TÍTULO

RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO *IN SITU* COM CIMENTO E BRITA

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem. Brita. Cimento.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 33/05**. Pavimentação: Reciclagem de pavimento *in situ* com adição de cimento. Curitiba, 2005.

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 3
2 DEFINIÇÃO 3
3 MATERIAIS 3
3.1 Agregado Adicional 3
3.2 Cimento 3
3.3 Água 3
3.4 Mistura Reciclada 4
4 EQUIPAMENTOS 5
5 EXECUÇÃO 5
5.1 Segmento Experimental 5
5.2 Reciclagem 6
5.3 Compactação 7
5.4 Acabamento 7
5.5 Cura 7
5.6 Abertura ao Tráfego 7
6 CONTROLE 8
6.1 Controle dos Materiais 8
6.2 Controle de Execução 8
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento 9
6.4 Deflexões 10
7 ACEITAÇÃO 10
7.1 Materiais 10
7.2 Execução 10
7.3 Deflexões 12
8 CONTROLE AMBIENTAL 12
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 12
8.2 Execução 13
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 13
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 14
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 16
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICOTABELA B-1 – CONTROLE ESTATÍSTICO 22

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 cimento Portland e brita, de modo obter uma base reciclada, constituída pelos materiais de reciclagem do pavimento, com adição de brita quando necessário e de cimento e água, em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

A reciclagem de pavimento *in situ* a frio com cimento e brita é o processo de restauração de pavimento executado no local, com equipamento apropriado, com reaproveitamento total ou parcial do revestimento existente, normalmente com incorporação de parte ou toda base existente, adição de cimento Portland, água e, quando necessário, incorporação de agregado, espalhamento e compactação da mistura resultante, obtendo-se desta forma uma nova base do pavimento, isto é, uma base reciclada.

3 MATERIAIS

3.1 Agregado Adicional

O agregado graúdo, eventualmente incorporado aos materiais reciclados para correção granulométrica da mistura, deve ser constituído por pedra britada, que apresentem fragmentos duros, limpos e duráveis, livres do excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como isentos de outras substâncias ou contaminações prejudiciais; e deve atender aos seguintes requisitos:

a) desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(1), inferior a 25% para basalto e 50% para os demais tipos de rochas;

b) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052(2), superior a 55%;

c) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 – ME(3);

d) perda no ensaio de durabilidade, conforme DNER-ME 089/94(4), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e, com sulfato de magnésio, inferior a 30%.

3.2 Cimento

O cimento Portland deve atender às especificações do DNER-ME 036/94(5), para recebimento e aceitação do material, e a norma NBR 16697(6) para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.

3.3 Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Deve atender aos requisitos estabelecidos pelas normas DNIT 036-ME(7), DNIT 037-ME(8) e NBR 15900-1-11(9).

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.

3.4 Mistura Reciclada

A mistura reciclada com cimento e com eventual adição agregados deve apresentar as seguintes características:

a) a porcentagem em massa de cimento a ser incorporada a mistura reciclada deve ser fixada de modo a atender a resistência à compressão simples e à tração no ensaio de compressão diametral, ambas aos 28 dias, fixadas no projeto da estrutura do pavimento;

b) a composição granulométrica do material reciclado, juntamente com agregado adicional, quando necessário, e o cimento Portland, deve satisfazer aos requisitos da tabela 1;

c) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na tabela 1, porém respeitando os limites da faixa granulométrica.

Tabela 1 – Faixa Granulométrica

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando	Tolerâncias
ASTM	Mm		
1 ½”	63,5	100	-
N° 4	4,8	50– 100	± 16
n° 40	0,42	15– 100	± 10
n° 200	0,075	5 – 100	± 6

3.4.1 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, umidade etc.;

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

3.4.2 Teor de Cimento

Define-se teor de cimento em massa a relação entre a massa de cimento e a massa da mistura final, multiplicado por 100.

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.

3.4.3 Porcentagem de Agregado Adicional

A porcentagem de agregado adicional é definida como sendo a relação entre a 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 da reciclagem de pavimento *in situ* com cimento e brita compreende as seguintes unidades:

a) recicladora, que deve possuir as seguintes características:
   - largura mínima efetiva do tambor fresador de 2m; com diferentes velocidades de rotação e dotado de ferramenta de corte de fácil substituição;
   - câmara de mistura dotada de dispositivo para permitir a fragmentação da capa asfáltica e assim restringir o diâmetro máximo admissível;
   - deve ser autopropelida e ter a capacidade de pulverizar e misturar o pavimento na espessura mínima de 12,0 cm em uma única passada;
   - deve ser equipada com dispositivos para controlar a profundidade de corte;
   - possuir acessórios específicos para injeção e dosagem da água, de forma a umedecer a mistura reciclada deixando-a no teor ótimo de compactação;

b) distribuidor de agregados;

c) distribuidor de aglomerante hidráulico;

d) caminhão tanque para abastecimento de água;

e) motoniveladora;

f) rolo vibratório liso, tipo tandem vibratório;

g) rolo vibratório tipo pé de carneiro;

h) rolo pneumático de pressão variável.

A composição do conjunto de compactadores deve ser determinada experimentalmente. O conjunto de rolos compactadores deve assegurar a compacidade adequada sem produzir alterações de densidade ou esmagamento de partículas.

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 considerado experimental, para obtenção dos objetivos:

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;

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) 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 da mesma (*checklist* dos equipamentos).

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

Não é permitida a execução de reciclagem com adição de cimento e brita quando a temperatura ambiente na sombra for superior a 35 ºC ou inferior a 5 ºC, e quando houver possibilidade de chuva.

A operação de fresagem do revestimento existente, incorporação dos agregados, adição de cimento e água ocorrem simultaneamente. A mistura é processada no interior da recicladora e em seguida espalhada e compactada.

O cimento, água e os agregados adicionados ao material reciclado devem ser previamente dosados em laboratório.

O agregado adicional, o cimento ou outro aglomerante hidráulico devem ser espalhados na quantidade determinada, a fim de atender as porcentagens determinadas no projeto da mistura, com emprego de distribuidor de agregados e distribuidor de aglomerante hidráulico, respectivamente.

O espalhamento do cimento pode ser executado por espalhamento manual, desde que se garanta a homogeneidade da taxa prevista em projeto.

A reciclagem do pavimento deve ser executada na extensão e espessura de corte indicada no projeto, incorporando-se simultaneamente o agregado adicional, com a concomitante adição de água, nas quantidades fixadas pelo projeto de dosagem, tendo como parâmetro para umedecimento a umidade ótima definida no ensaio de compactação da mistura reciclada.

Imediatamente após a passagem da recicladora deve ser realizada a pré-compactação para confinar a mistura reciclada e evitar perdas de umidade à medida que a recicladora avança. O equipamento de compactação vem imediatamente atrás da recicladora, para dar consistência à mistura antes que qualquer conformação geométrica seja feita pela motoniveladora.

Após a pré-compactação deve ser realizada a conformação inicial dos perfis transversais e longitudinais da camada com emprego de motoniveladora.

Devem ser tomadas todas as precauções a fim de serem evitados os processos que levem a segregação da mistura reciclada.

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.

Com objetivo de evitar a criação de juntas transversais no processo da reciclagem deve-se ter atenção no sentido de minimizar as paradas. Caso haja alguma paralisação temporária, deve ser feita uma marcação no local exato da parada da recicladora. Para o reinício dos serviços a recicladora deve voltar alguns metros e reiniciar o corte sem adição de materiais e água para compactação. No momento em que atingir o local marcado o operador deve reiniciar a reciclagem.

5.3 Compactação

Após a conformação da mistura reciclada, deve-se iniciar imediatamente a operações de compactação. A compactação deve iniciar-se das bordas para 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 metade da largura coberta na passagem anterior.

O desvio máximo admitido do teor de umidade da mistura reciclada é de -2,0 % a +1 % em relação à umidade ótima, e o grau de compactação deve ser igual ou superior a 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima, ambas obtidas no ensaio de compactação, conforme NBR 7182[(10)], na energia intermediária.

Eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem variações direcionais prejudiciais devem se processar fora da área de compressão.

A compactação deve ser conduzida de modo que a espessura compactada final seja de no máximo 20 cm, e nunca inferior a 12 cm.

O intervalo de tempo máximo admitindo, entre a adição de água à mistura e o término da compactação, não deve exceder ao tempo de início de pega do cimento.

5.4 Acabamento

O acabamento é executado mediante o emprego de motoniveladora, atuando exclusivamente em operação de corte. Não é permitida a correção de depressões pela adição de material. A superfície da base é compactada até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas.

5.5 Cura

A superfície da base reciclada com cimento deve ser protegida contra a evaporação da água por meio de uma pintura com emulsão asfáltica tipo RR-2C. A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

5.6 Abertura ao Tráfego

A base reciclada com cimento não deve ser liberada à ação do tráfego. A fiscalização poderá, em caráter excepcional, autorizar a abertura ao tráfego desde que a camada apresente, na ocasião, resistência compatível com a solicitação de carga e que a imprimação esteja completamente rompida e curada e curada e protegida por um salgamento para criação de uma camada de proteção mecânica da base reciclada.

MINUTA

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

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Agregado Adicional

Devem ser executados os seguintes ensaios nos agregados graúdos, eventualmente adicionados:

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[(3)], 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 089/94[(4)]: 1 ensaio no início da utilização dos agregados na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

Para agregado miúdo, determinar o equivalente de areia conforme NBR 12052[(2)]: um ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.

6.1.2 Cimento

Determinar a finura, conforme NBR 11579[(11)] a cada 600 m³ de mistura a ser reciclada, ou quando houver dúvidas sobre a sua sanidade do cimento.

6.1.3 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme as normas DNIT 036-ME[(7)], DNIT 037-ME[(8)] e NBR 15900-1-11[(9)].

6.2 Controle de 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 NM 248[(12)];

b) teor de umidade pelo método expedito da frigideira, de acordo com NBR 16097[(13)];

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 materiais homogêneos.

MINUTA

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

6.2.2 Controle da Base Reciclada

O controle das características e execução da base reciclada deve abranger:

a) determinação do teor de cimento e da taxa do agregado adicional, em kg/m², por intermédio de colocação de bandejas, de peso e área conhecidos, para coleta de material durante o espalhamento na pista; 2 determinações por jornada de 8 horas de trabalho;

b) determinação do teor de umidade, 1 determinação a cada 250 m^2 de pista, imediatamente antes do espalhamento; se o desvio da umidade estiver compreendido no intervalo de -2,0 % a + 1,0 % da umidade ótima, o material pode ser liberado para compactação;

c) determinação da densidade seca máxima e umidade ótima, conforme NBR 7182(10), 1 ensaio cada 500 m^2 de mistura e toda vez que houver indícios de variação de material;

d) granulometria da mistura reciclada, de amostras obtidas na pista durante o espalhamento, conforme NBR NM 248(12), sendo 1 ensaio a cada 500 m², e sempre que houver indícios de variação da granulometria da mistura;

e) determinação do teor de umidade, da massa específica aparente seca in situ, conforme NBR 7185(14), e o respectivo grau de compactação imediatamente após a conclusão da camada, a cada 500 m^2; a partir dos valores de densidade seca máxima obtida na alínea c;

f) moldagem de corpos de prova, em moldes cilíndricos de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, em 5 camadas compactadas com energia intermediária para determinação da resistência à compressão simples aos 28 dias de cura, conforme NBR 5739(15), a cada 500 m² de pista, e a cada 750 m² de pista aos 7 dias; para avaliar os resultados iniciais em relação à resistência final a ser atingida;

g) determinação da resistência à tração por compressão diametral, de amostras coletadas na pista, aos 28 dias de cura, conforme NBR 7222(16), a cada 500 m^2 de pista;

Logo após a moldagem, os corpos de prova devem ser cobertos com um pano molhado por período mínimo de 24 horas e devem ser a seguir desmoldados e levados para cura, em câmara úmida até idade do ensaio à compressão e resistência a tração.

6.3 Controle Geométrico e de Acabamento

6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

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

6.3.2 Controle do Alinhamento e Largura

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da semi-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

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 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.

A superfície não deve apresentar locais com ocorrência de segregação.

6.4 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada, após 7 dias de cura, a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER-ME 024/94[17], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER-PRO 273/96[18].

7 ACEITAÇÃO

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

7.1 Materiais

7.1.1 Agregados

Os agregados gráudos adicionais são aceitos desde que os resultados individuais de abrasão *Los Angeles*, índice de forma, lamelaridade e perda de durabilidade atendam aos estabelecidos no item 3.1.

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

7.1.2 Cimento Portland

Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste atendimento da DNER-ME 036/94[5] e da especificação NBR 16697[6] para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.

Os resultados individuais de resíduo retido na peneira de abertura 0,075 devem ser no máximo 10% para o cimento Portland de alto forno e de no máximo 15% para o cimento comum.

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 as normas DNIT 036-ME[7], DNIT 037-ME[8] e NBR 15900-1-11[9].

7.2 Execução

7.2.1 Teor de Cimento

A variação individual admitida para o teor cimento é de ± 0,5 ponto percentual do teor ótimo

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.

de cimento definido no projeto da mistura.

7.2.2 Taxa de Agregado Adicional

A taxa de agregado adicional analisada estatisticamente, através da equação 3 e 4 do anexo B, é aceita se apresentar valores mínimos e máximos entre ± 15 % em relação à taxa dosagem.

7.2.3 Granulometria da Mistura

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

7.2.4 Compactação

O grau de compactação é aceito desde que não sejam obtidos valores individuais inferiores a 100%, 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 100%.

7.2.5 Resistência à Compressão Simples e a Tração

O resultado da análise estatística da resistência característica estimada à compressão simples e a tração por compressão diametral, obtidas através da equação 3 do anexo B, deve ser maior ou igual a resistência definida no projeto da estrutura do pavimento. Os lotes devem ser formados por no mínimo quatro e no máximo dez corpos de prova.

Não são admitidos no ensaio de compressão diametral valores individuais de resistência à compressão simples e à tração inferiores a 90% das resistências especificadas no projeto da estrutura do pavimento.

7.2.6 Geometria e Acabamento

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

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

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

c) não se obtenham valores individuais da semilargura da plataforma ou faixa reciclada inferiores as de projeto;

d) 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) 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;

MINUTA

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

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

c) a superfície apresente-se bem desempenada, sem vestígios de segregação, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compactação.

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 definida 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 com adição de cimento e eventualmente agregados.

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 a execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

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

c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

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

f) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, 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

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.

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 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

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

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

d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

f) é proibido 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;

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

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços devem ser medidos em metros cúbicos de base reciclada 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 os respectivos preços unitários contratuais, nos quais estão inclusos: 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, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.13.07.01 - Reciclagem capa/base com adição de 4% de cimento	m³
23.13.07.02 - Reciclagem de pavimento com adição de 30% de brita e 4,0% de cimento	m³
23.13.07.03 - Reciclagem de pavimento com adição de 20% de brita e 4,0% de cimento	m³
23.13.07.04 - Reciclagem de pavimento com adição de 20% de brita e 6,0% de cimento	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.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

2 ____. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

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 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 089/94**. Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

5 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 036/94.** Solo – determinação da massa específica aparente do solo "in situ", com o emprego do balão de borracha. Rio de Janeiro, 1994.

6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**. Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

7 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 036-ME**. Pavimento rígido - Água para amassamento do concreto de cimento Portland - Ensaios químicos. Rio de Janeiro, 2004.

8 ____. **DNIT 037-ME**. Pavimento rígido - Água para amassamento do concreto de cimento Portland - Ensaios comparativos. Rio de Janeiro, 2004.

9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1-11**. Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

10 ____. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

11 ____. **NBR 11579**. Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira de 75 micrômetros (número 200). Rio de Janeiro, 2012.

12 ____. **NBR NM 248**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

13 ____**. NBR 16097**. Solo - Determinação do teor de umidade — Métodos expeditos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

14 ____. **NBR 7185** – Determinação da massa específica aparente *in situ*, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

15 ____. **NBR 5739**. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

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.

16 ____. **NBR 7222**. Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

17 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 024/94**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

18 ____. **DNER-PRO 273/96**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo *falling weight deflectometer* – FWD. Rio de Janeiro, 1996.

_____

/ANEXO A

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.

1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQÜÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
1.1 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	< 25% para basalto e < 50% para os demais tipos de rochas
Índice de forma	DNIT 425/2020 – ME(3)			Índice de forma ≥ 0,5 e
Durabilidade, com sulfato de sódio e magnésio	DNER-ME 089/94(4)			sulfato de sódio < 20% sulfato de magnésio < 30%
Equivalente de areia, do agregado miúdo	NBR 12052(2)	1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	> 55%
1.2 Cimento				
Cimento Portland – Comum Finura	NBR 16697 (6) NBR 11579(11)	1 determinação a cada 600m³ de mistura a ser reciclada, ou quando houver dúvida sobre a sua sanidade.	- Resultados Individuais	Certificado de qualidade que ateste o atendimento DNER-ME 036/94(5) e da NBR 16697(6) e resíduo na peneira 0,074 ≤ 10%
1.3 Água				
Qualidade da água	DNIT 036-ME(7), DNIT 037-ME(8) e NBR 15900-1-11(9)	Sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade	Resultados individuais	Ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica ou outras substâncias nocivas

/continua

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	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2. CONTROLE DA EXECUÇÃO				
2.1 Material Fresado				
Granulometria	NBR NM 248[12]	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
teor de umidade	Método expedito da frigideira, NBR 16097[13]			
Determinação da espessura do corte	Trena	Uma determinação a cada 30 m	Resultados Individuais	tolerância admitida é ± 1,0 cm da definida em projeto
Determinação da espessura das camadas, revestimento e base.				Parâmetro de controle
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 materiais homogêneos				
2.2 Base Reciclada				
Determinação do teor de cimento	Pesagens de bandejas	dois ensaios, por jornada de 8 horas trabalho	Resultados Individuais	± 0,5 ponto percentual do teor ótimo de cimento definido no projeto da mistura.
Determinação da taxa de agregado adicional			Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 15 %toda taxa de projeto

MINUTA

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

/continua

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Teor de umidade	Método expedito da frigideira, NBR 16097[13]	A cada 250 m² de pista, imediatamente antes do espalhamento da camada	Resultados individuais	-2 a +1% da umidade ótima, pode ser liberado para compactação
Ensaio de compactação, na energia intermediária	NBR 7182[10]	1 ensaio a cada 500 m² e sempre que a curva granulométrica da mistura se achar fora da faixa de trabalho	Resultados Individuais	Parâmetro de controle
Análise granulométrica da Mistura	NBR NM 248[12]	A cada 500 m², de camada acabada.	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	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho da mistura.
Determinação da massa específica aparente *in situ*, e o correspondente grau de compactação	NBR 7185[14]	1 determinação a cada 500 m² de pista	Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Resultados Individuais GC ≥ 100% ou GCest ≥ 100%.
Moldagem corpos de prova cilíndrico de 15cm de diâmetro e 30 cm de altura, em 5 camadas resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de cura.	NBR 5739[15]	1 determinação a cada a cada 500 m² de pista, aos 28 dias e a cada 750m² aos 7 dias de cura	Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e no mínimo 4 e no máximo 10 exemplares	Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% do Fckproj Fckest ≥ Fckproj
Determinação da resistência a tração por compressão diametral, aos 28 dias de cura	NBR 7222[16]	um ensaio a cada 500m²		Não serão admitidos valores individuais inferiores a 90% do Fct Fctest ≥ Fctproj

/continua

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

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Espessuras e cotas	Relocação e nivelamento topográfico Medidas de trena	A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários.	Resultados individuais	Variação no eixo longitudinal e das cotas das bordas, nas seções transversais não devem ser superiores a - 2,0 à +1,0cm das cotas de projeto Variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;
Largura e alinhamentos da plataforma		A cada 20 m	Resultados individuais	Não se admite valores para semilargura inferiores aos previstos 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, sem vestígios de segregação, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compactação.				

/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	FREQÜÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES NDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
5. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER-ME 024/94(17) ou FWD DNER-PRO273/96(18)	A cada 20 m por faixa alternada (a cada 40 m na mesma faixa)	Controle Unilateral $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 amostras	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a definida em projeto

/ANEXO B

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	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Ou	
4 - Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
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.