TÍTULO

RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO *IN SITU* COM EMULSÃO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem. Pavimento. Emulsão

APROVAÇÃO	PROCESSO
	PR 010372/18/DE/2006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

UNGER FILHO, W. **Estudo de mistura asfáltica reciclada a frio produzida com 100% de revestimento asfáltico fresado e agente de reciclagem emulsionado**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

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 Emulsão Asfáltica de Reciclagem 4
3.2 Agregado Graúdo Adicional 4
3.3 Agregado Miúdo Adicional 4
3.4 Material de Enchimento Adicional – Filer 5
3.5 Água 5
3.6 Mistura Reciclada 5
4 EQUIPAMENTOS 7
5 EXECUÇÃO 7
5.1 Considerações Iniciais Segmento Experimental 7
5.2 Reciclagem 8
5.3 Compactação 8
5.4 Acabamento 9
5.5 Abertura ao Tráfego 9
5.6 Tratamento de Superfície 9
6 CONTROLE 9
6.1 Controle dos Materiais 9
6.2 Controle e Execução 10
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento 11
6.4 Deflexões 11
7 ACEITAÇÃO 12
7.1 Materiais 12
7.2 Produção e da Execução 12
7.3 Deflexões 13
8 CONTROLE AMBIENTAL 13
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 13
8.2 Emulsão Asfáltica e Agregados - Estocagem 14
8.3 Execução 14
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 15

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 15
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 18
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 23
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA EMULSÃO DE RECICLAGEM 25

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 reciclagem de pavimento *in situ*, com emprego de emulsão asfáltica de reciclagem e adição de agregados, quando necessário, de forma que o processo resulte em uma camada de ligação ou revestimento – em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

A reciclagem de pavimento *in situ* a frio com adição de emulsão asfáltica de reciclagem é o processo de restauração de pavimento com reaproveitamento total ou parcial do revestimento existente, eventualmente incorporação parcial da base granular, adição de emulsão asfáltica, água, e quando necessário, de agregados e fíler.

A mistura final pode ser utilizada como camada de ligação, *binder*, ou como revestimento. Neste último caso recomenda-se aplicar um tratamento de superfície, devido ao elevado volume de vazios da mistura reciclada.

3 MATERIAIS

3.1 Emulsão Asfáltica de Reciclagem

O tipo de emulsão asfáltica de reciclagem a ser utilizada deve ser definida no projeto da mistura. Devem ser utilizadas emulsões tipo ARE-1, ARE-5, ARE-25, ARE-75, ARE-250, ARE-500. A emulsão asfáltica deve atender aos requisitos da portaria DNC n. º44, ANP, apresentado no anexo C, ou da legislação que estiver em vigor na ocasião de sua utilização.

3.2 Agregado Graúdo Adicional

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

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

b) quando obtidos por britagem de pedregulhos, 90% em massa dos fragmentos retidos na peneira nº 4, de 4,8 mm, devem apresentar no mínimo uma face fragmentada pela britagem;

c) índice de forma deve ser superior a 0,5 conforme DNIT 425/2020 - ME[(2)];

d) perda no ensaio de durabilidade, conforme DNER ME 089[(3)], em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

3.3 Agregado Miúdo Adicional

Pode constituir-se por areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Deve apresentar partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deve ser atendido, ainda, o seguinte requisito:

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) o equivalente de areia do agregado miúdo, pó de pedra ou areia, deve ser igual ou superior a 55%, conforme NBR 12052[4].

3.4 Material de Enchimento Adicional – Fíler

O material de enchimento deve ser de natureza mineral finamente dividido, tal como: cimento Portland, cal extinta, pós-calcários, cinzas volantes etc., conforme DNER ME 367[5]. Na aplicação, o fíler deve estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deve obedecer aos limites estabelecidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Granulometria do Fíler

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

3.5 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme NBR NM 137[6].

3.6 Mistura Reciclada

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

a) o teor ótimo de emulsão asfáltica recicladora do projeto de mistura asfáltica, deve corresponder àquele que atende simultaneamente a todos os requisitos da Tabela 2:

Tabela 2 – Requisitos para o Projeto de Mistura Asfáltica Reciclada com Emulsão

Características	Método de Ensaio	Exigência
Estabilidade mínima, kN, a 40ºC (75 golpes no ensaio Marshall)	ME-DE-P00/010[7]	5
% de Vazios Totais		Máximo de 18
Razão da estabilidade, antes e após a imersão, mínima (%)	NBR 15617[8]	70

b) o tamanho máximo do agregado da faixa adotada deve ser inferior a 2/3 da espessura da camada compactada;

c) o diâmetro máximo do agregado não deve ser superior a 1 ½” (37,5mm);

d) a composição granulométrica da mistura deve satisfazer os requisitos da Tabela 3.

MINUTA

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

Tabela 3 – Composição das Misturas Asfálticas

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando		Tolerância
ASTM	mm	I	II	
1 1/4”	31,0	100	-	
1”	25,0	90 – 100	-	± 8
¾”	19,0	80 – 100	100	± 8
½”	12,5	-	75 – 95	± 8
3/8”	9,5	45 – 80	70 – 90	± 8
Nº 4	4,75	28– 60	44 – 72	± 8
Nº 10	2,0	20 – 45	22 – 50	± 10
Nº 40	0,42	10 – 32	8 – 26	± 10
Nº 80	0,18	8 – 20	4 – 16	± 10
Nº 200	0,075	3 – 8	2 – 10	± 3

3.6.1 Determinação da Composição da Mistura Reciclada

Para definição do projeto de mistura do cimento, materiais reciclados e dos agregados adicionais é necessário que seja feita rigorosa investigação das camadas a serem recicladas. Devem ser efetuadas coletas de amostras através de furos de sondagem ou com auxílio da própria recicladora, a cada 500 m de pista. Devem ser realizadas as seguintes determinações:

a) espessura das camadas existentes, revestimento e base;

b) determinação da granulometria e teor de umidade dos materiais, base e revestimento;

c) é fundamental que a coleta de amostras seja executada de forma a cobrir todas as possíveis variações das camadas a serem recicladas;

d) o trecho a ser reciclado deve ser classificado em subtrechos homogêneos, isto é, com camadas a serem recicladas com características semelhantes, granulometria, espessura, teor de betume, umidade, etc.;

e) para cada subtrecho homogêneo de materiais deve ser elaborado um projeto de mistura específico.

f) o projeto de mistura reciclada deve apresentar as seguintes informações:

- granulometria do material reciclado;

- granulometria do agregado adicional e sua procedência;

- composição granulométrica da mistura reciclada e agregado adicional enquadrando-se na faixa determinada;

- porcentagem de agregado adicional e sua correspondente taxa de distribuição em kg/m²;

- teor ótimo de emulsão asfáltica recicladora.

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.

3.6.2 Porcentagem de Agregado Adicional

A porcentagem de agregado adicional é definida como sendo a relação entre massa de agregados secos adicionais e a massa da mistura final.

4 EQUIPAMENTOS

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

O equipamento básico para a execução para execução da reciclagem de pavimento *in situ* com emulsão de reciclagem compreende as seguintes unidades:

a) a fresadora deve possuir as seguintes características:
   - possuir comando hidráulico que permita variações na espessura de fresagem, bem como meios de ajustes para compensação das inclinações transversais, e ser capaz de cortar em uma única passada a profundidade de no mínimo 12 cm;

b) usina móvel com as seguintes características:
   - unidade de peneiramento e trituração de material, para adequação granulométrica prevista no projeto de mistura com emulsão asfáltica;
   - esteira transportadora do material fresado, adequado granulometricamente para o tambor misturador *pugmill*;
   - deve ser equipada com dispositivos eletrônicos para controlar e a injeção de emulsão e água;
   - correia transportadora da mistura reciclada para vibroacabadora.

c) vibroacabadora;

d) rolo pneumático dotado de dispositivos que permitam a mudança automática da pressão interna dos pneus, na faixa de 0,25 MPa a 0,84 MPa e peso bruto não inferior a 22,6 Ton, é obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a evitar marcas indesejáveis na mistura compactada;

e) rolo vibratório autopropelido; de rodas metálicas lisas tipo tandem com peso bruto superior a 10 Ton e uma largura superior a 1,98 m;

f) distribuidor de agregados, quando houver incorporação adicional de agregado;

g) caminhão tanque para abastecimento de emulsão;

h) caminhão tanque para abastecimento de água;

i) pás, garfos e rodos metálicos, para operações eventuais.

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

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

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) verificar se a mistura produzida *in situ* 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 (reciclagem, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada íntegra sem variações de densidade, com adequado grau de compactação em toda a espessura da camada;

c) Verificar se os equipamentos a serem utilizados na obra estão adequados, em condições de uso e suficientes para a execução dela (checklist dos equipamentos).

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de reciclagem *in situ*, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.6 da especificação.

5.2 Reciclagem

Nos casos em que seja necessária a incorporação de agregados adicionais estes devem ser espalhados sobre a pista a ser reciclada com emprego do distribuidor de agregado, na quantidade necessária, de forma a garantir a taxa prevista em projeto.

A reciclagem deve ser executada na extensão e espessura de corte indicada no projeto, incorporando simultaneamente o agregado adicional, quando for necessário. Posteriormente adição da emulsão de reciclagem e da água, na usina móvel, nas quantidades fixadas no projeto de mistura, elaborado para os segmentos de materiais homogêneos.

Durante a execução deve ser feita coletas adicionais de materiais a serem reciclados, para verificar o teor ligante e a umidade material, para que se efetue pequenos ajustes na adição de água e emulsão, caso seja necessário.

O material deve ser distribuído usando a acabadora autopropelida, em uma passagem contínua, sem segregações, conformando a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos definidos no projeto.

5.3 Compactação

A compactação deve começar das bordas para o eixo, nos segmentos em tangente, e da borda interna para a borda externa, isto é, do lado mais baixo para o mais alto, nos segmentos em curva. Os rolos compactadores devem cobrir uniformemente, em cada passada, pelo menos a metade da largura da passagem anterior.

Nas passagens iniciais, os rolos compactadores devem operar sem que as juntas transversais ou longitudinais, na largura de 15 cm, sejam compactadas. Depois de espalhada a camada adjacente, a compressão da junta é feita abrangendo, no mínimo, a largura de 15 cm da camada anteriormente executada.

Não é permitido mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, durante a rolagem, e o estacionamento dos equipamentos sobre o revestimento recém rolado.

MINUTA

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

A compactação deve perdurar até que se atingida a compactação mínima especificada.

5.4 Acabamento

A rolagem final, para eliminar a marca dos rolos pneumáticos deve ser executada por rolo liso estático.

5.5 Abertura ao Tráfego

Após a compactação da mistura, nenhum tráfego deve ser permitido sobre o material reciclado por pelo menos duas horas. Após duas horas, o tráfego pode ser permitido de forma controlada, verificando-se se não há desprendimento de agregados.

Quando houver desprendimento de material, o tráfego deve ser suspenso até que ocorra cura suficiente do material, e a nova liberação, também deve ser efetuada de modo controlado.

Após abertura ao tráfego, a superfície do pavimento reciclado deve ser mantida em condições adequadas para o movimento do tráfego. Todas as partículas soltas que possam estar na superfície do pavimento devem ser removidas por vassoura.

5.6 Tratamento de Superfície

Antes da aplicação de tratamento de superfície ou camada de concreto asfáltico, é necessário que a umidade do material reciclado seja reduzida a pelo menos 2%, determinado pelo método expedito da frigideira. Sob condições secas, o reciclado a frio no local deve atingir a exigência de umidade em até 48 horas.

Os tratamentos de superfície podem ser constituídos por: tratamento superficial, lama asfáltico, microrrevestimento, capa selante.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Emulsão Asfáltica Recicladora

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

a) um ensaio de viscosidade *Saybolt Furol*, a 25 ºC, conforme NBR 14491[(9)];
b) um ensaio de resíduo asfáltico da emulsão, conforme NBR 6568[(10)];
c) um ensaio de peneiração, conforme NBR 14393[(11)].

Para cada 200 toneladas, realizar:

a) um ensaio de sedimentação, conforme NBR 6570[(12)];
b) um ensaio de destilação, conforme NBR 6568[(10)].

Para todo carregamento de emulsão asfáltica recicladora que chegar à obra deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada, para possíveis ensaios posteriores.

MINUTA

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

6.1.2 Agregado Adicional

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

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

c) durabilidade, com sulfato de sódio e sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089(3): 1 ensaio no início da utilização dos agregados na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

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

6.1.3 Material de Enchimento Adicional – Fíler

Determinar a granulometria, conforme NBR 17054(13), na razão de um ensaio equivalente ao consumo de material para reciclagem 1.400 m² de pista.

6.1.4 Controle da Quantidade de Agregado Adicional

Caso seja necessária a utilização de novos agregados no processo de reciclagem, a sua quantidade deve ser controlada volume ou massa.

6.1.5 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme NBR NM 137(6).

6.2 Controle e Execução

6.2.1 Controle do Material Fresado

O controle das características do material fresado deve ser executado em cada subtrecho homogêneo, com no mínimo uma determinação a cada 3.500 m² de pista, e deve abranger as seguintes determinações:

a) granulometria, conforme NBR 17054(13);

b) extração de asfalto, conforme o método de ensaio DER/SP ME-DE-P00/011(14)

c) teor de umidade método expedito da frigideira.

A cada 30m determinar:

a) espessura de corte, imediatamente após a passagem da recicladora; a tolerância admitida é ± 1,0 cm da definida em projeto;

b) espessura das camadas de revestimento e da base.

Os resultados obtidos são parâmetros para ajuste e verificação da composição granulométrica definida no projeto de dosagem da mistura reciclada, e confirmação dos segmentos de

MINUTA

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

materiais homogêneos.

6.2.2 Controle da Base Mistura Reciclada

O controle das características da mistura reciclada deve abranger:

a) extração de asfalto, conforme o método de ensaio ME-DE-P00/011[14], 1 ensaio em amostras coletadas na pista, a cada 500 m;

b) granulometria da mistura com material resultante das extrações da alínea a, conforme NBR 17054[13];

c) ensaio *Marshall*, conforme ME-DE-P00/010[7]: moldagem de três corpos-de-prova para determinação do teor de vazios, estabilidade: um ensaio por jornada de 8 horas de trabalho.

6.2.3 Compactação Após Cura

A cada 300 m de faixa de rolamento de massa determinar a massa específica aparente seca *in situ*, conforme NBR 7185[15], e respectivo grau de compactação, obtido a partir da massa específica aparente do projeto da mistura.

6.3 Controle Geométrico e de Acabamento

6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada reciclada deve ser determinada através de medida direta, no máximo a cada 300 m, de superfície executada, efetuada em corpo-de-prova extraído com sonda rotativa.

A relocação e o nivelamento do eixo e bordas devem ser executados a cada 20 m, deve-se nivelar os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

6.3.2 Controle da Largura e Alinhamentos

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

6.3.3 Controle de Acabamento da Superfície

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é verificado com duas réguas, uma de 1,20 m e outra 3,00 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação.

6.4 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada, após o teor de umidade tenha de atingir 2% ou menos, cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024[17], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de

MINUTA

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

acordo com DNER PRO 273[16].

7 ACEITAÇÃO

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

7.1 Materiais

7.1.1 Emulsão Asfáltica Recicladora

A emulsão asfáltica é aceita se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1.1 atendam à especificação da portaria DNC 44/97, anexo C, ou legislação que estiver em vigor na ocasião de sua utilização.

7.1.2 Agregados e Fíler Adicionais

Os agregados graúdos adicionais são aceitos desde que os resultados individuais de abrasão *Los Angeles*, índice de forma e perda de durabilidade atendam aos estabelecidos no item 3.2.

Os agregados miúdos são aceitos desde que os resultados individuais de equivalente areia sejam superiores a 55%.

7.1.3 Água

A água utilizada é aceita desde que seja isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais, e atenda a NBR NM 137[6].

7.2 Produção e da Execução

7.2.1 Mistura Reciclada

As misturas são aceitas se:

a) os resultados individuais do teor final de ligante apresentem variação de no máximo ± 0,3%, do fixado em projeto;

b) a granulometria da mistura analisada estatisticamente, conforme anexo B, apresente valores mínimos e máximos dentro dos limites da faixa adotada para mistura, conforme estabelecido na Tabela 3;

c) a estabilidade e a porcentagem de vazios, quando analisados estatisticamente conforme a equação 3 e 4, do anexo B, apresente valores mínimos e máximos, respectivamente dentro dos estabelecidos na Tabela 2.

O conjunto de resultados para análise estatística deverá ser composto por no mínimo 4 e no máximo 10 resultados.

7.2.2 Compactação

MINUTA

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

O grau de compactação é aceito desde que não sejam obtidos valores individuais inferiores a 97%, ou os resultados da análise feita estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a 97%.

7.2.3 Geometria e Acabamento

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

a) os resultados individuais da semilargura da plataforma ou faixa reciclada, não apresente valores inferiores aos previstos para a camada; e os desvios verificados no alinhamento não excedam a +10 cm;

b) a espessura determinada estatisticamente, por controle bilateral, conforme equações 3 e 4 do anexo B, devem apresentar variações de ± 0,02 m da espessura de projeto;

c) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de ± 0,03 m em relação à espessura de projeto;

O acabamento da superfície reciclada é aceito desde que:

a) 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

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

c) a superfície apresente-se bem desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compressão e protegida por capa selante.

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 da reciclagem de pavimento *in situ* com emulsão.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

a) para as áreas de apoio necessárias à execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

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

c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de

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.

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, 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 Emulsão Asfáltica e Agregados - Estocagem

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) a área de estocagem, estacionamento, manutenção de equipamentos devem 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;

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) executar os serviços preferencialmente em dias secos, de modo a evitar o arraste da emulsão pelas águas da chuva para os cursos d'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;

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) os resíduos dos produtos utilizados devem ser acumulados em locais pré-definidos e livres de restrições ambientais. No encerramento das atividades devem ser removidos em recipientes apropriados para o canteiro de obras;

h) é proibida a deposição irregular de sobras de materiais utilizado reciclagem do pavimento junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

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

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser medido em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme o respectivo preço unitário contratual, no qual se incluem: corte de material, fornecimento, carga e transporte de material até locais de aplicação, produção da mistura reciclada, perdas, espalhamento, compactação e acabamento; abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, executado de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.13.05.01 – Base Reciclada *in situ* com emulsão asfáltica	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16974**. Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão *Los Angeles*. Rio de Janeiro, 2021.

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

3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 089**.

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

Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

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

5 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER EM 367**. Material de enchimento para misturas betuminosas. Rio de Janeiro, 1997.

6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 137.** Argamassa e concreto - Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

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

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

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

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

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

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

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

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

15 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7185**. Solo - Determinação da massa específica aparente, "in situ", com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

16 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo Falling Weight Deflectometer – FWD. Rio de Janeiro, 1996.

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

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.

18 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6567.** Ligantes asfálticos - Emulsões asfálticas – Determinação da carga de partícula. Rio de Janeiro, 2015.

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

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

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

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

23 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2171**. Test Method for Viscosity of Asphalts by Vacuum Viscometer. Pennsylvania, 1997

24 ____. **ASTM D 2007**. Test Method for Characteristic Groups in Rubber Extender and Processing Oils by the Clay Gel Adsorption Chromatographic Method. 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 Emulsão Asfáltica Recicladora				
viscosidade Saybolt Furol, a 25ºC um ensaio	NBR 14491[9]	Para todo carregamento de emulsão que chegar à obra, devem ser realizados	Resultados individuais	Atender a portaria DNC 44/97 – Anexo C
Resíduo asfáltico da emulsão	NBR 6568[10]			
Peneiração	NBR 14393[11]			
Sedimentação	NBR 6570[12]	Para cada 200 tonelada		
Destilação	NBR 6568[10]			
1.2 Agregado Graúdo Adicional				
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%
Índice de forma	DNIT 425/2020 – ME[2]			≥ 0,5
Durabilidade, com sulfato de sódio e magnésio, em cinco ciclos	DNER ME 089[3]			Sulfato de sódio < 20% ou Sulfato de magnésio < 30%
1.3 Agregado Miúdo Adicional				
Equivalente de areia	NBR 12052[4]	1 ensaio por jornada de 8 horas de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.	Resultados individuais	≥ 55%
1.4 Fíler – Adicional				
Análise granulométrica	NBR 17054[13]	na razão de um ensaio equivalente ao consumo de material para reciclagem 1.400 m² de pista.	Resultados individuais	Seja uniforme ao longo da reciclagem

/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 Água				
Qualidade da água	NBR NM 137[6]	Sempre que houver dúvida sobre a sanidade da água	Resultados Individuais	Atender NM 137[6]
2. CONTROLE DE PRODUÇÃO e EXECUÇÃO				
2.1 Material Fresado				
Granulometria	NBR 17054[13]	Uma determinação em cada subtrecho homogêneo, com no mínimo uma determinação a cada 3.500 m² de pista.	Resultados Individuais	Parâmetro de controle e ajuste da produção
Extração de ligante.	NBR 16208[22]			
Teor de umidade	Método expedito da frigideira			
2.2 Material Reciclado				
Extração de ligante	ME-DE-P00/011[14]	1 ensaio em amostras coletadas na pista, a cada 500m	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,3 %
Análise granulométrica da Mistura	NBR 17054[13]	Material resultante da extração do ligante		Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa adotada conforme Tabela 3 do item 3.5

/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 LORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Ensaio Marshall, com moldagem de três corpos-de-prova, para determinação de:	ME-DE-P00/010(7)	um ensaio por jornada de 8 horas de trabalho	Controle Unilateral Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceito se:
Volume de vazios			$X = \overline{X} + KS \leq LSE$	≤18%
Estabilidade			$X = \overline{X} - KS \geq LIE$	≥ 5KN
Determinara a massa específica seca *in situ e* o respectivo grau de compactação, obtido pela relação entre a massa específica in situ e a massa especifica aparente do projeto da mistura**.**	NBR 7185(15)	A cada 300m, de acamada acabada	Controle Estatístico Unilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Valores Individuais ≥ 97% ou GC_{est} ≥ 97%
3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Alinhamento da plataforma Largura da plataforma	Relocação e Nivelamento da seção transversal Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados individuais	Não apresente valores individuais da semilargura inferiores ao previstos e os desvios verificados no alinhamento não excedam a +10 cm.

/continua

MINUTA

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

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Espessura	Extração de corpos de prova	A cada 300 m de faixa reciclada	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras Resultados individuais	± 0,02 m E Não apresente resultados individuais fora do intervalo de ± 0,03 m em relação à espessura revista em 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	A variação máxima admitida, entre dois pontos de contado, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada é de 0,5cm.
A verificação do acabamento da superfície da camada deve ser feita também em bases visuais e será aceita se: - as juntas executadas apresentem-se homogêneas, em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências indesejáveis; - a superfície apresente-se bem desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compactação.				
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER ME 024[17] ou FWD DNER PRO 273[16]	A cada 20 m por faixa alternada, após a mistura atingir teor de umidade de 2% ou menos (a cada 40 m na mesma faixa)	Controle Unilateral $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 amostras	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser menor ou igual ao valor admitido em projeto

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

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

Tabela B-1 – Controle Estatístico

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

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

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

MINUTA

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

MINUTA

ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA EMULSÃO DE RECICLAGEM

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

CARACTERÍSTICAS		UN	ESPECIFICAÇÕES						MÉTODOS	
ENSAIOS SOBRE A EMULSÃO	Viscosidade Saybolt – Furol SSF a 25º C	Seg.	ARE-1	ARE-5	ARE-25	ARE-75	ARE-250	ARE-500	ABNT	ASTM
			70 máx.	70 máx.	70 máx.	70 máx.	70 máx.	70 máx.	NBR 14491(9)	
	Sedimentação	% p	5 máx.	5 máx.	5 máx.	5 máx.	5 máx.	5 máx.	NBR 6570(12)	
	Peneiração 0,84 cm	% p	0,1 máx.	0,1 máx.	0,1 máx.	0,1 máx.	0,1 máx.	0,1 máx.	NBR 14393(11)	
	Carga de Partícula		Não se aplica	+	+	+	+	+	NBR 6567(18)	
	Destilado Solvente destilado resíduo	% v % p	Nula 60 mín.	Nula 60 mín.	Nula 60 mín.	Nula 60 mín.	Nula 60 mín.	Nula 60 mín.	NBR 6568(10)	
ENSAIOS SOBRE O RESÍDUO	Viscosidade Cinemática a 60 º C	cST	50-175	176-900	901-4500	4501-12500	12501-37500	37501-60000	NBR 14756(19)	
	Teor de Saturados	% p	30 máx.	30 máx.	30 máx.	30 máx.	30 máx.	30 máx.		D 2007(23)
	Efeito do calor e ar a 163ºC Razão de Viscosidade Variação de Massa	% p	4 4 máx.	4 4 máx.	4 3 máx.	4 3 máx.	4 3 máx.	4 3 máx.	NBR 14736(20) ou NBR 15235(21)	

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.