



**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 33/23**

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

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 33/05  
Autor: DER/PR (DT/CPD)

Palavras-chave: base, reciclagem,  
estabilização com cimento

21 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 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 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, tendo como base a Especificação de Serviço DER/PR ES-P 33/05.

## 1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na execução, controle, aceitação e medição dos serviços de reciclagem profunda de pavimento com adição de cimento Portland. As condições a serem adotadas visam obter uma camada de pavimento “reciclada” com aproveitamento de materiais da pista e introdução de cimento Portland e agregados adicionais (quando necessário), conforme estabelecido no projeto de dosagem da mistura a ser aprovado pelo 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 12142/2010	- Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos
ABNT NBR 14376/2019	- Determinação do teor do resíduo seco de emulsões asfálticas convencionais ou modificadas
ABNT NBR 16697/2018	- Cimento <i>Portland</i> - Requisitos
ABNT NBR 5739/2018	- Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
ANP Resol. nº 19/2005	- Cimento asfáltico de petróleo.
ANP Resol. nº 36/2012	- Emulsões asfálticas para pavimentação
AP-T 101/12	- <i>The development and evaluation of protocols for the laboratory characterization of cemented materials (Austroad Technical Report 2012)</i> (ensaio de fadiga)
CONTRAN 2022	- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – VOLUME VII – Sinalização Temporária
DEINFRA-SC ES-P 09/16	- Pavimentação: reciclagem profunda de pavimentos
DER/PR	- Manual de Execução de Serviços Rodoviários
DER/PR	- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias
DER/PR ES-PA 17/22	- Pavimentação: pinturas asfálticas

DER/PR ES-PA 36/22	- Pavimentação: tratamentos superficiais – ligantes convencionais e modificados
DER/SP ET-DE-P00/035	- Reciclagem de pavimento asfáltico in situ com cimento e brita
DNER-EM 036/95	- Cimento <i>Portland</i> – recebimento e aceitação
DNER-ME 024/94	- Pavimento – determinação das deflexões pela viga <i>Benkelman</i>
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 - método de referência e método expedito
DNER-ME 196/98	- Agregados - determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo
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 IPR 700/97	- Glossário de Termos Técnicos Rodoviários
DNIT IPR 742/10	- Manual de Implantação Básica de Rodovia
DNIT- ME 133/10	- Pavimentação asfáltica – delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga <i>Benkelman</i>
DNIT-EM 165/13	- Emulsões Asfálticas para pavimentação
DNIT-ES 167/2013	- Pavimentação – Reciclagem profunda de pavimentos “in situ” com adição de cimento Portland
DNIT 136/2018-ME	- Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral
DNIT 164/2013-ME	- Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNIT 181/2018-ME	- Pavimentação – Material Estabilizado Quimicamente – Determinação do módulo de resiliência
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

### **3 DEFINIÇÕES**

- 3.1 Reciclagem profunda de pavimento com adição de cimento Portland é um processo de reconstrução parcial da estrutura do pavimento com emprego de equipamentos próprios para esta finalidade. Utilizam-se materiais existentes na estrutura do pavimento, cimento Portland, agregados adicionais (quando necessário) e água, em proporções previamente definidas no projeto de dosagem, e emulsão asfáltica para pintura de proteção.
- 3.2 Relação de trituração revestimento/material granular: é a relação entre a espessura da camada de revestimento e a espessura de corte da camada de base, incluindo a adição de agregado virgem (espessura da base e espessura equivalente do material virgem, formam a espessura do material granular), que serão trituradas conjuntamente. É recomendável que nos projetos de reciclagem do pavimento com a adição de cimento, esta relação seja menor que 40%.

### **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 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 a aprovação prévia pela Fiscalização do DER/PR, do projeto de dosagem;
  - e) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
  - f) em dias de chuva no local de execução do serviço.
- 4.2 Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de fabricação (ABNT-NBR 16697), origem e mais o que seja necessário para sua caracterização para o fim a que se destina.
- 4.3 Para todo carregamento de emulsão asfáltica que chegar à obra, o fabricante/fornecedor deverá apresentar o Certificado de Qualidade (Ensaio de Especificação previstos na Resolução nº 36, 13/11/2012 da ANP) correspondente à data da fabricação ou do dia do carregamento para transporte até a obra, se o período entre os dois eventos ultrapassar a 10 dias.

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.

- 4.4 Durante a execução da obra, é responsabilidade da construtora a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais e de outros agentes que possam danificá-los ou envelhecê-los.

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

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

### 5.1.1 Cimento Portland:

Deve obedecer às especificações da DNER-EM 036/95, ABNT-NBR 11579 e ABNT-NBR 16697.

### 5.1.2 Água:

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.

**Nota 01:** na trituração do revestimento e camada de base, 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. Para enquadrar o material triturado em uma faixa granulométrica, geralmente é necessária a adição de cerca de 12 a 15 % de agregado virgem (graúdo e miúdo).

- 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 15%;
- c.2) o equivalente de areia (DNER-ME 054/97) do agregado miúdo deve ser igual ou superior a 50%.

#### 5.1.4 Emulsão

A emulsão deverá atender a Resolução nº 36/2012 da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis).

#### 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 1.

Quadro 1 – Faixas granulométricas para o material triturado (já incluso a adição de agregado virgem, se necessário)

<b>Faixas granulométricas para o material triturado (já incluso a adição de agregado virgem, se necessário)</b>			
<b>Peneira de malha quadrada</b>		<b>Porcentagem passando em peso (%)</b>	
<b>ABNT</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
2"	50	96 - 100	100
1"	25	75 - 90	97 - 100
$\frac{3}{8}$ "	9,50	45 - 73	60 - 85
n.º 4	4,75	35 - 60	40 - 72
n.º 10	2,0	25 - 47	30 - 57
n.º 40	0,425	15 - 30	15 - 35
n.º 200	0,075	3 - 15	3 - 15

Fonte: DEINFRA-SC-ES-P 09/16

- 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 indicadas no Quadro 2, em cada peneira.

Quadro 2 – Tolerâncias para os limites granulométricos em cada peneira

<b>Tolerâncias para os limites granulométricos em cada peneira</b>		
<b>Peneira de malha quadrada</b>		<b>Porcentagem passando em peso (%)</b>
<b>ABNT</b>	<b>Abertura (mm)</b>	
2 ½"	63,5	-
n.º 4	4,8	± 8
n.º 40	0,42	± 5
n.º 200	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 os seguintes requisitos mínimos: resistência à compressão simples, aos sete dias, mínima de 2,1 MPa e máxima de 2,5 MPa, bem como, resistência à tração mínima de 0,25 MPa e máxima de 0,35 MPa aos 7 dias de cura.

**Nota 02:** na dosagem da reciclagem com adição de cimento, recomenda-se compatibilizar o menor teor de cimento possível para mistura (entre 3% a 4% em termos de peso seco da mistura reciclada) que atenda estatisticamente ao especificado em projeto quanto às resistências à compressão e à tração e o módulo resiliente. Há uma tendência do aumento do desenvolvimento de trincas por retração hidráulica na mistura reciclada com o aumento do teor de cimento. Também é recomendável que não se tenha misturas muito rígidas em relação à flexibilidade das camadas inferiores.

### 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;

**Nota 03:** na fase de projeto, não se consegue reproduzir em laboratório a trituração do revestimento e base propiciada pela recicladora, o que compromete a definição mais racional do teor de cimento. No procedimento, determina-se a espessura de corte com a relação revestimento/base e, também, o peso do material correspondente a um volume conhecido de trituração (área de 1 m<sup>2</sup> x profundidade de corte), o que facilita a posterior definição da quantidade de cimento a ser distribuído por metro quadrado da superfície (kg/m<sup>2</sup>).

- 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 complementares para a coleta de amostras são definidos em instrução específica do DER/PR.

#### 5.3.2 Apresentação da dosagem da mistura reciclada

As seguintes características da mistura reciclada devem ser indicadas no relatório de dosagem:

- a) composição granulométrica de projeto e faixa de trabalho;
- b) umidade ótima da mistura reciclada;
- c) teor de cimento (kg/m<sup>3</sup>);
- d) massa específica aparente seca máxima da mistura reciclada;
- e) energia de compactação especificada (Proctor modificado);
- f) resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de cura;
- g) resistência à tração aos 7 e 28 dias de cura;
- h) módulo resiliente da mistura aos 28 dias de cura;

## 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, 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;
- h) rolos corrugados (pé-de-carneiro pata curta).

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 04:** na 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) relação de corte entre espessura do revestimento e espessura da camada de base cortada; c) compactação da mistura para determinação da umidade ótima e massa específica aparente seca máxima; d) definição do teor de cimento para se atingir as resistências à tração e a compressão definidas em projeto; e) calibração da taxa de aplicação de cimento por metro quadrado, calibrada com velocidade de deslocamento do caminhão distribuidor de cimento; f) avaliar a uniformidade do espalhamento e consistência da mistura com ajustes na velocidade da recicladora e teor de umidade; g) 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); h) medição da deflexão; i) 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; j) a técnica usada pela empresa para a execução das juntas transversais; l) a técnica usada pela empresa para a execução das juntas longitudinais; m) avaliação do processo de cura e aplicação da pintura de cura; n) verificação do desenvolvimento de trincas de retração; o) avaliação da aplicação do tratamento superficial; p) outras que a Fiscalização do DER/PR julgar pertinente.

**Nota 05:** após a definição do teor de cimento, recomenda-se que sejam realizados os seguintes ensaios mecânicos e de desempenho para avaliação da qualidade da mistura reciclada:

**Módulo Resiliente:** o módulo resiliente avaliado de acordo com a norma DNIT-ME 181/2018.

**Nota 06:** na falta de procedimento mais apropriado aprovado pelo DER/PR, admite-se que o nível deflectométrico admissível para a camada de rolamento possa ser estabelecido a partir de medidas 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 05**, ou o intervalo de módulos resilientes médios de misturas recicladas com adição de cimento empregadas no estado do Paraná executadas com agregados de igual embasamento rochoso; c) resultados de caracterização mecânica deste tipo de mistura apresentados em tese e dissertações; d) medida da deflexão no dia da execução, após 3, 7 e 28 dias de cura para avaliar o ganho de rigidez da estrutura e definir o nível deflectométrico a ser controlado durante a execução da obra; e) medida da bacia de deflexão aos 28 dias para estimativa do módulo resiliente da mistura reciclada em campo através da técnica da retro análise.

**Nota 07:** 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 processo construtivo. A empresa deverá também apresentar a 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 para a reciclagem do pavimento.

- 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 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 sequência 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. 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 cimento Portland e o agregado adicional (se requerido), com a concomitante adição de água, de acordo com o projeto de dosagem estabelecido no Relatório do(s) Segmento(s) Experimental(is).

**Nota 08:** caso a espessura do revestimento existente propicie na trituração uma relação revestimento/material granular superior a 40%, recomenda-se uma prévia fresagem da camada de revestimento. A fresagem terá uma espessura de corte tal que possibilite que a relação de trituração revestimento/material granular fique ao redor de 35%. O material fresado poderá ser empregado no nivelamento do acostamento com a pista de rolamento antes da reciclagem.

**Nota 09:** 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 adição de cimento, não haverá ligação efetiva entre a face seca da faixa reciclada pronta e a faixa adjacente em execução, levando ao aparecimento de trincas longitudinais.

**Nota 10:** especial atenção dever ser dado na largura da superposição do tambor da recicladora em faixas adjacentes, evitando-se que se tenha uma região com excesso de umidade. Recomenda-se que, caso a recicladora dispor deste recurso, os bicos de injeção de 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 resistência e rigidez em relação a resistência média da camada, propiciando a formação de trincas longitudinais de execução.

**Nota 11:** 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. Este nivelamento poderá ser feito com uma composição de material fresado e agregado virgem, ou emprego do material fresado, resultante do atendimento à **Nota 08**. Após espalhamento, o material dever receber uma compactação para facilitar a distribuição do cimento e deslocamento da recicladora e caminhões de abastecimento de água e ligante asfáltico.

**Nota 12:** 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 (teor de cimento, principalmente). 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.

### 5.5.2 Conformação inicial da camada reciclada

- a) imediatamente após a atuação da recicladora, segue-se a atuação de rolos pé-de-carneiro para uma compactação inicial do colchão fofo. Para dar velocidade ao processo, recomenda-se o emprego de dois rolos;
- 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.

### 5.5.3 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 13:** 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 ao processo de cura para se manter as condições de umidade na superfície durante toda a etapa de compactação e acabamento da camada.

- d) 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 DNIT-ME 164, executado com a energia modificada;

**Nota 14:** especial atenção deve ser dada às condições climáticas da região onde se insere a rodovia (temperatura, insolação, sombreamento e velocidade do vento). A quantidade de água na mistura reciclada com adição de cimento correspondente a umidade ótima é muito baixa. Pequenas perdas por evaporação podem comprometer a hidratação do cimento. O acompanhamento da coloração da superfície durante a fase de execução é um bom indicativo da necessidade de ser promovido o umedecimento da superfície da camada, mediante emprego do caminhão irrigador.

- e) 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;
- f) o grau de compactação (ensaio de frasco de areia) a ser obtido deve ser de, no mínimo, 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida com a energia intermediária;
- g) caso o grau de compactação seja atendido, será medida da deflexão, conforme **Nota 06**.

**Nota 15:** caso a empresa contratada disponha condições de execução do ensaio DNIT-ME 417/2019, ela poderá pleitear junto à equipe de fiscalização do DER/PR o uso deste equipamento para o controle da densificação destas camadas. A aferição do procedimento, comparativamente ao procedimento tradicional, será feita durante a execução do(s) segmento(s) experimental(is), com a presença da Fiscalização do DER/PR. A Fiscalização do DER/PR analisará os resultados contidos no Relatório do(s) Segmento(s) Experimental(is) e emitirá Parecer quanto à liberação ou não deste procedimento para o controle do grau de compactação destas camadas.

#### 5.5.4 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. A aplicação da pintura de cura deverá seguir a norma do DER/PR ES-PA 17;
- b) antes da aplicação, a superfície deve ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados. Se necessário, para assegurar a adequada limpeza, a Fiscalização do 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 da Fiscalização do DER/PR.

#### 5.5.5 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.

**Nota 16:** tendo-se em conta que a camada reciclada com adição de cimento não suporta o efeito abrasivo dos pneus dos veículos pesados, caso não tenha sido previsto em projeto, deve ser avaliada junto com a Fiscalização do DER/PR, a necessidade de execução de uma camada de tratamento superficial simples para proteger a camada de base da ação abrasiva do tráfego de obra. Na hipótese de ela ser aprovada, deve-se empregar emulsão polimerizada neste serviço.

**Nota 17:** nos locais em que se manifestarem trincas de retração, recomenda-se avaliar junto à Fiscalização do DER/PR a aplicação de uma geogrelha, com cerca de 1,0 m de largura, antes da execução da camada de antirreflexão de trincas para mitigar a propagação destas trincas para a camada de revestimento. Concomitantemente, deverá ser revisto o procedimento de cura e proceder ajustes para minimizar o aparecimento destas trincas.

## 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 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.).

### 6.3 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 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. Também deverão ser dotados de sistema preventivo contra descargas atmosféricas aprovado pelo corpo de bombeiros do estado do Paraná;
- 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. Também devem ser

dotadas de sistema preventivo contra descargas atmosféricas aprovado pelo corpo de bombeiros do estado do Paraná;

- 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.

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 18:** O resíduo retido na peneira nº 200 (malha de 0,074 mm) não deve exceder a:

- 1) cimento Portland de alto forno: 10%;
- 2) cimento comum: 15%.

### 7.3.2 Água

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

### 7.3.3 Emulsão polimérica

A emulsão deverá atender ao item 5.1.4 e o controle de qualidade interno dever constar, no mínimo, dos ensaios indicados no Quadro 4.

Quadro 4 – Ensaios mínimos para o controle de qualidade interno da emulsão

<b>Ensaios mínimos para o controle de qualidade interno da emulsão</b>	
<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
<b>Para cada carga de emulsão que chegar na obra:</b>	
01	Ensaio de adesividade
01	Ensaio de estabilidade ao armazenamento
01	Ensaio de resíduo por evaporação (NBR 14376)
01	Peneiramento (DNER-ME 05/94)
01	Carga elétrica (DNIT- ME - 156/11)
01	Ponto de amolecimento, Penetração e Recuperação elástica (ensaio realizado com o ligante residual)
01	Ensaio de viscosidade Saybolt-Furol
01	Ensaio de ponto de amolecimento
01	Ensaio de recuperação elástica do resíduo asfáltico

#### 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 – Ensaios para controle interno de qualidade dos agregados adicionais

<b>Ensaios 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 pedra:</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>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 reciclada

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

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 (graúdo e miúdo)
01	Teor de cimento
01	Massa específica aparente máxima e teor ótimo de umidade
01	Resistência à tração aos 7 e 28 dias de cura
01	Resistência à compressão aos 7 e 28 dias de cura
01	Módulo resiliente
<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 (graúdo e miúdo)
01	Massa específica aparente e teor ótimo de umidade
01	Ensaio de ISC
01	Módulo resiliente
<b>Anualmente:</b>	
01	Projeto da mistura reciclada
01	Granulometria da mistura reciclada
01	Porcentagem de agregado virgem a ser adicionado (graúdo e miúdo)
01	Teor de cimento
01	Massa específica aparente e teor ótimo de umidade
01	Resistência à tração aos 7 e 28 dias de cura
01	Resistência à compressão aos 7 e 28 dias de cura
01	Módulo resiliente

## 7.5 Controle de execução na pista

### 7.5.1 Mistura reciclada

O controle interno de qualidade da mistura reciclada com adição de cimento deverá constar, no mínimo, dos ensaios apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Ensaios para o controle da mistura reciclada com adição de cimento

<b>Ensaios para o controle da mistura reciclada com adição de cimento</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 compactação:</b>	
01	Ensaio de compressão axial e resistência à tração
03	Ensaio de compactação com a energia modificada com amostras nas condições de pista (massa específica aparente de referência)
01	Ensaio de granulometria do material reciclado

Ensaio para o controle da mistura reciclada com adição de cimento	
Quantidade	Descrição
<b>Para cada 200 m<sup>3</sup> de mistura reciclada, após compactação:</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 para análise visual da integridade, homogeneidade e espessura da camada
03	Ensaio de compressão axial
01	Ensaio de resistência à tração
01	Determinação do módulo resiliente aos 28 dias

**Nota 19:** a construtora deverá adotar um eficiente sistema de controle de execução da reciclagem na rodovia (georreferenciado, preferencialmente) de tal forma, que a qualquer momento, se possa relacionar a carga de cimento 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.

**Nota 20:** 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 adição de cimento com o número de solicitações admissíveis para a ruptura deste tipo pavimento (possivelmente de comportamento semirrígido). 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 7. Caso seja constatada alguma não conformidade em relação aos resultados obtidos nos ensaios, a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a imediata paralização 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 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.

## **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) a emulsão é aceita desde que atenda ao especificado no item 5.1.4;
- d) 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**

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 e a resistência à tração aos 7 e 28 dias de idade, deve ser no mínimo igual à adotada no projeto de dosagem ou a definida no Relatório do(s) Segmento(s) Experimental(is), 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 modificada 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) o módulo resiliente da mistura reciclada deve ser no mínimo igual à adotada no projeto de dosagem ou a definida no Relatório do (s) Segmento (s) Experimental (is), para valores determinados estatisticamente;
- d) as medidas de deflexão devem ser inferiores à deflexão máxima admissível de projeto ou a definida no Relatório do (s) Segmento (s) Experimental (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) a largura da plataforma não deve ser menor que a prevista para a camada;
- b) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

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

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).

- 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).  
Neste caso, a construtora deverá apresentar previamente à Fiscalização do DER/PR, a alternativa de intervenção para a recuperação da capacidade estrutural;
- 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-PA 17.

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

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

9.4.3 O tratamento superficial é aceito desde que atendidas as exigências da especificação DER/PR ES-PA 36.

## 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.

- 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 8;

$n$  - número de determinações.

Quadro 8 – 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 = N° 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  $\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo especificado}$ : não conformidade;

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

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

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

Se  $\bar{X} + k_s \leq \text{valor máximo especificado}$ : 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 é aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

9.6 Caso seja constatada alguma não conformidade nos resultados dos critérios de aceitação ou rejeição do serviço, a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a imediata paralisação dos serviços para que sejam feitos ajustes no processo executivo.

## 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 da emulsão (resolução nº 36/2012 da ANP) e do cimento (ABNT-NBR 16697-07) das 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.