



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

Avenida Iguaçu, 420,  
Curitiba, Paraná,  
CEP 80230-902  
Fone (41) 3304-8000  
Fax (41) 3304-8130  
[www.der.pr.gov.br](http://www.der.pr.gov.br)

**DER/PR ES-PA 32/23**

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

Especificações de Serviços Rodoviários  
Aprovada pelo Conselho Diretor, em 11/04/2023  
Deliberação n.º 111/2023  
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 32/05  
Autor: DER/PR (DT/CPD)

Palavras-chave: base, reciclagem, espuma de  
asfalto.

25 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 ES-IG 01/23.

**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 DER/PR ES-P 32/05 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

As normas aqui relacionadas contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem-se em material de consulta, obrigatória, para o entendimento desta especificação particular.

As edições indicadas estavam em vigor no momento da elaboração deste documento. Como toda norma está sujeita a revisão ou substituição, recomenda-se àqueles que utilizarem esta especificação particular, que verifiquem a conveniência de usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir:

ABNT NBR-11579/2012	- Cimento Portland – determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)
ABNT NBR-14950/2003	- Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade Saybolt Furol
ABNT NBR-16697/2018	- Cimento Portland - Requisitos
ABNT NBR-6560/2016	- Ligantes asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento – Método do anel e bola
ANP Resol. nº 19/2005	- Especificação para Cimento asfáltico de petróleo
ANP Resol. nº 36/2012	- Emulsões asfálticas para pavimentação e Emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos
ASTM D-2172	- Standard test methods for quantitative extraction of bitumen from bituminous paving mixtures
CONTRAN 2022	- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – VOLUME VII – Sinalização Temporária
DEINFRA - SC ES-P 09/16	- Reciclagem profunda de pavimentos
DER/PR	- 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	- Manual de Execução de Serviços Rodoviários do DER/PR
DER/PR	- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias
DER/PR ES-PA 19/22	- Pavimentação: capa selante

DER/SP ET-DE-P00/033	- Reciclagem in situ a frio com espuma de asfalto
DNER-EM 036/95	- Cimento Portland – recebimento e aceitação
DNER-ME 004/94	- Materiais betuminosos – determinação da viscosidade “Saybolt-Furol” a alta temperatura método da película delgada (ABNT-NBR 14950/03)
DNER-ME 024/94	- Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman
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 164/13	- Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNER-PRO 277/97	- Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
DNIT-ES 166/2013	- Pavimentação – Reciclagem de pavimento a frio “in situ” com adição de espuma de asfalto
DNIT-ES 169/2014	- Pavimentação - Reciclagem de pavimento em usina com espuma de asfalto
DNIT-IPR 700/97	- Glossário de Termos Técnicos Rodoviários
DNIT-IPR 742/10	- Manual de Implantação Básica de Rodovia
DNIT 133/2010-ME	- Pavimentação asfáltica – delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga Benkelman
DNIT 135/2018-ME	- Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas - Determinação do módulo de resiliência
DNIT 136/2018-ME	- Pavimentação – Misturas asfálticas - Determinação da resistência à tração por compressão diametral
DNIT 155/2010-ME	- Material asfáltico – determinação de penetração
DNIT 183/2018-ME	- Pavimentação asfáltica – Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada
DNIT 417/2019-ME	- Solos – Controle de Compactação com Equipamento Densímetro Eletromagnético
DNIT 428/2020-ME	- Pavimentação – Misturas asfálticas - Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados
DNIT-PRO 011/04	- Gestão da qualidade em obras rodoviárias
Lei nº 6.514/77 - CLT – Art. 200	- Normas Regulamentadoras – NR da Segurança e da Medicina do Trabalho
Resol. CONAMA nº 307	- Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil

### **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 na temperatura adequada para o seu tipo, 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. Além do tipo de CAP, ela é dependente da temperatura de aquecimento do CAP e da porcentagem de água adicionada. É um parâmetro de projeto da mistura reciclada com espuma de asfalto.
- 3.4 Meia-vida: é o tempo, em segundos, necessário para a espuma assentar à metade do volume máximo alcançado. Este tempo deve ser ajustado para propiciar a homogeneização completa do volume de material fresado com o asfalto espumado, o qual por sua vez, dependerá da espessura a ser reciclada e velocidade de deslocamento da recicladora.
- 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 do serviço, conforme Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Previdência, o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN, Volume VII – Sinalização Temporária e o que eventualmente esteja especificado no projeto de engenharia e/ou nos Termos de Referência do Edital;
  - c) sem a prévia orientação dos funcionários quanto ao uso adequado, guarda, conservação e higienização dos EPIs, bem como a exigência de seu uso durante as atividades a serem desenvolvidas, conforme previsto nas Normas Regulamentadoras (NR);

- d) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- e) sem a aprovação prévia pela Fiscalização do DER/PR, do projeto de dosagem;
- f) quando a temperatura ambiente no local de execução do serviço for igual ou inferior a 10° C;
- g) em dias de chuva no local de execução do serviço.

4.2 Todo carregamento de ligante betuminoso, que chegar à obra, deve apresentar o certificado de resultados dos ensaios da Resolução 19/05 da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, 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 Durante a execução a obra, a construtora é responsável pela adoção de cuidados que propiciem a manutenção da qualidade do ligante asfáltico estocado nos tanques.

4.4 No caso da necessidade de utilização de melhorador de adesividade ("Dope"), este deverá ser adquirido separadamente e incorporado ao Ligante Asfáltico no canteiro de obras. Em hipótese alguma será admitida a aquisição de ligante asfáltico com melhorador de adesividade já incorporado.

## **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 ABNT-NBR 16697 – Cimento Portland – Requisitos;
- b) a critério da Fiscalização 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.

### **5.1.2 Água**

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

### **5.1.3 Cimento asfáltico de petróleo**

- a) é utilizado, para a produção da espuma de asfalto cimento asfáltico de petróleo do tipo CAP 50-70 ou CAP 85-100 atendendo a Resolução nº 19/2005 da ANP;

- b) a cada 100 toneladas de cimento asfáltico que chegar à obra, a construtora deverá coletar duas amostras para realização de, pelo menos, ensaio de penetração, ponto de amolecimento e de viscosidade. Uma das amostras será identificada e estocada até o recebimento final da obra por parte do DER/PR para uma eventual necessidade de comprovação da qualidade do cimento asfáltico aplicado.

#### 5.1.4 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. Isto porque o tambor de corte tende a reduzir o tamanho dos grãos graúdos. Por outro lado, o corte do revestimento, devido ao aquecimento, tende a gerar grumos da parte fina, reduzindo a porcentagem de finos na mistura triturada;
- 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 porcentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 035/98) não deve ser superior a 50%;
  - b.3) a porcentagem de grãos de forma defeituosa, determinada no ensaio de lamelaridade não pode ultrapassar a 10%;
  - 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 12%;
  - c.2) o equivalente de areia (DNER-ME 054/97) do agregado miúdo deve ser igual ou superior a 50%.
- d) a mistura deve possuir um mínimo de 5% de finos passantes na peneira nº 200, para que a espuma se disperse convenientemente na mistura.

## 5.2 Espuma de asfalto

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

- a) na fase de dosagem:
  - a.1) taxa de expansão: mínima de 8 vezes;
  - a.2) meia-vida: mínima de 6 s.

b) durante a execução da obra:

- b.1) taxa de expansão: deve ser respeitada, na execução, a taxa de expansão indicada na dosagem;
- b.2) 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 mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 – Requisitos para as faixas granulométricas recomendadas para a mistura reciclada, com espuma de asfalto

<b>Requisitos para as faixas granulométricas recomendadas para a mistura reciclada, com espuma de asfalto</b>			
<b>Peneira de malha quadrada</b>		<b>Porcentagem passando, em peso</b>	
<b>ABNT</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Faixa granulométrica I</b>	<b>Faixa granulométrica II</b>
2"	50,80	100	100
1 1/2"	38,10	86-100	83-100
1"	25,40	72-100	76-100
3/4"	19,10	64-100	70-94
1/2"	12,70	53-84	62-86
3/8"	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 às faixas granulométricas apresentadas, deve-se atentar para os seguintes aspectos, essenciais ao bom desempenho do serviço:

- a) existência de um mínimo de 5% de finos passantes na peneira nº200, sem o que a espuma não se dispersa convenientemente no âmbito da mistura;
- b) 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 indicadas no Quadro 2, em cada peneira.

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 nº 200).

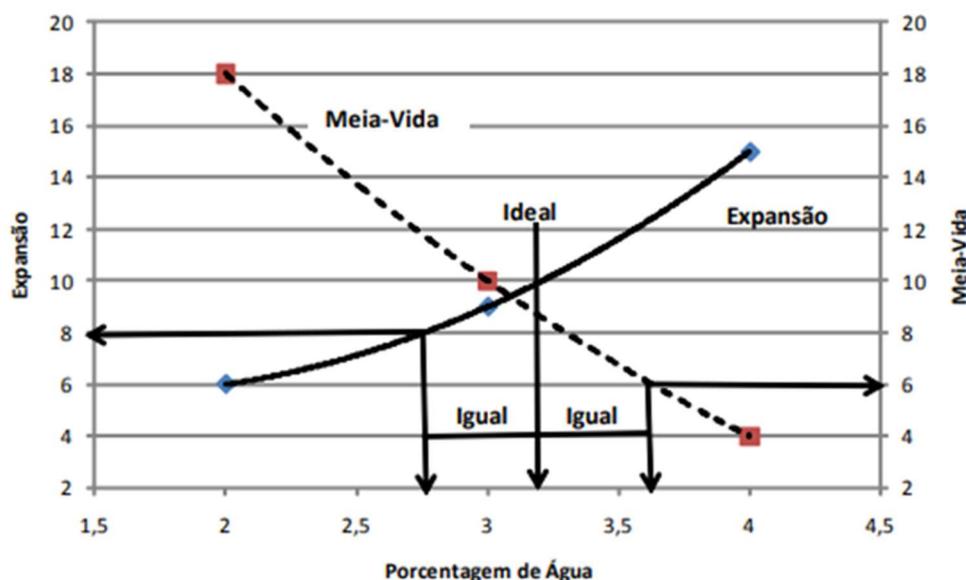
Quadro 2 – Tolerâncias para os limites granulométricos, em cada peneira para a mistura reciclada, com espuma de asfalto

Tolerâncias para os limites granulométricos, em cada peneira para a mistura reciclada, com espuma de asfalto		
Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando em peso (%)
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

5.3.5 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.

Figura 1 – Construção gráfica para definir a porcentagem de água para espumação do CAP em função da expansão máxima e meia-vida requeridas.



A título de ilustração, a Figura 1 mostra a definição do teor de água para a espumação ao CAP 50-70 aquecido a 170° C em função da taxa de expansão máxima e meia vida requeridas.

Para as condições ilustradas, o teor de água ideal seria de 3,2% para este CAP e temperatura de aquecimento.

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

- a) resistência à tração indireta seca, a 25° C, mínima de 0,4 MPa;
- b) resistência à tração indireta saturada, a 25° C, mínima de 0,2 MPa;
- 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 a 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 em campo.

c) apresentação da dosagem da mistura reciclada

c.1) as seguintes características da mistura reciclada devem ser indicadas no relatório de dosagem:

1. composição granulométrica de projeto e faixa de trabalho;
2. cimento asfáltico de petróleo a ser utilizado, bem como o fornecedor;
3. teor de cimento asfáltico de petróleo para a formação da espuma, bem como a percentagem de água para produzi-la, conforme ilustrado na Figura 1;
4. temperatura de aquecimento do cimento asfáltico de petróleo;
5. umidade ótima da mistura reciclada;
6. massa específica aparente seca máxima da mistura reciclada;
7. energia de compactação especificada (Proctor Modificado);
8. taxa de expansão e meia-vida;
9. resistências à tração indireta, para as condições seca e saturada;
10. relação de tensões;
11. módulo resiliente;
12. deformação permanente;
13. resistência à fadiga.

d) Para a estocagem de material espumado por um prazo de até um mês permite-se uso da cal hidratada ao invés do cimento.

- e) A reciclagem com espuma poderá ser feita também em usinas especiais tipo as KMA 200 e 220.

## 5.4 Equipamentos

5.4.1 É de responsabilidade da contratada assegurar que todo equipamento alocado para a execução da obra esteja em perfeitas condições de uso, no que tange à sua manutenção, regulagem e aspectos de segurança de operação, de maneira a garantir a qualidade do serviço. A qualquer momento a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a substituição do equipamento que não apresente desempenho satisfatório na execução do serviço indicado.

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 de corte da camada do pavimento;
  - c.2) largura mínima efetiva de reciclagem, 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.

5.4.3 A utilização de outros equipamentos além dos mencionados, ou em sua substituição, deverá ser analisada e aprovada pela fiscalização, porém não serão objeto de pagamento suplementar.

## 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 pela Fiscalização do DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento(s) experimental(is).

**Nota 01:** a execução do(s) segmentos(s) experimental(is) tem caráter orientativo e de treinamento da equipe com equipamentos disponibilizados pela construtora, com os materiais empregados. Na execução, deverão ser avaliados: a) granulometria da mistura triturada e a necessidade de adição de agregado virgem para atender aos requisitos de granulometria; b) porcentagem de água e taxa de espumação e meia-vida requeridas em função do tipo de CAP definido em projeto; c) compactação da mistura para determinação da umidade ótima e massa específica aparente seca máxima (energia do Proctor modificado); d) definição do teor de asfalto e de cimento para se atingir as resistências à tração seca e saturada e a relação entre estas resistências definidas em projeto; e) avaliar a uniformidade do espalhamento e consistência da mistura, com ajustes na velocidade da recicladora e no teor de umidade; f) definir o número de passadas dos rolos pé-de-carneiro, rolo liso e rolo de pneus para se atingir a massa específica aparente de projeto (ou grau de compactação especificado em projeto); g) medição da deflexão; h) levantamento de bacias de deflexão aos 7 e 28 dias de cura para se avaliar a evolução da rigidez da camada e, através da técnica da retro análise, se estimar o módulo resiliente da camada reciclada; i) a técnica usada pelo empresa para a execução das juntas transversais; j) a técnica usada pelo empresa para a execução das juntas longitudinais; k) avaliação da aplicação da capa selante; m) outras que a Fiscalização do DER/PR julgar pertinente.

**Nota 02:** após a definição do teor de asfalto e teor de cimento, recomenda-se que sejam realizados os seguintes ensaios mecânicos e de desempenho para avaliação da qualidade da mistura reciclada:

**Resistência à deformação permanente:** a mistura será submetida ao ensaio uniaxial de carga repetida para determinação da resistência à deformação permanente para a determinação do "Flow Number" (FN) (DNIT-ME 184/18).

**Resistência à fadiga:** caso a mistura dosada tenha atendido às condições de resistência à tração, relação de tensões e à deformação permanente, a mistura será submetida ao ensaio de resistência à fadiga por compressão diametral à tensão controlada DNIT-ME 183/2018.

**Módulo Resiliente:** para a mistura que atender ao critério de resistência à deformação permanente e resistência à fadiga, será avaliado o seu módulo resiliente de acordo com a norma DNIT-ME 183/2018.

**Nota 03:** na falta de procedimento mais apropriado aprovado pelo DER/PR, admite-se que o nível deflectométrico admissível para a camada reciclada com espuma de asfalto possa ser estabelecido a partir de medidas de deflexão realizadas na execução do (s) segmento (s) experimental (is) e utilizando-se: a) um software de análise de sistema de camadas elástico linear; b) valor de módulo resiliente obtido conforme **Nota 02**, ou o intervalo de módulos resilientes médios de misturas recicladas a frio com espuma de asfalto empregadas no estado do Paraná executadas com agregados de igual embasamento rochoso e mesmo tipo de CAP; c) resultados de caracterização mecânica deste tipo de mistura apresentados em teses e dissertações; d) o modelo de correlação entre deflexão de número de solicitações equivalentes ao eixo padrão de 8,2tf (USACE) contido no procedimento TECNAPAV/94.

**Nota 04:** após a obtenção dos resultados dos ensaios realizados e resultados obtidos no (s) segmento (s) experimental (is), a construtora deverá apresentar à Fiscalização do DER/PR um Relatório contendo os resultados obtidos para análise e aprovação ou não da dosagem da mistura reciclada e do processo construtivo. A empresa deverá apresentar também à Fiscalização do DER/PR um Relatório de Avaliação o Dimensionamento da Estrutura do Pavimento, aplicando o mesmo procedimento adotado pela projetista contido no Projeto Final de Engenharia, para atender aos requisitos estruturais exigidos pelo tráfego do período de projeto. A partir da análise dos resultados contidos no Relatório, caberá à Fiscalização do DER/PR dar provimento e aprovação da solução técnica a ser adotada.

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 pela

Fiscalização do 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 reciclar o segmento e executar um novo segmento.
- 5.5.5 A reciclagem “in situ” do pavimento deve ser executada nas condições e sequência a seguir descritas:

**Nota 05:** caso o trecho a ser reciclado apresente segmentos cuja condição estrutural requerem a execução de reparos profundos, estes deverão ser executados antes do início da reciclagem. A execução dos reparos profundos deve atender a norma DER/PR ES-PA 13, exceto quanto às exigências do item 8.5 (condições de recebimento em definitivo da obra por parte do DER/PR). Após a conclusão dos reparos profundos, o processo de reciclagem deve ser executado nas condições e sequência a seguir descritas, isto é, os segmentos reparados são reciclados igualmente ao restante do trecho. Este procedimento tem como objetivo propiciar que o processo da reciclagem nestes segmentos resulte em uma estrutura de pavimento com igual comportamento do ponto de vista da mecânica dos pavimentos e de desempenho estrutural e funcional semelhante ao restante do trecho.

**Nota 06:** caso em algum segmento do trecho se tenha a necessidade de inserção de dispositivos para aumentar a segurança do pedestre ou melhora das condições e operação da rodovia, o alargamento do acostamento ou implantação de terceira faixa deverá ser executado antes do início da reciclagem. Esta execução deve ser tratada como um pavimento novo e, como tal, deverá atender a todas as normas de especificação de serviços do DER/PR envolvidas execução do alargamento do acostamento e ou terceira faixa, exceto nos itens relativos às condições de recebimento em definitivo da obra por parte do DER/PR. Após a conclusão alargamento do acostamento ou implantação de terceira faixa, o processo de reciclagem deve ser executado nas condições e sequência a seguir descritas, isto é, estes segmentos são reciclados igualmente ao restante do trecho.

Este procedimento tem como objetivo propiciar que o processo da reciclagem nestes segmentos resulte em uma estrutura de pavimento com igual comportamento do ponto de vista da mecânica dos pavimentos e de desempenho estrutural e funcional semelhante ao restante do trecho.

- 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. Deve-se dar preferência ao emprego de caminhão distribuidor de cimento;
- 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 estabelecido no Relatório do(s) Segmento(s) Experimental(is).

**Nota 07:** especial atenção deve ser dado na largura da superposição do tambor da recicladora em faixas adjacentes, evitando-se que se tenha uma região com excesso de asfalto espumado e de umidade. Recomenda-se que, caso a recicladora dispor deste recurso, os bicos de injeção de espuma de asfalto e água sobre o tambor reciclador sejam fechados na largura da superposição. Regiões localizadas com excesso de umidade favorecem o desenvolvimento de trincas longitudinais. Também deve-se dar atenção ao espalhamento do cimento, evitando que se tenha demasiada largura de superposição de cimento entre as faixas adjacentes. Estas regiões de superposição podem resultar em faixas de material com

maior ou menor resistência em relação a resistência média da camada, propiciando a formação de trincas longitudinais de execução.

**Nota 08:** é recomendável que a reciclagem abranja também o acostamento para que se tenha continuidade quanto ao comportamento da estrutura. Caso o acostamento apresente desnível muito elevado, recomenda-se um nivelamento prévio com a pista de rolamento. Es nivelamento poderá ser feito com uma composição de material fresado e agregado virgem. Após espalhamento, o material deve receber uma compactação para facilitar a distribuição do cimento e deslocamento da recicladora e caminhões de abastecimento de água e ligante asfáltico.

**Nota 09:** a construtora deverá manter uma equipe de sondagem do pavimento para a definição da espessura da camada do revestimento asfáltico e coleta de amostra do revestimento e da base para ajustar a espessura de corte e o projeto da mistura reciclada ao longo do trecho. Recomenda-se que a sondagem seja realizada a cada 100 metros e que a equipe de sondagem esteja, pelo menos, a uma semana de trabalho na frente da recicladora.

#### 5.5.6 Conformação inicial da camada reciclada

- a) imediatamente após a conformação inicial, executa-se a compressão com o emprego de rolo vibratório autopropelido tipo pé-de-carneiro, até se atingir o número de passadas estabelecidos no segmento experimental. A superfície deve ficar levemente marcada com as sapatas do rolo corrugado;
- b) na sequência, atua a motoniveladora, de modo a conformar inicialmente a camada reciclada aos perfis transversais e longitudinais de projeto. Todas as precauções devem ser tomadas a fim de serem evitados processos que levem à segregação da mistura reciclada.

#### 5.5.7 Compactação e conformação final

- a) imediatamente após a conformação inicial, executa-se a compressão com o emprego de rolo vibratório autopropelido tipo pé-de-carneiro, até se atingir o número de passadas estabelecidos no segmento experimental. A superfície deve ficar levemente marcada com as sapatas do rolo corrugado;
- b) ao término destas passadas, se for o caso, atua novamente a motoniveladora para mais uma conformação da camada (transversal e longitudinal). O acabamento deve ser com a lâmina cortando a superfície;
- c) a sequência da compactação ocorre 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;

**Nota 10:** deve-se ajustar a logística da execução dos “panos” diários para que o conjunto dos equipamentos de reciclagem, compactação e acabamento de superfície tenham condições de atingir o grau de compactação especificado em projeto dentro desta janela de tempo. Este tempo deve ser ajustado na execução do segmento experimental. Em dias de forte insolação, altas temperaturas e com atuação de ventos, deve-se dar especial atenção para se manter as condições de umidade na superfície durante toda a etapa de compactação e acabamento final da camada.

- d) durante as operações de compactação 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;

- e) operação de compactação 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;
- f) 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;
- g) 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;
- h) 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-PA 19, 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.

**Nota 11:** caso se tenha a necessidade de execução de segmentos em faixas de rodagem para permitir passagem de tráfego local, as juntas longitudinais devem ser planejadas para que não ocorram em região da futura trilha de rodagem. Isto porque, para baixos teores de cimento e mistura "seca" como é o caso mistura reciclada com espuma de asfalto, não haverá ligação entre a face seca da faixa reciclada pronta e a faixa adjacente em execução, levando ao aparecimento de trincas longitudinais.

## 6 MANEJO AMBIENTAL

- 6.1 Nas operações destinadas à execução dos serviços objeto desta especificação com o objetivo de preservação ambiental, devem ser observadas e adotadas as soluções e procedimentos relacionados ao tema ambiental, definidos nos documentos técnico-normativos pertinentes vigentes no DER/PR, na legislação ambiental, nas recomendações e exigências dos órgãos ambientais, e na documentação técnica vinculada à execução da obra (Projeto de Engenharia, Programas Ambientais etc.).
- 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 e barreiras de siltagem para retenção do pó de pedra, eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.
- 6.4 Ligante asfáltico
- a) instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água e dotados de sistema para contenção de vazamentos e de captação de águas incidentes e condução do efluente para caixa separadora de óleo;
  - b) reaproveitar o refugo dos materiais para melhoramento de acessos às pequenas propriedades lindeiras conforme as condições a seguir descritas ou ter disposição final de acordo com a Lei Estadual nº 12.493/99, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 6.674/02 e pelas normas e especificações vigentes;
  - c) o refugo em sólido (massa) pode ser reaproveitado desde que devidamente espalhado e compactado;
  - d) o refugo em estágio líquido pode ser reaproveitado desde que misturado com qualquer agregado, inclusive solo local, que permita condição de tráfego, sendo devidamente espalhado e compactado.

## 6.5 Na execução

- a) 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;
- b) deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;
- c) 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. Estas áreas devem ser dotadas de sistema de drenagem para coleta de água incidente e o efluente conduzido para caixas coletoras de óleo;
- d) materiais excedentes da reciclagem devem ter disposição de forma que não causem prejuízo ao meio ambiente e aos corpos hídricos.  
Desde que estabilizados e compactados, eles podem ser utilizados na melhoria de acesso às propriedades lindeiras.

6.6 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 da Fiscalização 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

O controle interno da qualidade do cimento é realizado conforme Quadro 3 e nota 08.

Quadro 3 – Controle interno da qualidade do cimento

Controle interno da qualidade do cimento	
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 12:** o resíduo retido na peneira nº 200 (malha de 0,074 mm) não deve exceder a:

- a) cimento Portland de alto forno: 10%;
- b) cimento comum: 15%.

### 7.3.2 Água

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

### 7.3.3 Cimento asfáltico de petróleo

O cimento asfáltico de petróleo (CAP) deverá atender ao item 5.1.1 e o controle de qualidade interno dever constar, no mínimo, dos ensaios indicados no Quadro 4.

Quadro 4 – Ensaio mínimos para o controle de qualidade interno do CAP

<b>Ensaio mínimos para o controle de qualidade interno do CAP</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Para todo carregamento que chegar à obra:</b>	
01	Ensaio de viscosidade Saybolt-Furol
01	Ensaio de penetração a 25°C
01	Ensaio de adesividade

**Nota 13:** a construtora deverá adotar um eficiente sistema de controle da aplicação da mistura asfáltica na rodovia (georreferenciado, preferencialmente) de tal forma, que a qualquer momento, se possa relacionar a carga do ligante que chegou na obra com a sua aplicação em campo). O sistema também deverá ser capaz de identificar o início de final de cada jornada de trabalho de tal forma que se possa identificar e delimitar segmentos de não conformidade do serviço executado que precisarão passar por intervenção para se atingir a capacidade estrutural especificada em projeto

### 7.3.4 Agregados adicionais

Para o controle interno de qualidade dos agregados adicionais, deverá constar, no mínimo, os ensaios indicados no Quadro 5.

Quadro 5 – Ensaio para controle interno de qualidade dos agregados adicionais

<b>Ensaio para controle interno de qualidade dos agregados adicionais</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<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
01	Ensaio de granulometria
01	Ensaio de equivalente de areia
<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>Ensaio para controle interno de qualidade dos agregados adicionais</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Anualmente:</b>	
01	Ensaio de desgaste Los Angeles
01	Ensaio de lameridade
01	Ensaio de durabilidade
01	Ensaio de granulometria
01	Ensaio de equivalente de areia

#### 7.4 Controle da mistura

O controle interno de qualidade da mistura, deverá constar, no mínimo, dos ensaios apresentados no Quadro 6, na próxima página.

Quadro 6 – Controle interno de qualidade da mistura reciclada

<b>Controle interno de qualidade da mistura reciclada</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>No início da obra e sempre que houver alteração mineralógica na bancada da pedreira:</b>	
01	Projeto da mistura reciclada
01	Granulometria da mistura reciclada
01	Porcentagem de agregado virgem a ser adicionado (gráudo e miúdo)
01	Tipo de CAP, teor de asfalto e teor de cimento
01	Porcentagem de água
01	Massa específica aparente
01	Taxa de expansão e meia-vida da espuma de asfalto
01	Resistência à tração “seca” a 25°C
01	Resistência à tração saturada
01	Relação entre resistências
01	Módulo resiliente
01	Resistência à deformação permanente
01	Resistência à fadiga
<b>Sempre que houver mudança na estrutura ou materiais do pavimento a ser reciclado:</b>	
01	Projeto da mistura reciclada
01	Granulometria da mistura reciclada
01	Porcentagem de agregado virgem a ser adicionado (gráudo e miúdo)
01	Tipo de CAP, teor de asfalto e teor de cimento
01	Porcentagem de água
01	Massa específica aparente
01	Taxa de expansão e meia-vida da espuma de asfalto
01	Resistência à tração “seca” a 25° C
01	Resistência à tração saturada
01	Relação entre resistências

<b>Controle interno de qualidade da mistura reciclada</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
01	Módulo resiliente
01	Resistência à deformação permanente
01	Resistência à fadiga
<b>Anualmente:</b>	
01	Projeto da mistura reciclada
01	Granulometria da mistura reciclada
01	Porcentagem de agregado virgem a ser adicionado (gráudo e miúdo)
01	Teor de asfalto e cimento
01	Porcentagem de água
01	Massa específica aparente
01	Taxa de expansão e meia-vida da espuma de asfalto
01	Resistência à tração “seca” a 25° C
01	Resistência à tração saturada
01	Relação entre resistências
01	Módulo resiliente
01	Resistência à deformação permanente
01	Resistência à fadiga

## 7.5 Controle de execução na pista

### 7.5.1 Espuma de asfalto

O controle interno de qualidade da espumação do asfalto, deverá constar, no mínimo, dos ensaios apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Ensaio para o controle da espumação do asfalto

<b>Ensaio para o controle da espumação do asfalto</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<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

### 7.5.2 Mistura reciclada

O controle interno de qualidade da mistura reciclada deverá constar, no mínimo, dos ensaios apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 – Ensaio para o controle da mistura reciclada

<b>Ensaio para o controle da mistura reciclada</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<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 e 28 dias de cura:</b>	
03	Extração de corpos de prova com sonda rotativa (6”), para análise visual da integridade, homogeneidade e espessura da camada
01	Determinação da resistência à tração “seca” dos corpos de prova extraídos.
01	Determinação do módulo resiliente aos 28 dias

**Nota 14:** 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 15:** 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 – method B), para ajuste de possíveis desvios no ensaio do “Rotarex”.

**Nota 16:** para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho com medidas de deflexão (DNER-ME 024) aos 7 e 28 dias de cura, espaçados no máximo a cada 20 metros e na futura trilha de rodagem sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto e ou estabelecidos no(s) segmento(s) experimental(is) para o tipo da camada. Aos 28 dias de cura, também deverão ser obtidas bacias de deformação para se estimar o intervalo de variação do módulo de elasticidade (“módulo resiliente”) da camada através do emprego da técnica de retroanálise. Ressalta-se que até o momento não se dispõe de modelo brasileiro calibrado que correlacione deflexão medidas sobre camadas tipo reciclagem com espuma de asfalto com o número de solicitações admissíveis para a ruptura deste tipo de pavimento. Assim, a execução de segmento(s) experimental(is) e o cotejamento dos seus resultados com outros obtidos em obras de pavimentação de rodovias do estado do Paraná de igual porte assume(m) um papel de extrema importância para definição do controle deflectométrico a ser adotado para a execução desta camada.

7.6 A verificação do controle interno de qualidade pela Fiscalização do DER/PR se dará pelo acompanhamento semanal da execução e tratamento estatístico dos resultados dos ensaios previstos nos Quadros de 3 a 8.

Caso seja constatada alguma não conformidade em relação aos resultados obtidos nos ensaios, a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a imediata paralisação dos serviços para que sejam feitos ajustes no processo executivo e/ou troca de material.

## **8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRANTE**

- 8.1 Compete à Fiscalização do DER/PR, quando julgar necessário, 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 à Fiscalização do 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.
- 8.5 Caso seja constatada alguma não conformidade nos resultados do controle externo, a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a imediata paralização dos serviços para que sejam feitos ajustes no processo executivo.

## **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  
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

- o teor de cimento asfáltico incorporado não deve variar de mais do que  $\pm 0,4\%$  em relação ao teor de projeto;
- 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 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;
- 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;
- 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;
- as medidas de deflexão devem ser inferiores à deflexão máxima admissível de projeto, ou estabelecida no Relatório do(s) Segmentos Experimenta(is) 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 largura da plataforma não deve ser menor que a prevista para a camada;
- a espessura média da camada é determinada pela expressão:

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

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

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

Onde:

$x_i$  – valores individuais;

$\bar{X}$  – média da amostra;

$s$  – desvio padrão;

$k$  – coeficiente tabelado em função do número de determinações, definido (tamanho da amostra);

$n$  – número de determinações (tamanho da amostra).

- a.1) a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,02 m;
- a.2) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo  $\pm 0,03$  m em relação à espessura de projeto;
- a.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). Neste caso, a construtora deverá apresentar previamente à Fiscalização do DER/PR, a alternativa de intervenção para e recuperação da capacidade estrutural;
- a.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-PA 19.

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:

$\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo especificado}$  ou  $\bar{X} + k_s > \text{valor máximo de projeto}$ : não conformidade;

$\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo especificado}$  e  $\bar{X} + k_s \leq \text{valor máximo de projeto}$ : conformidade.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

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

Onde:

$x_i$  – valores individuais;

$\bar{X}$  – média da amostra;

$s$  – desvio padrão;

$k$  – coeficiente tabelado em função do número de determinações, definido de acordo com o Quadro 9;

$n$  – número de determinações.

Quadro 9 – Plano de Amostragem Variável (DNER PRO 277/97)

Plano de Amostragem Variável (DNER PRO 277/97)														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
$\alpha$	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = Nº de Amostras					k = Coeficiente Multiplicador					$\alpha$ = Risco da Contratada				

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

Se  $\bar{X} - k_s <$  valor mínimo especificado: não conformidade;

Se  $\bar{X} - k_s \geq$  valor mínimo especificado: conformidade.

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

Se  $\bar{X} + k_s >$  valor máximo especificado: não conformidade;

Se  $\bar{X} + k_s \leq$  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 é aceito se as correções executadas o colocarem 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  $\bar{X}$  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. Também deverá constar dos relatórios os laudos de caracterização do CAP (resolução nº 19/05 da ANP), da emulsão (Resolução nº 32/2012 da ANP) e do cimento (DNER-EM 036/95) das cargas que chegaram no canteiro de obra.
- 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.