



MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS - IPR
DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA
Rodovia Presidente Dutra, km 163 - Centro Rodoviário - Vigário Geral
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21240-000
Norma rodoviária
Especificação de Serviço
DNER-ES 405/2000
p. 01/10

Pavimentação - reciclagem de pavimento a frio “in situ” com espuma de asfalto

RESUMO

Este documento normativo define a sistemática a ser adotada na execução de reciclagem a frio “in situ” do pavimento, com a utilização de material betuminoso, de agregado mineral, cimento Portland, água e incorporação de espuma de asfalto. São também encontrados os requisitos relativos a materiais, equipamentos, execução, controle da qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços.

ABSTRACT

This technical standard defines the methods and procedures to be used in the “in situ” manufacturing of a pavement by cold recycling, with the use of bituminous material, mineral aggregate, Portland cement, water and foamed asphalt as an incorporated item. It also presents requirements concerning materials, equipment, execution and quality control for the materials, as well as the criteria for acceptance, rejection, measurement and payment of the services.

SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Inspeção
- 8 Aceitação e rejeição
- 9 Critérios de medição e pagamento

0 PREFÁCIO

Esta Norma estabelece a sistemática empregada na execução e no controle da qualidade do serviço em epígrafe.

Macrodescriptores MT : pavimentação

Microdescriptores DNER : reciclagem a frio, mistura betuminosa, espuma de asfalto

Palavras-chave IRRD/ IPR : materiais betuminosos (4955), mistura asfáltica (9047)

Aprovado pelo Conselho de Administração em 05/09/2000, Resolução nº 09/2000, Sessão CA nº 02

Autor: DNER/IPR

Processo nº 51.100.009.924/99-33

1 OBJETIVO

Esta Especificação fixa as condições a serem adotadas para execução e controle de reciclagem a frio “in situ” de pavimento, de forma a se obter uma camada de “base reciclada”, utilizando-se material removido do pavimento (proveniente da fresagem de revestimento asfáltico e/ou base), produtos de britagem e cimento Portland, de acordo com o projeto estabelecido, com a incorporação de espuma de asfalto. A execução compreenderá a fresagem do pavimento existente, incorporação dos materiais novos a serem espalhados sobre a pista, mistura e homogeneização na pista, e compactação, de conformidade com alinhamentos e cotas definidos no projeto de restauração e no traço da mistura reciclada.

2 REFERÊNCIAS

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- a) DNER-ME 024/94 - Pavimento - determinação das deflexões pela Viga Benkelman;
- b) DNER-ME 035/98 - Agregados - determinação da abrasão “Los Angeles”;
- c) DNER-ME 086/94 - Agregados - determinação do índice de forma;
- d) DNER-ME 089/94 - Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
- e) DNER-ME 092/94 - Solo - determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia;
- f) DNER-ME 138/94 - Misturas betuminosas - determinação da resistência à tração por compressão diametral;
- g) DNER-ES 279/97 - Terraplenagem - caminhos de serviço;
- h) DNER-ES 306/97 - Pavimentação - imprimação;
- i) DNER-ES 307/97 - Pavimentação - pintura de ligação;
- j) DNER-PRO 273/96 - Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD)”;
- l) DNER-EM 036/95 - Cimento Portland - recebimento e aceitação;
- m) NBR 6118/80 - Projeto e execução de obras de concreto armado;
- n) NBR 11579/91 - Cimento Portland - determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200).

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

3.1 Base reciclada “in situ” - mistura realizada no local com o emprego de equipamentos próprios para esta finalidade, utilizando-se agregados removidos do pavimento existente, agregados adicionais, cimento asfáltico de petróleo, cimento Portland e água em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório, misturada, espalhada e compactada, de forma a compor a camada de base do pavimento.

3.2 Taxa de expansão - Relação entre o volume máximo do cimento asfáltico (CAP) no estado de “espuma” e o volume do CAP remanescente, após a espuma estar completamente assente.

3.3 Meia-vida - Tempo em segundos necessário para a espuma assentar à metade do volume máximo alcançado.

3.4 Relação de tensão - Relação entre a resistência à tração indireta úmida e a resistência à tração indireta seca, obtidas através do ensaio de compressão diametral dos corpos-de-prova Marshall, a 25°C.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Não é permitida a execução dos serviços objeto desta Especificação nos dias de chuva.

4.2 Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar certificado de análise, além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade do conteúdo e distância de transporte entre a refinaria/fornecedor e o canteiro de serviço.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais

5.1.1 Cimento Portland

5.1.1.1 Deve obedecer às especificações da Norma DNER-EM 036/95 e às da ABNT NBR-6118/80.

5.1.1.2 Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de fabricação com informações sobre a data de fabricação, origem, além da sigla correspondente, a classe, a denominação normalizada, a massa líquida entregue, etc.

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

5.1.3.1 Agregado pétreo ou seixo rolado britados, adicionais, devem ser constituídos por fragmentos sãos, duráveis, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas, e apresentar as características seguintes:

- a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 55% (DNER-ME 035/98), admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de desempenho satisfatório comprovado, ou quando submetidos a ensaios tecnológicos específicos;
- b) índice de forma superior ou igual a 0,5 (DNER-ME 086/94);
- c) durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 089/94).

5.1.4 Mistura reciclada

São necessárias as seguintes verificações preliminares:

5.1.4.1 Deve ser feito um poço de sondagem, a cada 500 metros de extensão de pista, para verificação de:

- a) espessuras das camadas existentes, revestimento e base;

- b) granulometria e teor de umidade do conjunto revestimento + base;
- c) teor de betume do revestimento.

5.1.4.2 A composição da mistura reciclada deve satisfazer os requisitos do projeto com as respectivas tolerâncias:

- a) possuir composição granulométrica satisfazendo à faixa definida no projeto;
- b) apresentar o valor mínimo de 0,25 MPa, para a resistência à tração indireta seca, e de 0,15 MPa para a resistência à tração indireta saturada, a 25 °C.

5.2 Equipamentos

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser examinado e estar de acordo com esta Especificação. Os equipamentos requeridos são os seguintes:

5.2.1 Equipamento para espalhamento

Para o espalhamento dos materiais adicionais como cimento e agregados de correção, podem ser utilizados equipamentos específicos ou do tipo “spreader”, para melhor controle das taxas de aplicação. No caso do cimento, este pode ser espalhado manualmente desde que se garanta a taxa prevista em projeto.

5.2.2 Equipamento para reciclagem

5.2.2.1 A reciclagem da mistura asfáltica deve ser realizada no local, com equipamento apropriado para esta finalidade, do tipo “Recicladora”.

5.2.2.2 O equipamento deve ter dispositivo de regulagem de espessura da camada do pavimento que será removida.

5.2.2.3 A Recicladora deve estar dotada de acessórios específicos para a dosagem da espuma, sua produção e espargimento. Deve, também, estar dotada de acessórios específicos para injeção e dosagem para a água usada na compactação, em sistema separado do sistema de espuma.

5.2.3 Equipamento para acabamento

Motoniveladora para acabamento e nivelamento do material reciclado.

Nota: Precauções devem ser tomadas a fim de serem evitados processos de segregação da mistura reciclada.

5.2.4 Equipamento para compressão

5.2.4.1 Rolo pneumático, rolo metálico liso e rolo tipo tandem vibratório. Podem ser empregados ainda rolos tipo pé-de-carneiro para compactação inicial da camada reciclada. Os rolos pneumáticos, auto-propulsores, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 0,25 MPa a 0,84 MPa (35 a 120 psi).

5.2.4.2 O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

5.3 Execução

5.3.1 Mistura

5.3.1.1 A reciclagem “in situ” do pavimento deve ser executada nas seguintes condições e seqüência:

- a) espalhamento do agregado adicional, se necessário, sobre a pista de rolamento na espessura determinada, e sobre os acostamentos de modo a corrigir o degrau existente em relação à pista;
- b) espalhamento do cimento sobre o pavimento existente, se indicado no projeto da mistura reciclada;
- c) reciclagem da pista e acostamentos, se indicada no projeto, incorporando-se ao mesmo tempo o cimento, o agregado adicional, o revestimento existente (CBUQ) e parte da base existente (onde for o caso), pela recicladora, seguida da adição de água e espuma pelo mesmo equipamento.

5.3.1.2 Na incorporação de água, é tolerada na mistura a umidade compreendida entre 0,9 e 1,1 vezes a determinada para o trecho, no ensaio de compactação.

5.3.2 Compactação, proteção e cura

Aplicar os procedimentos seguintes:

- a) o equipamento de compactação deve ter dimensões, forma e peso adequados, de modo a se obter a massa específica aparente máxima prevista para a mistura. O andamento das operações deve ser estabelecido, de modo que a faixa em execução seja uniformemente compactada em toda a largura da faixa reciclada;
- b) a compactação deve ser iniciada e concluída preferencialmente com o emprego de rolos lisos;
- c) a compactação deve ser feita, de preferência, com o emprego de rolos pneumáticos que assegurem a obtenção da massa específica aparente indicada no projeto da mistura reciclada, em toda a espessura da camada compactada, podendo ser realizada também com rolos tipo pé-de-carneiro;
- d) a 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;
- e) durante as operações finais de compactação, devem ser tomadas as medidas necessárias para que a camada superficial seja mantida na umidade ótima, ou ligeiramente acima, recorrendo-se a pequenas adições de água, se preciso for, e procedendo-se à nova homogeneização com equipamento adequado;
- f) antes da fase final de compactação, caracterizada pela existência de certa quantidade de material solto superficial, deve ser feita a conformação do trecho ao greide e ao abaulamento desejados, com o emprego de equipamento adequado;
- g) 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;
- h) a energia de compactação deve ser no mínimo a do ensaio Proctor Modificado correspondente à massa específica aparente seca máxima;

- i) todo trecho, logo após a sua execução, de acordo com esta Especificação, será submetido a um processo de cura, devendo para este fim ser protegido contra a perda rápida de umidade pela aplicação da imprimação, ou de outro material, conforme indicado no projeto;
- j) no caso de proteção à cura com o emprego de material betuminoso, este deve ser usado de acordo com a Especificação DNER-ES 306/97 ou DNER-ES 307/97, conforme o tipo do material;
- l) a pintura de proteção só pode ser considerada como pintura de ligação (tack-coat) se, por ocasião da aplicação do revestimento asfáltico, se encontrar em condições de cumprir os requisitos necessários e livre de pó ou material estranho;
- m) os trechos reciclados só podem ser abertos ao tráfego, após a conclusão da compactação.

5.3.3 Espuma de asfalto

Devem ser atendidas as exigências complementares especificadas no projeto, no que se refere à qualidade da espuma, medidas pela taxa de expansão e meia-vida.

6 MANEJO AMBIENTAL

Devem ser observadas medidas visando à preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução da camada de base, tais como:

6.1 Na exploração das ocorrências de materiais

Quando utilizado material pétreo, os seguintes cuidados devem ser observados na exploração das ocorrências de materiais:

- a) o material somente é aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) proibir a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação;
- c) 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;
- d) não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- e) as estradas de acesso devem seguir as recomendações da Especificação DNER-ES 279/97;
- f) devem ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó-de-pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem de brita, evitando carreamento para cursos d'água;
- g) caso a brita seja fornecida por terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações assim como de sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

6.2 Na execução

6.2.1 Os cuidados, para a preservação ambiental, se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

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

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

7 INSPEÇÃO

7.1 Controle de qualidade

7.1.1 Materiais

Todos os materiais a serem aplicados na obra devem ser examinados em laboratório obedecendo à metodologia indicada pelo DNER e satisfazer às especificações em vigor, como a seguir:

7.1.1.1 Cimento Portland

Deve atender à seguinte granulometria, quando ensaiado pelo método DNER-ME 083/98:

Peneira de malha quadrada		Porcentagem, em massa, passando
ABNT	Abertura, mm	
Nº 40	0,42	100
Nº 80	0,18	95 - 100
Nº 200	0,075	65 - 100

7.1.1.2 Agregados

Devem ser examinados através dos ensaios de caracterização, a fim de verificar se estão de acordo com o projeto da mistura e as tolerâncias especificadas quanto à granulometria.

7.1.1.3 Cimento asfáltico de petróleo - CAP

Deve atender às especificações brasileiras de obras rodoviárias e às especificações particulares do projeto.

7.1.1.4 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre sua qualidade.

7.1.2 Execução

7.1.2.1 Confeção da mistura

Os controles de confeção da mistura devem ser realizados a cada 250 metros de extensão de faixa de tráfego, como a seguir:

- verificação da quantidade do cimento incorporado por massa ou volume;
- ensaio de compactação para determinação da massa específica aparente seca máxima, com a energia do ensaio Proctor Modificado;
- determinação do teor de umidade depois da adição da água e homogeneização da mistura;
- ensaios de granulometria e teor de betume para verificação das características do material reciclado;

- e) moldagem de dois corpos-de-prova Marshall (75 golpes/face) para determinação da resistência à tração indireta por compressão diametral seca e saturada (DNER-ME 138/94), após 72 horas de cura em estufa a 60 °C, com material coletado na pista;
- f) moldagem de dois corpos-de-prova Marshall (75 golpes/face) para determinação da massa específica aparente, após 72 horas de cura em estufa a 60 °C, com material coletado na pista;
- g) determinação da densidade “in situ” após compactação na pista.

7.1.2.2 Espuma de asfalto

Devem ser atendidas, no caso de emprego de espuma de asfalto, as exigências complementares especificadas no projeto. O controle de qualidade no campo deve ser feito de forma a se controlar a taxa de expansão do CAP e o tempo de duração da mesma, mais conhecida como “meia-vida”. Este controle deve ser feito no mínimo a cada 500 metros por faixa reciclada, ou por jornada de 8 horas de trabalho.

7.1.2.3 Compactação

7.1.2.3.1 Os ensaios de densidade “in situ” para verificação do grau de compactação pelo método DNER-ME 092/94 (determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia) devem ser realizados a cada 250 metros de extensão de faixa de tráfego, ou por jornada de 8 horas de trabalho.

7.1.2.3.2 O grau de compactação deve ser de no mínimo 100% em relação à maior massa específica aparente seca obtida, decorrente dos procedimentos de compactação pelo padrão Proctor Modificado e compactação Marshall (75 golpes/face).

7.1.3 Geometria

Após a execução da base reciclada, proceder à relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo-se as tolerâncias seguintes:

- a) ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;
- b) até 20% em excesso, para flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- c) $\pm 10\%$, quanto à espessura do projeto.

8 ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

8.1 Os valores dos ensaios de caracterização dos materiais empregados e de recebimento do cimento, bem como a quantidade de água, devem estar de acordo com esta Especificação e com o projeto.

8.2 A análise dos resultados de controle do material de execução da base deve atender aos valores mínimos e máximos, com as respectivas tolerâncias:

8.2.1 Para os ensaios de granulometria e teor de betume, quando são especificadas faixas de valores mínimos e máximos, com as respectivas tolerâncias, deve-se verificar o seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo admitido} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço}$

$\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo admitido ou $\bar{X} + ks \leq$ valor máximo admitido \Rightarrow aceita-se o serviço

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 da amostra

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações

n - número de determinações

8.2.2 Para os ensaios e determinações de grau de compactação - GC, e de resistência à tração de corpos-de-prova moldados na pista, após a cura prevista no projeto da mistura, deve-se verificar a condição seguinte:

Se $\bar{X} - ks <$ valor mínimo admitido \Rightarrow rejeita-se o serviço

Se $\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo admitido \Rightarrow aceita-se o serviço

8.3 Este controle estatístico será realizado para aceitação ou rejeição de segmentos contínuos concluídos e realização da medição do serviço.

8.4 Para tal, embora tenham sido fixadas as quantidades mínimas de ensaios a serem realizados para os controles de qualidade, em termos de espaçamentos ou número de ensaios por jornada de trabalho, o número de ensaios ou determinações poderá ser reduzido (caso haja homogeneidade de materiais ou constância de resultados), ou até mesmo aumentado, caso seja necessário.

8.5 A responsabilidade pela redução no número de ensaios ou determinações será exclusivamente do executante da obra. Assim, o número de ensaios ou determinações será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade, a ser assumido pelo executante da obra, conforme a Tabela seguinte:

Tabela da Amostragem Variável

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
a	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^o de amostras

k = coeficiente multiplicador

a = risco do Executante

Para cada segmento contínuo a ser analisado, devem-se ter no mínimo 5 determinações.

Os serviços rejeitados devem ser corrigidos, complementados ou refeitos.

8.6 Controle deflectométrico

8.6.1 Em caráter complementar, para garantia de qualidade na execução do serviço, deve-se proceder à determinação de deflexões sobre a superfície acabada, segundo o Método DNER-ME 024/94, com o auxílio de viga Benkelman ou FWD (Falling Weight Deflectometer) DNER-PRO 273/96. Deve ser executada pelo menos uma medida da deflexão máxima a cada 100 metros, alternando-se, aleatoriamente, entre os bordos (direito e esquerdo) e o centro da pista.

8.6.2 A deflexão obtida sobre cada camada deve ser inferior ao valor considerado no dimensionamento do pavimento constante do projeto. Os segmentos que apresentarem valores superiores aos considerados no projeto devem ser pesquisados individualmente, para se tentar definir a causa do aumento nos valores da deformabilidade elástica. Caso o aumento tenha sido causado por falha executiva ou uso de material inadequado, ou presença de material com excesso de umidade, o serviço deve ser refeito e corrigido o problema, antes da execução da camada seguinte.

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

9.1 O serviço será medido pelo volume de base reciclada efetivamente executado, em metros cúbicos, de acordo com os alinhamentos e cotas de projeto, admitidas as tolerâncias especificadas nesta Norma.

9.2 Volumes superiores aos limites referidos no parágrafo retro, para cada trecho, só serão medidos e encaminhados para pagamento se previamente justificados pela Fiscalização do DNER e aprovados pelo Diretor de Engenharia Rodoviária do DNER.

9.3 As medições só serão processadas para pagamento, se vierem acompanhadas dos certificados de ensaios e demais registros de controles previstos nesta Norma, nos documentos normativos complementares à mesma e nos projetos da obra e da mistura, com análise e parecer conclusivo prévio da Fiscalização do DNER.

9.4 O pagamento será feito pelo preço unitário contratual, incluindo-se o fornecimento, o transporte, a aplicação dos materiais, toda a mão-de-obra e encargos sociais incidentes, os custos com o uso de equipamentos e ferramentas, as despesas fiscais e eventuais necessárias à execução e ao controle de qualidade da obra, se devidamente aprovadas pela Fiscalização do DNER nos termos do parágrafo anterior.