



**Departamento de Estradas
de Rodagem do Estado do
Paraná - DER/PR**

Avenida Iguaçu 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
Fax (41) 3304 8130
www.pr.gov.br/transportes

DER/PR ES-P 33/05

PAVIMENTAÇÃO: RECICLAGEM DE PAVIMENTO “IN SITU” COM ADIÇÃO DE CIMENTO

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor em 14/12/2005
Deliberação n.º 281/2005

Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavra-chave: base, reciclagem, estabilização com
cimento

13 páginas

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de reciclagem a frio “in situ” do pavimento, com adição de cimento Portland. São também encontrados os requisitos relativos a materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para a aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01/05.

SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

0 PREFÁCIO

Esta especificação de serviço estabelece a sistemática empregada na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base as referências técnicas de aplicações recentes realizadas no país.

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na seleção do produto e sua aplicação em camadas recicladas de pavimentos rodoviários em obras sob a jurisdição do DER/PR.

2 REFERÊNCIAS

- ABNT NBR-5732/91 - Cimento Portland comum
 ABNT NBR-11579/91 - Cimento Portland – determinação da finura por meio da peneira 75 μm (nº 200)
 DNER-EM 036/95 - Cimento Portland – recebimento e aceitação
 DNER-ME 024/94 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman
 DNER-ME 035/98 - Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”
 DNER-ME 054/97 - Equivalente de areia
 DNER-ME 080/94 - Solos – análise granulométrica por peneiramento
 DNER-ME 082/94 - Solos – determinação do limite de plasticidade
 DNER-ME 083/98 - Agregados – análise granulométrica
 DNER-ME 089/94 - Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio
 DNER-ME 092/94 - Solo – determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia
 DNER-ME 122/94 - Solos – determinação do limite de liquidez
 DNER-ME 129/94 - Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas
 DNER-ME 201/94 - Solo-cimento – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos
 DNER-ME 202/94 - Solo-cimento – compressão axial de corpos de prova cilíndricos
 DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
 DNIT 011/2004-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias
 DNIT 068/2004-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias – procedimento
 Manual de Execução de Serviços Rodoviários – DER/PR
 Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias – DER/PR
 Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR
 Regulamento técnico ANP nº 03/2005: Cimento asfáltico de petróleo

3 DEFINIÇÃO

3.1 Base reciclada “in situ” com adição de cimento Portland: é a mistura reciclada no local com o emprego de equipamentos próprios para esta finalidade, utilizando-se material do pavimento existente, agregados adicionais (eventuais), cimento Portland e água, em proporções previamente determinadas em laboratório, misturada, espalhada e compactada, de forma a compor uma nova camada de base do pavimento.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação:

- a) sem o preparo prévio da superfície a receber a camada de brita graduada (regularização do subleito ou sub-base), caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar, se necessário;
- b) sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias do DER/PR;
- c) sem a aprovação prévia pelo DER/PR, do projeto de dosagem;
- d) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- e) em dias de chuva.

4.2 Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de fabricação, origem e mais o que seja necessário para sua caracterização para o fim a que se destina.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais: todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

5.1.1 Cimento Portland

- a) Deve obedecer às especificações da DNER-EM 036/95, NBR 5732/91 e NBR 11579/91.

5.1.2 Água

- a) Deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

5.1.3 Agregados adicionais

- a) A granulometria da mistura a reciclar pode ser corrigida pela adição de um ou mais agregados, de acordo com a dosagem ou por indicação do projeto.
- b) O agregado graúdo deve ser constituído por pedra britada ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas, atendendo aos seguintes requisitos:
 - b.1) quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 089/94), os agregados utilizados devem apresentar perdas inferiores a 12%;

- b.2) a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 035/98) não deve ser superior a 50%;
- b.3) a percentagem de grãos de forma defeituosa, determinada no ensaio de lamelaridade descrito no Manual de Execução, não pode ultrapassar a 20%;
- b.4) no caso de emprego de seixos rolados britados, exige-se que 90% dos fragmentos, em peso, apresentem pelo menos uma face fragmentada pela britagem.
- c) O agregado miúdo deve ser constituído por pó-de-pedra, apresentando partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Devem ser atendidos, ainda, os seguintes requisitos:
- c.1) as perdas no ensaio de durabilidade (DNER-ME 089/94), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, devem ser inferiores a 15%;
- c.2) o equivalente de areia (DNER-ME 054/97) do agregado miúdo deve ser igual ou superior a 40%.

5.2 Características da mistura reciclada

5.2.1 Composição granulométrica: a composição granulométrica do material reciclado, juntamente com o agregado adicional (eventual) e o cimento Portland, deve satisfazer aos requisitos do quadro seguinte.

Peneira de malha quadrada		Percentagem passando em peso
ABNT	Abertura, mm	
2 ½"	63,5	100
Nº 4	4,8	50 – 100
Nº40	0,42	15 – 100
Nº200	0,075	5 - 100

5.2.2 Para efeito de controle e aceitação do serviço, deve ser definida uma faixa granulométrica de trabalho, baseada na granulometria adotada na dosagem da mistura, acrescida das tolerâncias a seguir indicadas, em cada peneira:

Peneira		%Passando, em Peso
ABNT	Abertura, mm	
2 ½"	63,5	-
Nº 4	4,8	± 8
Nº40	0,42	± 5
Nº200	0,075	± 3

5.2.3 O limite de liquidez (DNER-ME 122/94) deve ser igual ou inferior a 25%, e o índice de plasticidade igual ou inferior a 6%.

5.2.4 A mistura reciclada deve satisfazer aos seguintes requisitos mínimos: resistência à compressão simples, aos sete dias, mínima de 3,5 MPa e máxima de 8,0 MPa.

5.3 Orientações para a dosagem de mistura reciclada

5.3.1 Coleta de amostras

- a) A coleta de amostras para subsidiar a dosagem da mistura reciclada, deve ser efetuada, necessariamente, com o auxílio da própria recicladora que é utilizada nos serviços de reciclagem.
- b) É fundamental que a coleta de amostras para a definição dos projetos de dosagem seja feita de forma a cobrir todas as possíveis variações da estrutura do pavimento existente. A cada uma destas variações corresponde um segmento homogêneo, para o qual deve ser elaborado um projeto de dosagem específico.
- c) Os procedimentos de coleta de amostras são definidos em instrução específica do DER/PR.

5.3.2 Apresentação da dosagem da mistura reciclada

- a) As seguintes características da mistura reciclada devem ser indicadas no relatório de dosagem:
 - composição granulométrica de projeto e faixa de trabalho;
 - umidade ótima da mistura reciclada;
 - massa específica aparente seca máxima da mistura reciclada;
 - energia de compactação especificada (Proctor Intermediário);
 - resistência à compressão simples aos 7 dias.

5.4 Equipamentos

5.4.1 Todo o equipamento, antes do início da execução do serviço, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pelo DER/PR, sem o que não é dada a autorização para seu início.

5.4.2 Os equipamentos utilizados são os seguintes:

- a) distribuidor de agregados;
- b) distribuidor de aglomerante hidráulico;
- c) recicladora, com as seguintes características:
 - c.1) o equipamento deve ter dispositivo eletrônico de regulagem de espessura da camada do pavimento;
 - c.2) largura mínima efetiva, em uma passada, de 2 m;
 - c.3) possuir acessórios específicos para injeção e dosagem de água;

- d) caminhão-tanque para o abastecimento de água;
- e) motoniveladora;
- f) rolo liso vibratório;
- g) rolo de pneumáticos de pressão variável.

5.5 Execução

5.5.1 A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

5.5.2 Para a perfeita execução e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, são definidos no documento “Informações e Recomendações de Ordem Geral”, procedimentos a serem obedecidos pela executante e pelo DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento experimental.

5.5.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender aos limites definidos nesta especificação, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pelo DER/PR, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.5.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental por desempenho insatisfatório quanto aos limites especificados nos ensaios, a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

5.5.5 A reciclagem “in situ” do pavimento deve ser executada nas condições e seqüência a seguir descritas.

- a) Espalhamento do agregado adicional, na espessura determinada (se requerido), preferencialmente com emprego de distribuidor de agregados. Opcionalmente, é admitido o emprego de motoniveladora.
- b) Espalhamento do cimento Portland sobre o pavimento existente, no teor indicado no projeto da mistura reciclada, com emprego de distribuidor de aglomerante hidráulico; opcionalmente, desde que se garanta a homogeneidade da taxa prevista em projeto, é admitido o espalhamento manual.
- c) Reciclagem na seção e espessura de corte indicada em projeto, incorporando-se o cimento Portland e o agregado adicional (se requerido), com a concomitante adição de água, de acordo com o projeto de dosagem.

5.5.6 Conformação inicial da camada reciclada

- a) Imediatamente após a atuação da recicladora, atua a motoniveladora, de modo a conformar a camada reciclada aos perfis transversais e longitudinais de projeto.
- b) Todas as precauções devem ser tomadas a fim de serem evitados processos que levem à segregação da mistura reciclada.

5.5.7 Compressão e conformação final

- a) Imediatamente após a conformação inicial, executa-se a compressão com o emprego de rolos vibratórios lisos e de rolos pneumáticos de pressão regulável.
- b) O teor da umidade da mistura, por ocasião da compactação, deve estar compreendido no intervalo de $\pm 1\%$, em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação DNER-ME 129/94, executado com a energia intermediária.
- c) Após a conclusão da compactação, é feito o acerto final da superfície, de modo a satisfazer o projeto, pela eliminação de saliências, com o emprego da motoniveladora; não é permitida a correção de depressões pela adição de material; a superfície da base é comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas.
- d) O grau de compactação a ser obtido deve ser de, no mínimo, 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida com a energia intermediária.

5.5.8 Proteção e cura

- a) A superfície de camada reciclada deve receber uma pintura de cura, mediante aplicação de emulsão asfáltica diluída em água, em conformidade com o projeto.
- b) Antes da aplicação, a superfície deve ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados. Se necessário, para assegurar a adequada limpeza, o DER/PR pode exigir o emprego de jatos de ar comprimido.
- c) Previamente à aplicação da pintura de cura, a camada deve ser adequadamente umedecida.
- d) A pintura de cura deve ser aplicada imediatamente após a conclusão da compactação, devendo manter sua eficiência por um período de, no mínimo, sete dias.
- e) O emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério do DER/PR. Detalhes a respeito integram o Manual de Execução.

5.5.9 Liberação ao tráfego

- a) O tráfego de veículos sobre a camada executada deve ser liberado após um período mínimo de sete dias, desde que a superfície da camada apresente resistência adequada.

6 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Para execução de camadas de base reciclada “in situ” com adição de cimento, são necessários trabalhos envolvendo a utilização de cimento Portland e agregados.

6.2 Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de materiais.

6.3 Agregados

- a) A pedra britada somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra.
- b) Deve ser apresentada a documentação atestando a regularidade das instalações, assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.
- c) Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.
- d) Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.
- e) Impedir queimadas como forma de desmatamento.
- f) 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.

6.4 Além destes procedimentos, devem ser atendidas, no que couber, as recomendações do Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR.

7 CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

7.1 Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta especificação.

7.2 As quantidades de ensaios para controle interno de execução, referem-se às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério do DER/PR ou da executante, serem ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3 Controle de qualidade dos materiais

7.3.1 Cimento Portland

Quantidade	Descrição
Para cada 600 m³ de mistura a ser reciclada, ou quando houver dúvidas sobre a sua sanidade:	
01	Ensaio de determinação da finura
Nota 1: O resíduo retido na peneira n.º 200 (malha de 0,074 mm) não deve exceder a:	
- cimento Portland de alto forno: 10%;	
- cimento comum: 15%.	

7.3.2 Água

- a) Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua qualidade.

7.3.3 Agregados adicionais

Quantidade	Descrição
Para cada 600 m³ de mistura a ser reciclada:	
01	Ensaio de granulometria para cada agregado adicional envolvido na mistura
Para cada 1200 m³ de mistura a ser reciclada:	
01	Ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo
No início da obra e sempre que houver alteração mineralógica na bancada da pedreira:	
01	Ensaio de desgaste Los Angeles
01	Ensaio de lameralidade
01	Ensaio de durabilidade

7.4 Controle de execução na pista

7.4.1 Mistura reciclada

Quantidade	Descrição do ensaio
Para cada 100 m³ de mistura reciclada, imediatamente após à passagem da recicladora:	
01	Teor de umidade da mistura reciclada
01	Medida da espessura de corte
Para cada 600 m³ de mistura reciclada, logo após à passagem da recicladora e antes da compressão:	
01	Ensaio de compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos
03	Ensaio de compactação com a energia Intermediária, com amostras nas condições de pista (massa específica aparente de referência)
01	Ensaio de granulometria do material reciclado
Para cada 200 m³ de mistura reciclada, após compressão:	
01	Determinação da massa específica aparente seca "in situ"
Para cada 3000 m³ de mistura reciclada, após 7 dias de cura:	
03	Extração de corpos de prova com sonda rotativa
03	Ensaio de compressão axial
Nota: deve ser verificado o bom desempenho da camada reciclada, após 7 dias de cura, através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 100 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada.	

8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE

8.1 Compete ao DER/PR a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.

8.2 O controle externo de qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7, cuja quantidade mensal mínima corresponde pelo menos a 10% dos ensaios e determinações realizadas pela executante no mesmo período.

8.3 Compete exclusivamente ao DER/PR efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:

- a) espessura da camada: deve ser medida a espessura, no mínimo a cada 100 m;
- b) largura executada: a verificação da largura da plataforma, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena em espaçamento de, pelo menos, 20 m.

8.4 Verificação do acabamento: as condições de acabamento da superfície são apreciadas em bases visuais. Especial atenção deve ser conferida à verificação da presença de segregação superficial.

9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

9.1 Aceitação dos materiais

- a) O cimento Portland recebido e utilizado na obra é aceito, desde que atenda ao especificado em 5.1.1.
- b) A água utilizada é aceita desde que atenda ao especificado em 5.1.2.
- c) Os agregados adicionais são aceitos desde que atendam ao especificado em 5.1.3.

9.2 Aceitação da execução

9.2.1 Graduação da mistura de agregados

- a) Durante a reciclagem, a granulometria da mistura deve estar inserida na faixa de trabalho definida no projeto de dosagem, atendendo ainda ao especificado em 5.2.2.

9.2.2 Características da mistura reciclada

- a) A resistência à compressão simples, aos 7 dias de idade, deve ser no mínimo igual à adotada no projeto de dosagem, para valores determinados estatisticamente.
- b) O grau de compactação deve ser igual ou superior a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida com a energia Intermediária, para valores determinados estatisticamente.
- c) As condições de homogeneidade e integridade da camada reciclada, avaliadas em bases visuais sobre os corpos de prova extraídos da pista, devem ser consideradas satisfatórias.
- d) As medidas de deflexão devem ser inferiores à deflexão máxima admissível de projeto, para o tipo de camada.

9.3 Aceitação do controle geométrico

9.3.1 Os serviços executados são aceitos, à luz do controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) a largura da plataforma não deve ser menor que a prevista para a camada;
- b) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = X - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

onde:

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n - 1}}$$

$N \geq 9$ (número de determinações efetuadas)

- b.1) a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,02 m;
- b.2) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo $\pm 0,03$ m em relação à espessura de projeto;
- b.3) em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada reciclada com espessura média inferior à de projeto, a diferença é compensada estruturalmente na (s) camada (s) a ser (em) superposta (s);
- b.4) em caso de aceitação de camada reciclada, dentro das tolerâncias estabelecidas, com espessura superior à de projeto, a diferença não é deduzida da (s) espessura (s) da (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).

9.4 Aceitação das condições de cura e do acabamento

9.4.1 A pintura de cura é aceita desde que atendidas as exigências da especificação DER/PR ES-P 17/05.

9.4.2 O serviço é aceito, sob o ponto de vista de acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) as juntas executadas apresentem-se homogêneas, em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências indesejáveis;
- b) a superfície apresente-se bem desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compressão e adequadamente protegida por pintura de cura.

9.5 Condições de conformidade e não conformidade

9.5.1 Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios a seguir descritos.

- a) Quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$X - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $X + ks > \text{valor máximo de projeto}$: não conformidade;
 $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ e $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$: conformidade;

Sendo:

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n - 1}}$$

Onde:

x_i – valores individuais;
 X – média da amostra;
 s – desvio padrão;
 k – adotado o valor 1,25;
 n – número de determinações, no mínimo 9.

- b) Quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $X - ks < \text{valor mínimo especificado}$: não conformidade;
 Se $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$: conformidade.

- c) Quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $X + ks > \text{valor máximo especificado}$: não conformidade;
 Se $X + ks \leq \text{valor máximo especificado}$: conformidade.

9.5.2 Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta especificação.

9.5.3 Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.5.4 Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas colocarem-no em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

10.1 O serviço é medido pelo volume de base reciclada executada, em metros cúbicos, de acordo com os alinhamentos e cotas de projeto.

10.2 No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, é considerada a espessura média X calculada como indicado anteriormente, limitada à espessura de projeto.

11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO

11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se juntamente com a medição de referência, estiver apenso o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.

11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.

11.3 O preço unitário está sujeito a nova composição, baseada no traço de projeto.