



**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](http://www.pr.gov.br/transportes)

**DER/PR ES-P 32/05**

## **PAVIMENTAÇÃO: RECICLAGEM DE PAVIMENTO A FRIO “IN SITU” COM ESPUMA DE ASFALTO**

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

Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavras-chave: base, reciclagem, espuma de asfalto

17 páginas

### **RESUMO**

Este documento define a sistemática empregada na execução de reciclagem a frio “in situ” do pavimento, com adição de espuma de asfalto. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos 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 os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base a especificação de serviço DNER-ES 405/2000 e as referências técnicas de aplicações recentes realizadas no Estado do Paraná.

## 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-6560/00 - Materiais betuminosos – determinação de ponto de amolecimento  
 ABNT NBR-11579/91 - Cimento Portland – determinação da finura por meio da peneira 75  $\mu\text{m}$  (nº 200)  
 ASTM D-2172 - **Standard test methods for quantitative extraction of bitumen from bituminous paving mixtures**  
 DNER-EM 036/95 - Cimento Portland – recebimento e aceitação  
 DNER-EM 204/95 - Cimento asfáltico de petróleo  
 DNER-ME 003/94 - Materiais betuminosos – determinação de penetração  
 DNER-ME 024/94 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman  
 DNER-ME 004/94 - Materiais betuminosos – determinação da viscosidade “**Saybolt-furol**” a alta temperatura (ABNT-NBR 14950/03)  
 DNER-ME 035/98 - Agregados – determinação da abrasão “**Los Angeles**”  
 DNER-ME 043/95 - Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall  
 DNER-ME 053/94 - Misturas betuminosas – percentagem de betume  
 DNER-ME 054/97 - Equivalente de areia  
 DNER-ME 080/94 - Solos – análise granulométrica por peneiramento  
 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 117/94 - Mistura betuminosa – determinação da densidade aparente  
 DNER-ME 129/94 - Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas  
 DNER-ME 138/94 - Misturas betuminosas – determinação da resistência à tração por compressão diametral  
 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 DEFINIÇÕES**

3.1 Base reciclada “in situ” com incorporação de espuma de asfalto: é a mistura reciclada no local com o emprego de equipamentos próprios para esta finalidade, utilizando-se materiais do pavimento existente, agregados adicionais (eventualmente), cimento asfáltico de petróleo sob forma de espuma, cimento Portland (ou outro aglomerante, desde que devidamente comprovada a sua eficácia através de ensaios laboratoriais) e água em proporções previamente determinadas em laboratório, misturada, espalhada e compactada, de forma a compor uma nova camada de base do pavimento.

3.2 Espuma de asfalto: é o estado temporário obtido a partir da injeção de mistura de ar sob pressão e pequena quantidade de água sobre cimento asfáltico de petróleo (CAP), este aquecido a cerca de 175°C (ou outra temperatura mais adequada para o tipo de cimento asfáltico de petróleo selecionado para a execução da obra), gerando forte expansão volumétrica do ligante. Nesta condição, o produto obtido é trabalhável à temperatura ambiente.

3.3 Taxa de expansão: é a relação entre o volume máximo do cimento asfáltico de petróleo no estado de “espuma” e o volume do cimento asfáltico de petróleo remanescente, após a espuma estar completamente assente.

3.4 Meia-vida: é o tempo em segundos necessário para a espuma assentar à metade do volume máximo alcançado.

3.5 Relação de tensões: é a relação entre a resistência à tração indireta na condição saturada e a resistência à tração indireta na condição seca, obtidas através do ensaio de compressão diametral de corpos de prova Marshall, a 25°C.

### **4 CONDIÇÕES GERAIS**

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

- a) sem o preparo prévio da superfície, 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 o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- d) sem a aprovação prévia pelo DER/PR, do projeto de dosagem;
- e) quando a temperatura ambiente for igual ou inferior a 10°C;
- f) em dias de chuva.

4.2 Todo carregamento de ligante betuminoso, que chegar à obra, deve apresentar o certificado de resultados de análise correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte entre a fonte de produção e o canteiro de serviço.

4.3 Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de fabricação com no mínimo informações sobre a data de fabricação, origem, além da sigla correspondente, a classe, a denominação normalizada, a massa líquida entregue.

## **5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS**

### **5.1 Materiais**

5.1.1 Todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

#### **5.1.2 Cimento Portland**

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

#### **5.1.3 Outros tipos de aglomerantes**

- a) A critério do DER/PR e desde que a eficácia seja devidamente comprovada através de ensaios laboratoriais específicos, pode-se utilizar como aglomerante cal hidratada. O fornecedor deve apresentar certificado de análise de seu produto

#### **5.1.4 Água**

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

#### **5.1.5 Cimento asfáltico de petróleo**

- a) É utilizado, para a produção da espuma de asfalto cimento asfáltico de petróleo do tipo CAP-7 ou CAP-20, atendendo a especificação DNER-EM 204/95, ou cimentos asfálticos dos tipos CAP 50-70, CAP 85-100 ou CAP 150-200 atendendo ao Regulamento Técnico ANP 03/2005.
- b) Opcionalmente, à critério do DER/PR e desde que respaldado por estudo laboratorial específico, pode-se utilizar na produção da espuma, cimento asfáltico de petróleo fluxado, levando a produtos de menor viscosidade, e que têm potencialmente condições de gerar espumas de asfalto de boa trabalhabilidade. Na inexistência de especificações de materiais para estes produtos, o fornecedor deve apresentar certificado de garantia do uso do mesmo, independentemente da comprovação laboratorial citada.

### 5.1.6 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 Espuma de asfalto

### 5.2.1 A espuma de asfalto produzida deve apresentar características a seguir descritas.

- a) Na fase de dosagem:
  - taxa de expansão: mínima de 5 vezes;
  - meia-vida: mínima de 5 s.
- b) Durante a execução da obra:
  - taxa de expansão: deve ser respeitada, na execução, a taxa de expansão indicada na dosagem;
  - meia-vida: deve ser respeitado, na execução, o tempo de meia-vida indicado na dosagem.

### 5.3 Características da mistura reciclada

5.3.1 A composição da mistura reciclada deve satisfazer aos requisitos granulométricos do quadro abaixo:

Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso	
ABNT	Abertura, mm	Faixa granulométrica I	Faixa granulométrica II
2"	50,80	100	100
1 ½"	38,10	86-100	83-100
1"	25,40	72-100	76-100
¾"	19,10	64-100	70-94
½"	12,70	53-84	62-86
⅜"	9,50	46-76	58-80
n.º 4	4,80	34-62	42-68
n.º 10	2,00	23-50	32-54
n.º 40	0,42	11-32	16-35
n.º 80	0,18	8-25	10-26
n.º 200	0,074	5-20	5-20

5.3.2 Além do atendimento à faixa granulométrica apresentada, deve-se atentar para os seguintes aspectos, essenciais ao bom desempenho do serviço:

- existência de um mínimo de 5% de finos passantes na peneira n.º. 200, sem o que a espuma não se dispersa convenientemente no âmbito da mistura;
- inexistência de patamares ou fortes descontinuidades granulométricas.

5.3.3 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 de malha quadrada		Tolerâncias em relação à granulometria de projeto, em porcentagem
ABNT	Abertura, mm	
2"	50,80	-
1 ½"	38,10	± 8
1"	25,40	± 8
¾"	19,10	± 8
½"	12,70	± 8
⅜"	9,50	± 8
n.º 4	4,80	± 8
n.º 10	2,00	± 5
n.º 40	0,42	± 5
n.º 80	0,18	± 5
n.º 200	0,074	± 3

5.3.4 O teor de cimento recomendável, para evitar efeito negativo nas propriedades de fadiga da camada reciclada é de no máximo 2%, preferencialmente 1%. A adição do cimento, contribui para o material asfáltico se dispersar de forma adequada na mistura reciclada, em especial naquela que possui deficiência de agregados finos (menos do que 5% passando na peneira de número 200).

5.3.5 O teor de asfalto a ser utilizado, geralmente situa-se na faixa de 2% a 4%.

5.3.6 A quantidade de água adicionada ao asfalto, usualmente está compreendida entre 1% e 2% sobre o peso do asfalto, respeitando os valores admissíveis para taxa de expansão e meia-vida indicadas no projeto.

5.3.7 A mistura reciclada deve satisfazer, ainda, aos seguintes requisitos mínimos:

- a) resistência à tração indireta seca, a 25 °C, mínima de 4 kgf/cm<sup>2</sup>;
- b) resistência à tração indireta saturada, a 25 °C, mínima de 2 kgf/cm<sup>2</sup>;
- c) relação de tensões mínima de 70%.

5.3.8 Orientações para a dosagem de mistura reciclada

a) Coleta de amostras

- a.1) 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.
- a.2) 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.
- a.3) Os procedimentos de coleta de amostras são definidos em instrução específica do DER/PR.

b) Produção da espuma em laboratório

- b.1) A produção da espuma de asfalto em laboratório deve ser efetuada com emprego de equipamento específico, capaz de simular condições semelhantes às da própria recicladora.

c) Apresentação da dosagem da mistura reciclada

- c.1) As seguintes características da mistura reciclada devem ser indicadas no relatório de dosagem:
  - composição granulométrica de projeto e faixa de trabalho;
  - cimento asfáltico de petróleo a ser utilizado, bem como o fornecedor;

- teor de cimento asfáltico de petróleo para a formação da espuma, bem como a percentagem de água para produzi-la;
- temperatura de aquecimento do cimento asfáltico de petróleo;
- umidade ótima da mistura reciclada;
- massa específica aparente seca máxima da mistura reciclada;
- energia de compactação especificada (Proctor Modificado);
- taxa de expansão e meia-vida s;
- resistências à tração indireta, para as condições seca e saturada;
- relação de tensões.

## 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 regulação de espessura da camada do pavimento;
  - c.2) largura mínima efetiva, em uma passada, de 2 m;
  - c.3) possuir acessórios específicos para a produção da espuma, sua dosagem e espargimento;
  - c.4) possuir acessórios específicos para injeção e dosagem de água, em sistema separado do sistema de espuma;
- d) caminhão para transporte de cimento asfáltico, dotado de sistema de aquecimento térmico compatível com as temperaturas de aquecimento requeridas;
- e) caminhão-tanque para o abastecimento de água;
- f) motoniveladora;
- g) rolo vibratório autopropelido tipo pé-de-carneiro;
- h) rolo liso vibratório;
- i) 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 aglomerante hidráulico 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 aglomerante hidráulico e o agregado adicional (se requerido), com a concomitante adição de água e espuma de asfalto, 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 rolo vibratório auto-propelido tipo pé-de-carneiro, tendo seqüência com o emprego de rolos lisos vibratórios, sendo concluída com rolos pneumáticos que assegurem a obtenção, em toda a espessura da camada, da massa específica aparente especificada.

- b) Durante as operações de compressão devem ser tomadas as medidas necessárias para que a camada superficial seja mantida na faixa de variação de 0,9 a 1,1 vezes a umidade ótima.
- c) A operação de compressão deve ser conduzida de modo que a espessura a ser compactada na fase final, pelos rolos pneumáticos ou lisos, seja a maior possível, nunca menor que 5 cm, após compactação.
- d) 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.
- e) 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 Modificada, evitando-se compactação em excesso, que pode resultar em prejuízo para o material reciclado.
- f) Em caso da impossibilidade de obtenção de condições de compressão homogêneas em toda a espessura da camada reciclada, o equipamento (ou equipe) de compressão deve ser substituído; pode-se adotar procedimento alternativo, removendo com lâmina de motoniveladora cerca de 40% da espessura de material a compactar, estocando-o apropriadamente, compactando com o equipamento mais enérgico disponível o fundo da camada reciclada, retornando com lâmina o material complementar e aplicando esforço final de compactação, tendo-se o cuidado de manter a umidade ideal e proceder de tal forma a se evitar a segregação da mistura, para as duas fases mencionadas; de qualquer forma, a camada reciclada somente deve ser liberada, em termos de compactação, se o grau de compactação mínimo se verificar em toda a sua espessura.

#### 5.5.8 Proteção e cura

- a) Logo após a sua execução, a camada reciclada recebe a aplicação de uma capa selante, conforme a DER/PR ES-P 19-05, devendo ficar sem exposição ao tráfego por período mínimo de 12 horas.
- b) Caso a posterior liberação ao tráfego promova a degradação da capa selante e a exposição da base, deve ser aplicada nova capa selante, após varredura do material solto existente.
- c) A camada reciclada, após o período de cura preliminar estabelecido, deve ser submetida à ação do tráfego, por período de 3 a 7 dias, de forma que eventuais deficiências se exteriorizem e possam ser sanadas antes da aplicação da camada de revestimento.

5.5.9 O processo de execução das juntas transversais e longitudinais, deve assegurar adequadas condições de acabamento.

## 6 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Para execução de reciclagem a frio “in situ”, utilizando espuma de asfalto, são necessários trabalhos envolvendo a utilização de asfalto, aglomerantes em pó e agregados.

6.2 Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados e a manipulação de ligante asfáltico.

### 6.3 Agregados

- a) O material somente é aceito 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 da pedreira, 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 Na execução

6.4.1 Os cuidados, para a preservação ambiental, se referem à disciplina do tráfego, ao estacionamento dos equipamentos, aos resíduos de lubrificantes e combustíveis e à correta disposição de materiais excedentes da reciclagem.

6.4.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural.

6.4.3 As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis não sejam levados até cursos d'água.

6.4.4 Materiais excedentes da reciclagem devem ter disposição de forma que não causem prejuízo ao meio ambiente e aos corpos hídricos.

6.5 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
<b>Para cada 600 m<sup>3</sup> de mistura a ser reciclada, ou quando houver dúvidas sobre a sua sanidade:</b>	
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 Cimento asfáltico de petróleo

Quantidade	Descrição
<b>Para todo carregamento que chegar à obra:</b>	
01	Ensaio de viscosidade Saybolt-Furol
01	Ensaio de penetração a 25°C

7.3.4 Agregados adicionais

Quantidade	Descrição
<b>Para cada 600 m<sup>3</sup> de mistura a ser reciclada:</b>	
01	Ensaio de granulometria para cada agregado adicional envolvido na mistura
<b>Para cada 1200 m<sup>3</sup> de mistura a ser reciclada:</b>	
01	Ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo
<b>No início da obra e sempre que houver alteração mineralógica na bancada da pedreira:</b>	
01	Ensaio de desgaste Los Angeles
01	Ensaio de lameridade
01	Ensaio de durabilidade

## 7.4 Controle de execução na pista

### 7.4.1 Espuma de asfalto

Quantidade	Descrição
<b>Para cada dia de trabalho:</b>	
06	Medida da temperatura do asfalto no tanque
06	Medida da taxa de expansão e da meia-vida, após a passagem de pelo menos 100 litros de asfalto pela barra de aspersão durante a reciclagem

### 7.4.2 Mistura reciclada

Quantidade	Descrição
<b>Para cada 100 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, imediatamente após à passagem da recicladora:</b>	
01	Teor de umidade da mistura reciclada
01	Medida da espessura de corte
<b>Para cada 600 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, logo após à passagem da recicladora e antes da compressão:</b>	
06	Moldagem de corpos de prova Marshall (75 golpes por face), para a determinação das densidades aparentes e resistências à tração por compressão diametral para as condições seca e saturada, a 25°C (3 determinações para cada condição), após período de cura
03	Ensaio de compactação na energia Modificada, com amostras nas condições de pista (massa específica aparente de referência)
01	Determinação do teor de asfalto da mistura
<b>Para cada 200 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, após compressão:</b>	
01	Determinação da massa específica aparente seca “in situ”
<b>Para cada 3000 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, após 7 dias de cura:</b>	
03	Extração de corpos de prova com sonda rotativa (6”), para análise visual da integridade e homogeneidade da camada
Nota 1: o teor de CAP incorporado é obtido pela diferença entre o teor obtido no ensaio de extração, e o teor encontrado para as amostras coletadas na fase de dosagem.	
Nota 2: paralelamente aos ensaios de extração de betume pelo método de centrifugação são realizados a cada 6.000 m <sup>3</sup> de mistura reciclada, três ensaios de extração por refluxo (ASTM D-2172 – método B), para ajuste de possíveis desvios no ensaio do Rotarex.	
Nota 3: 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 aglomerante hidráulico recebido e utilizado na obra é aceito, desde que atenda ao especificado em 5.1.2.
- b) A água utilizada é aceita desde que atenda ao especificado em 5.1.4.
- c) O cimento asfáltico de petróleo é aceito, desde que atenda ao especificado em 5.1.5.
- d) Os agregados adicionais são aceitos, desde que atendam ao especificado em 5.1.6.

### 9.2 Aceitação da execução

#### 9.2.1 Temperatura do cimento asfáltico de petróleo

- a) Para a produção da espuma de asfalto, é aceito um desvio de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  da temperatura especificada para a sua formação.

#### 9.2.2 Quantidade de ligante e graduação da mistura de agregados

- a) O teor de cimento asfáltico incorporado não deve variar de mais do que  $\pm 0,4\%$  em relação ao teor de projeto.
- b) Durante a reciclagem, a granulometria da mistura deve estar inserida na faixa de trabalho definida no projeto de dosagem, atendendo ainda ao especificado em 5.3.1 e 5.3.3.

#### 9.2.3 Características da mistura reciclada

- a) A taxa de expansão, a meia-vida, as resistências à tração indireta para as condições seca e saturada e a relação de tensões, devem atender ao prescrito no projeto de dosagem.
- b) O grau de compactação deve ser igual ou superior a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida com a energia Modificada, sendo calculado estatisticamente conforme os procedimentos descritos em 9.5.1.

- 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 capa selante é aceita desde que atendidas as exigências da especificação DER/PR ES-P 19/05.

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 capa selante.

## 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;  
 $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$  ou  $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$ : 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 deve ser 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.