deve-se limpar a pista para eliminar todas as partículas de pó, lamelas, material solto e tudo o mais que possa prejudicar a ligação da camada de base com o tratamento. Dependendo da natureza e do estado da superfície, podem ser usadas vassouras manuais ou mecânicas, jatos de ar comprimido etc.

A adesividade do ligante asfáltico aos agregados pode ser prejudicada pela emissão de poeira, a fiscalização deve exigir a irrigação dos desvios de tráfego existentes junto às pistas.

5.3 Sequência de Operações

5.3.1 Tratamento Superficial Simples

A execução do tratamento superficial simples envolve basicamente as seguintes operações:

a) limpeza da superfície subjacente;

b) a operação de espalhamento dos agregados é feita imediatamente após o espargimento do material asfáltico, no caso da utilização de caminhão multifuncional.

- durante a aplicação, devem ser evitados e corrigidos imediatamente o excedente ou a falta de ligante, situação comum na execução das juntas transversais e longitudinais;
- para evitar excesso de ligante na junta transversal ou longitudinal, deve-se colocar sobre a superfície da camada anterior uma faixa de papel betuminoso, com largura mínima de 0,80 m;

c) caso a execução não seja realizada por caminhão multifuncional, a sequência executiva deve ser a descrita a seguir:

primeiro espargimento do ligante asfáltico:

- o ligante deve ser aplicado de uma única vez, em toda a largura da faixa a ser tratada, de modo uniforme, na taxa especificada no projeto e em temperatura que proporcione viscosidade adequada à sua aplicação;
- durante a aplicação, devem ser evitados e corrigidos imediatamente o excedente ou a falta de ligante, situação comum na execução das juntas transversais e longitudinais;
- para evitar excesso de ligante na junta transversal ou longitudinal, deve-se colocar sobre a superfície da camada anterior uma faixa de papel betuminoso, com largura mínima de 0,80 m;

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.

- na opção do uso do cimento asfáltico modificado ou não por polímero, é importante executar a etapa com a maior rapidez possível para aproveitar a viscosidade do ligante aquecido, o que garante melhor qualidade do tratamento. Também por esta razão, a extensão do material asfáltico aplicado deve ficar condicionada à capacidade de cobertura imediata com agregado.

primeira distribuição dos agregados:

- após a aplicação do agregado com equipamento distribuidor, deve-se verificar cuidadosamente a homogeneidade de espalhamento, promovendo-se a correção de eventuais falhas, tanto de falta quanto de excesso de material, quando necessário as correções podem ser realizadas com a utilização de vassouras de arrasto;
- a aplicação dos agregados sobre a ligante asfáltico deve ser feita imediatamente após o término do espargimento.

d) compactação da primeira camada:

- na sequência, deve-se proceder à rolagem da camada com utilização exclusiva do rolo pneumático, variando-se a pressão e utilizando um número de coberturas tantas vezes quanto necessário para proporcionar perfeita acomodação do agregado, sem causar danos à superfície;
- a compactação da camada deve ser executada no sentido longitudinal, iniciando no lado mais baixo da seção transversal e progredindo no sentido do lado mais alto;
- em cada passada o equipamento deve recobrir, no mínimo, a metade da largura da faixa anteriormente coberta ou rolada, com os cuidados necessários para evitar deslocamentos, esmagamento do agregado e contaminações prejudiciais;
- nos locais inacessíveis aos rolos compactadores, como cabeceiras de obra de arte etc., a compactação deve ser executada com compactadores portáteis, manuais ou mecânico.

5.3.2 Tratamento Superficial Duplo

a) proceder de forma análoga a descrita no item 5.3.1, para execução da primeira camada;

b) segundo espargimento do ligante asfáltico, ou segunda camada para o TSD:

- sequência executiva da segunda camada de modo idêntico à primeira.

c) segunda distribuição do agregado, ou segunda camada para o TSD:

- sequência executiva da segunda camada de modo idêntico à primeira;

d) eliminação dos rejeitos:

- após a compactação da camada final, obtida a fixação dos agregados, deve-se fazer varredura leve do material solo.

Não deve haver coincidência entre as juntas longitudinais e transversais das camadas sucessivas; para tanto, deve-se prever defasagem entre elas.

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.

5.3.3 Tratamento Superficial Triplo

a) proceder de forma análoga a descrita no item 5.3.1, para execução da primeira camada;

b) segundo espargimento do ligante asfáltico, ou segunda camada para o TST:

- sequência executiva da segunda camada de modo idêntico à primeira.

c) segunda distribuição do agregado, ou segunda camada para o TST:

- sequência executiva da segunda camada de modo idêntico à primeira;

d) terceiro espargimento do ligante asfáltico, ou terceira para o TST:

- sequência executiva da terceira camada de modo idêntico à segunda.

e) terceira distribuição do agregado, ou segunda camada para o TST:

- sequência executiva da terceira camada de modo idêntico à segunda.

f) eliminação dos rejeitos:

- após a compactação da camada final, obtida a fixação dos agregados, deve-se fazer varredura leve do material solo.

Não deve haver coincidência entre as juntas longitudinais e transversais das camadas sucessivas; para tanto, deve-se prever defasagem entre elas.

5.4 Abertura ao Tráfego

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

Na alternativa do uso da emulsão asfáltica modificada ou não por polímero, o tráfego só pode ser liberado após certeza do desenvolvimento completo da adesividade passiva, ou seja, resistência ao arrancamento. Esta propriedade, nesta alternativa, requer tempos maiores, de 24 a 48 horas, dependendo das condições climáticas. Após este período, o revestimento deve ser rolado com o rolo de pneu, uma só passada, com sobreposição, para se obter a conformação final da superfície. Se possível, o trânsito deve ser controlado, com velocidade máxima de 40 km/h.

Na utilização do cimento asfáltico modificado ou não por polímero, a liberação do tráfego pode processar-se após o resfriamento total do ligante, no período de 12 horas. Se possível, o trânsito deve ser controlado, com a velocidade máxima de 40 km/h pelo período mínimo de 48 horas.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento Asfáltico não Modificado por Polímero

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)];

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) 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];

b) um ensaio de viscosidade Saybolt Furol a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura, em no mínimo três pontos, conforme NBR 14950[7].

6.1.2 Cimento Asfáltico Modificado por Polímero Elastomérico

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 Brookfield, conforme NBR 15184[10];

c) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341[8];

d) um ensaio determinação de formação de espuma, quando aquecido a 175ºC;

e) um ensaio de recuperação elástica, conforme NBR 15086[11].

Para cada 100 t:

a) um ensaio de estabilidade à estocagem, conforme NBR 15166[12];

b) ensaios do resíduo no RTFOT, um ensaio de: variação em massa conforme NBR 15235[13], ponto de amolecimento conforme NBR 6560[9], penetração conforme NBR 6576[6] e recuperação elástica conforme NBR 15086[11].

6.1.3 Emulsões Asfálticas não Modificada por Polímero

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

a) um ensaio de viscosidade *Saybolt Furol*, conforme NBR 14491[14], a 50 °C para emulsões catiônicas RR;

b) um ensaio de resíduo por destilação conforme NBR 6568[15];

c) um ensaio de peneiração, conforme NBR 14393[16];

d) um ensaio de viscosidade *Saybolt Furol* a diferentes temperaturas, para estabelecimento da curva viscosidade-temperatura, conforme NBR 14491[14].

Para cada 100 t, deve ser efetuado um ensaio de sedimentação, conforme NBR 6570[17].

6.1.4 Emulsões Asfálticas Modificadas por Polímero Elastomérico

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

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) um ensaio de viscosidade Saybolt Furol, conforme NBR 14491(14);

b) um ensaio de resíduo de destilação, conforme NBR 6568(15);

c) um ensaio de peneiramento conforme NBR 14393(16);

d) um ensaio de recuperação elástica no resíduo da emulsão, conforme NBR 15086(11).

Para cada 100 t:

a) um ensaio de sedimentação, conforme NBR 6570(17);

b) ensaios sobre o resíduo da emulsão, um ensaio de: penetração, conforme NBR 6576(6); e ponto de amolecimento, conforme NBR 6560(9).

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

6.1.5 Agregados

Deve-se executar os seguintes ensaios:

a) abrasão Los Angeles, para agregado retido na peneira nº 10, conforme NBR 16974(1), no início dos trabalhos ou quando houver variação na natureza do material;

b) durabilidade, conforme DNER ME 089(2), no início dos trabalhos ou quando houver variação na natureza do material;

c) índice de forma, para agregados retidos na peneira nº4, conforme DNIT 425/2020 - ME(3), cada 900 m^3 do agregado;

d) adesividade, conforme NBR 12583(4) e NBR 12584(5), a cada carregamento de ligante asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação na natureza dos agregados;

e) granulometria conforme NBR 17054(18); um ensaio por jornada de 8 horas trabalho.

6.2 Melhorador de Adesividade

Quando a adesividade não for satisfatória e o melhorador de adesividade for incorporado, deve-se verificar novamente a adesividade conforme NBR 12583(4) e NBR 12584(5).

6.3 Execução

6.3.1 Controle da Aplicação do Agregado Mineral

Deve-se executar no mínimo uma determinação da taxa de agregado para cada faixa de espalhamento e no máximo para cada 700 m², em l/m².

- o controle de quantidade de agregados espalhados deve ser feito mediante colocação de bandejas de peso e área sejam conhecidos, na pista onde houver o espalhamento; obtém-se a quantidade de agregados espalhada por intermédio de pesagens, após a passagem do equipamento do espalhador. Determinar a taxa de aplicação em l/m².

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.

6.3.2 Controle da Aplicação do Ligante Asfáltico

Constitui-se por:

a) verificação da temperatura do ligante asfáltico modificado ou não por polímero, imediatamente antes da aplicação no caminhão espargidor, comparando-se com a obtida no gráfico temperatura-viscosidade;

b) controle visual da uniformidade da aplicação do ligante asfáltico ou ligante asfáltico modificado por polímero; está diretamente ligado às perfeitas condições da utilização do equipamento, bicos desentupidos, velocidade controlada e temperaturas fixadas;

c) determinar a taxa de aplicação do ligante asfáltico, para cada faixa de espargimento a cada 700 m^2 de aplicação, mediante a colocação de bandejas de peso e área conhecidos na pista onde está sendo feita a aplicação; obtém-se a quantidade de material asfáltico ou material ligante asfáltico por intermédio de pesagens, após a passagem do carro distribuidor. Quando utilizada emulsão asfáltica determinar a taxa de aplicação no asfalto residual, isto é, após a evaporação, e obtenção de peso constante da bandeja. A taxa de aplicação é determinada em l/m^2.

d) o peso da emulsão também pode ser calculado em função do teor de água determinado no resíduo por evaporação.

6.4 Controle Geométrico e de Acabamento

6.4.1 Controle da Largura

A largura da plataforma tratada deve ser determinada através de medidas de trena a cada 20 m.

6.4.2 Controle de Acabamento da Superfície

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

6.5 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024[(19)], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[(20)].

7 ACEITAÇÃO

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

MINUTA

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

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento e Emulsão Asfáltica não Modificado por Polímero

O cimento e emulsão asfáltica são aceitos desde que os resultados individuais dos ensaios referidos nos itens 6.1.1 e 6.1.3 atendam aos requisitos especificados no anexo C e E, respectivamente, ou a legislação que estiver em vigor na época de sua utilização.

7.1.2 Cimento e Emulsão Asfáltica Modificada por Polímero

O cimento e emulsão asfáltica modificada por polímero são aceitos desde que os resultados individuais dos ensaios referidos nos itens 6.1.2 e 6.1.4 atendam aos requisitos especificados no anexo D e F, respectivamente, ou a legislação que estiver em vigor na época de sua utilização.

7.1.3 Agregados

Os agregados são aceitos desde que:

a) os agregados graúdos são aceitos desde que os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, índice de lamelaridade e perda de durabilidade atendam aos estabelecidos no item 3.2;

b) os valores da granulometria obtidos estatisticamente, por controle bilateral, conforme anexo B, para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, apresentem variação dentro da faixa de tolerância definida para do agregado, na dosagem do material.

c) a adesividade é aceita se satisfatória, caso contrário deve-se empregar melhorador de adesividade.

7.1.4 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 Temperatura do Ligante Asfáltico

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

A variação admitida para os resultados individuais da taxa do ligante asfáltico, e ligante residual das emulsões é de ± 15% da taxa da dosagem.

7.2.2 Quantidade de Agregado Mineral

A variação admitida para os resultados individuais da taxa de agregados, por aplicação é ± 15% da taxa da dosagem.

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 variação admitida para os resultados individuais da taxa de agregados total é ± 8 % da taxa da dosagem

7.2.3 Geometria

Os serviços executados são aceitos, quanto à geometria, desde que:

a) não se obtenham valores individuais da semilargura da plataforma inferiores às de projeto;

b) os desvios dos alinhamentos não devem ser superiores a 5,0 cm;

c) 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 será aceito desde que a variação máxima entre dois pontos de contato de qualquer uma das réguas e a superfície da camada seja inferior a 0,5 cm.

7.3 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 tratamento superficial.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados

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;

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 carreamento para cursos d'água;

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

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

8.2 Cimento e Emulsão Asfáltica

A estocagem da emulsão asfáltica, e agregados deve-se feita em local pré-estabelecido e controlado. Caso seja necessário 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;

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) 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;

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 proibida a deposição irregular de sobras de materiais utilizado no tratamento superficial 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 tratamento superficial simples deve ser medido em metros quadrados (m²) de camada acabada. As áreas devem ser calculadas considerando o estaqueamento da estrada e a largura de projeto.

Os tratamentos superficiais duplo e triplo devem ser medidos em metros cúbicos (m³) de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando-se 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 preços unitários contratuais respectivos, no quais estão incluídos: materiais, transporte e armazenamento do ligante asfáltico ou ligante asfáltico modificado por polímero e agregado, transporte dos materiais até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, compactação e acabamento, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.06.01.01 – Tratamento superficial simples com cimento asfáltico	m²
23.06.07.01 – Tratamento superficial simples com cimento asfáltico modificado por polímero	m²
23.06.01.02 – Tratamento superficial simples com emulsão asfáltica	m²
23.06.07.02 – Tratamento superficial simples com emulsão asfáltica modificado por polímero	m²
23.06.02.01 – Tratamento superficial duplo com cimento asfáltico	m³
23.06.08.01 – Tratamento superficial duplo com cimento asfáltico modificado por polímero	m³
23.06.02.02 – Tratamento superficial duplo com emulsão asfáltica	m³

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.

23.06.08.02 – Tratamento superficial duplo com emulsão asfáltica modificado por polímero m³

23.06.03.01 – Tratamento superficial triplo com cimento asfáltico m³

23.06.09.01 – Tratamento superficial triplo com cimento asfáltico modificado por polímero m³

23.06.03.02 – Tratamento superficial triplo com emulsão asfáltica m³

23.06.09.02 – Tratamento superficial triplo com emulsão asfáltica modificado por polímero m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM **DNER-ME 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.

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

6 ____. **NBR 6576 MB 107**. Materiais asfálticos – 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, 2014.

9 ____. **NBR 6560 MB 164**. Ligantes asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento - Método anel e bola. Rio de Janeiro, 2016.

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

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

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

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.

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

14 ____. **NBR 14491**. Emulsões Asfálticas – Determinação da viscosidade de Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2007.

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

16 ____. **NBR 14393.** Emulsões Asfálticas – Determinação da peneiração. Rio de Janeiro, 2012.

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

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

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

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

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

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

23 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6300**. Emulsões Asfálticas catiônicas - Determinação da resistência à água (adesividade) em agregados graúdos. Rio de Janeiro, 2009.

24 ____. **NBR 6297**. Emulsão asfáltica de ruptura lenta - Determinação da ruptura – Método da mistura com cimento. Rio de Janeiro, 2012.

25 ____. **NBR 6302**. Emulsões asfálticas – Determinação da ruptura – Método de mistura com fíler silícico. Rio de Janeiro 2008.

26 ____. **NBR 6567.** Ligantes asfálticos - Emulsões Asfálticas – Determinação da carga de partícula. Rio de Janeiro, 2015.

27 ____. **NBR 6299**. Emulsões Asfálticas - Determinação do pH. Rio de Janeiro, 2012.

28 ____. **NBR 6569.** Emulsões asfálticas catiônicas – Determinação da desemulsibilidade. Rio de Janeiro, 2008.

29 ____. **NBR 14376**. Ligantes asfálticos – Determinação do resíduo seco de emulsões asfálticas convencionais ou modificadas - Métodos expeditos. Rio de Janeiro, 2019.

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.

30 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D 2872**. Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test). Pennsylvania, 1997.

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 Cimento Asfáltico Modificado por Polímero – Tipo SBS				
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 E, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização
Ponto de Amolecimento	NBR 6560[9]			
Viscosidade Brookfield	NBR 15184[10]			
Ponto de Fulgor	NBR 11341[8]			
Formação de Espuma	Aquecido a 175º C			
Recuperação Elástica	NBR 15086[11]			
Estabilidade ao Armazenamento	NBR 15166[12]	1 ensaio para cada 100 t		
Ensaios do resíduo no RTFOT: - Variação em massa - Ponto de amolecimento - Penetração - Recuperação elástica	 NBR 15235[13] NBR 6560[9] NBR 6576[6] NBR 15086[11]			

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 Emulsão Asfáltica não Modificada por Polímero				
Viscosidade de Saybolt Furol	NBR 14491[14]	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Atender o especificado no anexo D, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.
Determinação do Resíduo	NBR 6568[15]			
Carga da Partícula	NBR 6567[26]			
Peneiração	NBR 14393[16]			
Viscosidade Saybolt Furol a diferentes temperaturas para o estabelecer a curva viscosidade-temperatura	NBR 14491[14]			
Sedimentação	NBR 6570[17]	1 ensaio para cada 100 t		
1.4 Emulsão Asfáltica Modificada por Polímero				
Viscosidade Saybolt Furol	NBR 14491[14]	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Atender o especificado no anexo E, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.
Resíduo asfáltico da emulsão	NBR 6568[15]			
Peneiração	NBR 14393[16]			
Recuperação elástica	NBR 15086[11]			
Sedimentação	NBR 6570[17]	1 ensaio para cada 100 t	Resultados individuais	
Ensaios no resíduo da emulsão: - Penetração - Ponto de amolecimento	 NBR 6576[6] NBR 6560[9]			

/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
1.5 Agregado Graúdo e Miúdo				
Abrasão Los Angeles, para agregado retido na peneira nº 10	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, para agregados retidos na peneira nº4	DNIT 425/2020 - ME	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e para cada 900 m^3		Índice de forma ≥ 0,5
Granulometria do agregado	NBR 17054(18)	1 ensaio por jornada de 8 h trabalho		Faixas granulométricas indicada na Tabela 1, obedecer às tolerâncias para cada peneira.
Adesividade ao ligante asfáltico	NBR 12583(4) e NBR 12584(5)	1 ensaio a cada carregamento de ligante asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação alteração na natureza dos agregados		Adesividade satisfatória, Adesividade insatisfatória empregar melhorador
1.6 Melhorador de Adesividade				
Adesividade agregado-ligante	NBR 12583(4) e NBR 12584(5)	1 ensaio no início da utilização do ligante na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	Adesividade satisfatória
Incorporação do Melhorador de Adesividade	-	todo carregamento 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 Ligante Asfáltico				
Temperatura de Aplicação	Termômetro bimetálico com precisão de 2ºC	Uma verificação antes da aplicação no caminhão espargidor	Resultados individuais	Dentro da faixa de temperatura adequada para aplicação, definida pela relação temperatura-viscosidade
Taxa de Aplicação	Pesagens de bandejas	Uma determinação para cada faixa de espargimento e no máximo para cada 700 m²	Resultados individuais	± 15% da taxa da dosagem.
- quando utilizada emulsão asfáltica ou emulsão asfáltica modificada por polímero, determinar a taxa de aplicação, em l/m², no asfalto residual, isto é, após a evaporação, e obtenção de peso constante da bandeja - o peso da emulsão também pode ser calculado em função do teor de água determinado no resíduo por evaporação				
2.2 Agregados				
Taxa de Aplicação	Pesagens de bandejas	Uma determinação para cada faixa de espalhamento e no máximo para cada 700 m²	Resultados individuais	taxa de agregados, por aplicação é ± 15% da taxa da dosagem. da taxa de agregados total é ± 8 % da taxa da dosagem

/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

3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQUÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
Largura e alinhamentos da plataforma	Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados individuais	Não se admite valores para semilargura inferiores as de projeto
Acabamento da superfície	Duas réguas, uma de 1,20m e outra 3,0m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada.	A cada 20 m	Resultados individuais	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
A verificação do acabamento da superfície da camada deve ser feita também em bases visuais e será aceita se: - verificar a homogeneidade da distribuição dos materiais – ligante e agregado;				
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER ME 024[19] ou FWD DNER PRO 273[20]	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0;	Controle Unilateral $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

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

Tabela B-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\overline{X}$)	$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	Onde: **X_i** = valor individual da amostra; **N** = nº de determinações efetuadas; **K =** coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras; **K_1 =** coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações; **LSE** = limite superior especificado; **LIE** = limite inferior especificado;
2 – Desvio-padrão da amostra (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 – Controle pelo limite inferior 4- Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Ou $X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 – Controle pelo limite inferior e superior	$X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$	

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

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

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO

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

Características	Unidades	Limites				Métodos	
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	30-45	50-70	85-100	150-200	NBR 6576(6)	-
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	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					NBR 15184(10)	-
- 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(21)	-
Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	60	60	100	100	NBR 6293(22)	-
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 85 mín.							
- Variação em massa[2], Max.	%	0,5	0,5	0,5	0,5	-	D 2872(30)
- Ductilidade a 25ºC, mín.	cm	10	20	50	50	NBR 6293(22)	-
- 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 $= \dfrac{(500)\,(\log PEN) + (20)\,(T^oC) - 1951}{120 - (50)\log PEN) + (T^oC)}$

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

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

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

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

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

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO D – EMULSÕES ASFÁLTICAS CATIÔNICAS

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**		**Ruptura Média**		**Ruptura Lenta**
		RR-1C	**RR-2C**	**RM-1C**	**RM-2C**	**RL-1C**
Ensaios sobre a emulsão						
Viscosidade Saybolt Furol, S, a 50°C	NBR 14491(14)	20-90	100-400	20-200	100-400	Máx. 70
Sedimentação, % peso, máx.						
Peneiração 0,84 mm, % peso, máx.	NBR 6570(17)	5	5	5	5	5
Resistência à água, % mín. de cobertura	NBR 14393(16)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Agregado seco	NBR 6300(23)					
Agregado úmido		80	80	80	80	80
		80	80	60	60	60
Mistura com cimento, % máx.						
ou fíler silícico	NBR 6297(24)	-	-	-	-	2
	NBR 6302(25)	-	-	-	-	1,2 -2,0
Carga de partícula						
pH, máx.	NBR 6567(26)	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
Destilação	NBR 6299(27)	-	-	-	-	6,5
solvente destilado, % volume sobre o total da emulsão	NBR 6568(15)	0 – 3	0 – 3	0 – 20	0 – 12	–
resíduo, % mínimo, em peso						
Desemulsibilidade, % peso,		62	67	62	65	60
Mínimo	NBR 6569(28)					
Máximo		50	50	-	-	-
		-	-	50	50	-
Ensaios sobre o resíduo da emulsão						
Penetração a 25°C, 100g, 5s, 0,1 mm	NBR 6576(6)	50–250	50–250	50–250	50–250	50–250
Teor de Betume, % mínimo em peso.	NBR 14855(21)	97	97	97	97	97
Ductibilidade a 25ºC, 5 cm/mín., cm mínimo %, mín.	NBR 6293(22)	40	40	40	40	40

* Fonte DNER – EM 369/97 – Especificação de Material - Emulsões Asfálticas Catiônicas

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO E – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POLÍMERO

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

Características	Unidades	Relação ponto de amolecimento/recuperação elástica (ºC/%)				Método
		50/65	55/75	60/85	65/90	ABNT
Ensaios na Amostra Virgem:						
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	45-70	45-70	40-70	40-70	NBR 6576(6)
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	50	55	60	65	NBR 6560(9)
Ponto de fulgor, mín.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341(8)
Viscosidade Brookfield a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	1500	3000	3000	3000	NBR 15184(10)
Viscosidade Brookfield a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	1000	2000	2000	2000	NBR 15184(10)
Viscosidade Brookfield a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx.	cP	500	1000	1000	1000	NBR 15184(10)
Estabilidade à estocagem, máx.	ºC	5	5	5	5	NBR 15166(12)
Recuperação elástica a 20ºC, 20 cm, mín.	%	65	75	85	90	NBR 15086(11)
Ensaios no Resíduo do RTFOT:						
Variação de massa, máx.	%	1	1	1	1	NBR 15235(13)
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	6	7	7	7	NBR 6560(9)
Redução do ponto de amolecimento, máx.	ºC	3	5	5	5	NBR 6560(9)
Porcentagem de penetração original, mín.	%	60	60	60	60	NBR 6576(6)
Porcentagem de recuperação elástica original a 25ºC, mín.	%	80	80	80	80	NBR 15086(11)

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 F – ESPECIFICAÇÃO PARA EMULSÕES ASFÁLTICAS MODIFICADA POR POLÍMEROS ELASTOMÉRICOS

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 MODIFICADAS POR POLÍMERO ELASTOMÉRICO			
Característica	**Un.**	**Tipos (por Ruptura)**	**Método**
		Rápida	
		RR2C-E	**ABNT NBR**
Ensaio sobre emulsão			
Viscosidade Saybolt Furol, a 50ºC	S	100 - 400	NBR 14491 (14)
Sedimentação, máx.	% massa	5	NBR 6570(17)
Peneiração, 0,84 mm, máx.	% massa	0,1	NBR 14393(16)
Resistência à água, mín. de cobertura			
agregado seco agregado úmido	% %	80 80	NBR 6300(23)
Carga da partícula	-	positiva	NBR 6567(26)
pH, máx.	-	6,5	NBR 6299(27)
Destilação - solvente destilado a 360ºC	% volume	0 - 3	NBR 6568(15)
Resíduo seco, mín.	% massa	67	NBR 14376(29)
Desemulsibilidade,			
mínimo máximo	% massa % massa	50 -	NBR 6569(28)
Ensaios para o resíduo da emulsão obtido pela ABNT NBR 14896			
Penetração a 25ºC, 100g, 5s	0,1 mm	45 - 150	NBR 6576(6)
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	55	NBR 6560(9)
Viscosidade Brookfield a 135ºC, SP21, 20RPM, mín.	cP	600	NBR 15184(10)
Recuperação elástica a 25ºC, 20 cm, mín.	%	70	NBR 15086(11)

* Fonte Resolução ANP nº 32, 14 de outubro de 2009 e regulamento técnico ANP nº 5/2009

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.