



MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - IPR
DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA
Rodovia Presidente Dutra km 163 - Centro Rodoviário, Parada de Lucas
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21240-330
Norma rodoviária
Especificação de Serviço
DNER-ES 302/97
p. 01/09

Pavimentação - sub-base de solo melhorado com cimento

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução da camada de sub-base do pavimento utilizando uma mistura íntima de solo e cimento. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle da qualidade dos materiais empregados e da execução, além dos critérios para aceitação e rejeição e de medição dos serviços.

ABSTRACT

This document presents procedures for subbase pavement construction, using soil improved with cement. It presents requirements concerning materials, equipment, execution, ambiental preserving, quality control and the criteria for acceptance and rejection of the services.

SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definição
- 4 Condições gerais

5 Condições específicas

6 Manejo ambiental

7 Inspeção

8 Critérios de medição

0 PREFÁCIO

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

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na execução da camada de sub-base de solo melhorado com cimento.

2 REFERÊNCIAS

Para o entendimento desta Norma deverão ser consultados os documentos seguintes:

- a) DNER-EM 036/95 - Cimento Portland - recebimento e aceitação;
- b) DNER-ES-279/97 - Caminhos de serviço;

Macrodescriptores MT : pavimentação, cimento

Microdescriptores DNER : camada do pavimento, sub-base, solo-cimento

Palavras-chave IRRD/IPR : cimento (4758), pavimento (2955), solo (4156)

Descritores SINORTEC : cimentos, solo-cimento

Aprovado pelo Conselho Administrativo em 05/03/97, Resolução nº 16/97, Sessão nº CA/ 08/97

Autor: DNER/DrDTc (IPR)

Substitui a DNER-ES-P 09/71

Processo nº 51100000912/97-63

Revisão e Adaptação à DNER-PRO 101/97,

Aprovada pela DrDTc em 06/11/97

- c) DNER-ES-281/97 - Empréstimos;
- d) DNER-ME 036/94 - Solo - determinação da massa específica aparente do solo “in situ”, com o emprego do balão de borracha;
- e) DNER-ME 049/94 - Solos - determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas;
- f) DNER-ME 052/94 - Solos e agregados miúdos - determinação da umidade com emprego do “Speedy”;
- g) DNER-ME 080/94 - Solos - análise granulométrica por peneiramento;
- h) DNER-ME 082/94 - Solos - determinação do limite de plasticidade;
- i) DNER-ME 088/94 - Solos - determinação da umidade pelo método expedito do álcool;
- j) DNER-ME 092/94 - Solo - determinação da massa específica aparente do solo “in situ”, com o emprego do frasco de areia;
- l) DNER-ME 122/94 - Solos - determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito;
- m) DNER-ME 129/94 - Solos - compactação utilizando amostras não trabalhadas;
- n) DNER-ME 201/94 - Solo - cimento - compressão axial de corpos de prova cilíndricos;
- o) DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- p) DNER-ISA 07 - Instrução de serviço ambiental;
- q) ABNT EB- 1, NBR 5732/91 - Cimento Portland comum;
- r) ABNT-EB 208, NBR 5735/91 - Cimento Portland de alto forno;
- s) ABNT-MB 348, NBR 7224/96 - Blaine - cimento Portland - finura.

3 DEFINIÇÃO

Para efeito desta Norma é adotada a definição seguinte:

Sub-base de solo melhorado com cimento - camada proveniente de uma mistura íntima e compactada de solo, cimento e água, em proporções previamente determinadas por processo específico de dosagem em laboratório.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Não será permitida a execução dos serviços, objeto desta Norma, em dias de chuva.

4.2 Todo carregamento de cimento que chegar à obra deverá vir acompanhado de certificado de fabricação com informações sobre a data de fabricação, origem e mais o necessário para sua caracterização, para o fim a que se destina.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Material

5.1.1 Cimento Portland

Deverá obedecer às exigências da DNER-EM 036/95, juntamente com as da ABNT NBR 5732.

5.1.2 Água

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

5.1.3 Solo

Os solos empregados na execução de sub-base de solo-cimento serão os provenientes de ocorrências de materiais, devendo apresentar as seguintes características, quando submetidos aos ensaios DNER-ME 080, DNER-ME 082 e DNER-ME 122:

Porcentagem passando na peneira nº 200, máximo.....	50%
Índice de plasticidade, máximo	18%
Limite de liquidez, máximo.....	40%

5.1.4 A mistura projetada de solo-cimento e água é deixada solta para curar, por um período mínimo de 72 horas, deverá satisfazer as seguintes características:

- a) Índice de Grupo IG = 0, quando submetida aos ensaios de caracterização do item 5.1.3;
- b) Índice de Suporte Califórnia $ISC \geq 30\%$ e expansão máxima de 1% pelo método DNER-ME 049 é obtido de acordo com a energia de compactação do DNER-ME 129 (Método B). O ensaio do Índice de Suporte Califórnia deverá ser realizado até a penetração de 12,7mm (0,5 polegada), de modo a ser possível o traçado, com precisão, da curva pressão - penetração. Na impossibilidade de atingir a penetração, o corpo-de-prova deverá ser destorroadado, recomeçando o processo através da moldagem de novos corpos-de-prova.

5.2 Equipamento

5.2.1 Para execução de sub-base de solo melhorado com cimento, são indicados os equipamentos seguintes:

- a) motoniveladora com escarificador;
- b) pulvimisturador;
- c) trator de esteiras ou pneumático;
- d) carro-tanque distribuidor de água;
- e) rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático;
- f) central de mistura de capacidade adequada à obra.

5.2.2 As centrais de mistura deverão ser constituídas essencialmente de:

5.2.2.1 Silos - geralmente para cimento e solo, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento.

5.2.2.2 Transportadores de esteiras - que transportam o solo e o cimento na proporção conveniente, até o equipamento misturador.

5.2.2.3 Equipamento misturador “pug-mill” constituído, normalmente, de uma caixa metálica contendo em seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes que, devido aos seus

movimentos, forcem a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída do equipamento.

5.2.2.4 Reservatório de água e canalizações que permitam depositar e espargir a água sobre o solo, no processo de mistura.

5.2.2.5 Equipamento de carga de caminhões, constituído de um silo com transportadores de correias ou elevadores de canecas, colocado de modo a que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura.

5.3 Execução

5.3.1 Mistura em central

- a) a mistura de solo selecionado, cimento e água deverá ser preparada em centrais de mistura, empregando materiais de ocorrências, objetivando as vantagens técnicas e econômicas na dosagem e homogeneização da mistura solo, cimento e água;
- b) o solo empregado na mistura, na central, deverá sofrer um processo de pulverização, exigindo-se que, excluído o material graúdo, no mínimo 60% em peso do material miúdo esteja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8mm (peneira n° 4);
- c) todas as operações necessárias ao preparo da mistura final serão realizadas na central, restando apenas o transporte da mistura, já pronta, para a rodovia, onde será enleirada, deixada curar por 72 horas, espalhada, umedecida e homogeneizada com as devidas precauções, e de modo que, após a compactação, apresentem espessura, greide longitudinal e seção transversal indicados no projeto;
- d) a faixa para receber a mistura de solo melhorado com cimento deverá estar preparada no que se refere à drenagem, nivelamento e seção transversal, conforme fixados no projeto;
- e) a compactação de solos arenosos ou pouco argilosos deverá ser feita, de preferência, com o emprego de rolos pneumáticos, que assegurem a obtenção da massa específica aparente indicada, em toda a espessura da camada compactada;
- f) a compactação de solos arenosos ou pouco argilosos deverá ser iniciada com o emprego de rolos pé-de-carneiro e terminada com rolos lisos ou, de preferência, com rolos pneumáticos;
- g) quando houver necessidade de executar camada de sub-base com espessura final superior a 20 cm, estas serão subdivididas em camadas parciais. A espessura mínima das camadas parciais deverá ser de 10 cm, após a compactação.

5.3.2 Mistura na pista

No caso de utilização do solo do próprio subleito ou de solos selecionados com mistura na pista, deverão ser obedecidas as seguintes fases de execução:

- a) preparo da faixa;
- b) pulverização e homogeneização do solo local ou de empréstimo;
- c) distribuição de cimento;

- d) preparo da mistura de solo e cimento utilizando o equipamento de pulverização e homogeneização;
- e) umedecimento, enleiramento e cura por 72 horas;
- f) espalhamento, umedecimento e homogeneização da mistura submetida à cura;
- g) compactação e acabamento.

Todas estas fases de execução são similares às referidas para o caso de mistura utilizando central de mistura.

6 MANEJO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução da camada de sub-base de solo melhorado com cimento, são:

6.1 Na exploração das ocorrências de materiais:

6.1.1 Atendimento às recomendações preconizadas na DNER-ES 281 e DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental.

6.1.2 Caso utilizado material pétreo, os seguintes cuidados deverão ser observados na exploração das ocorrências de materiais:

6.1.2.1 O material somente será aceito após a Executante apresentar licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia junto ao Livro de Ocorrências da obra.

6.1.2.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação.

6.1.2.3 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.

6.1.2.4 Não provocar queimadas como forma de desmatamento.

6.1.2.5 As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da especificação DNER-ES-279.

6.1.2.6 Deverão 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.

6.1.2.7 Caso a brita seja fornecida por terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como, 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 a evitar que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis sejam levados até cursos d'água.

7 INSPEÇÃO

7.1 Controle do material

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório obedecendo à metodologia indicada pelo DNER e satisfazendo às especificações em vigor.

7.1.1 Cimento

7.1.1.1 Todo cimento empregado na obra deverá estar de acordo com a DNER-EM 036, de acordo com certificado do Fabricante.

7.1.1.2 Antes de usado, tanto na central da mistura quanto no espalhamento na pista, deverão ser executados na obra ensaios de determinação de finura (ABNT NBR 7224 Blaine, peneiramento), a fim de verificar se o cimento não está empedrado. A frequência destes ensaios é de um ensaio por dia de trabalho, ou sempre que houver dúvidas sobre a sanidade do cimento.

7.1.1.3 O resíduo retido na peneira n° 200 (malha de 0,075mm) não deverá exceder a:

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

7.1.2 Solos

Os solos a serem empregados no preparo da mistura solo-cimento, tanto na mistura em usina quanto na pista, deverão ser examinados através dos ensaios de caracterização (DNER-ME 080, DNER-ME 082 e DNER-ME 122), a fim de verificar se estão de acordo com o projeto de mistura e as tolerâncias especificadas quanto à granulometria, ao limite de liquidez e ao índice de plasticidade.

7.2 Controle da execução

7.2.1 Preparo da mistura de solo melhorado com cimento.

7.2.1.1 Tanto na mistura em usina quanto na mistura na pista, deverão ser verificadas aleatoriamente:

- a) antes da aplicação do cimento:
 - determinação do grau de pulverização do solo através de peneiramento na peneira n° 4, com exclusão do material graúdo (acima da peneira 3/8”);
- b) depois da adição do cimento:
 - verificação da quantidade do cimento incorporada (por peso ou volume);
 - ensaio de compactação após 72 horas de cura da mistura para determinação da massa específica aparente máxima (DNER-ME 129 - Método B);

- determinação do teor de umidade higroscópica depois da adição da água e homogeneização da mistura curada (DNER-ME 052 e DNER-ME 088).

7.2.2 Compactação da mistura de solo melhorado com cimento na pista

7.2.2.1 Tanto para a mistura fabricada e transportada da usina, enleirada e espalhada na pista após cura de 72 horas, umedecida e homogeneizada, tanto quanto para a mistura realizada na pista e manipulada nas mesmas condições, deverão ser verificadas de maneira aleatória:

a) imediatamente antes da compactação:

- determinações adicionais da umidade higroscópica (DNER-ME 052, DNER-ME 088);
- ensaios de compactação e moldagem de corpos de prova (DNER-ME 129 - método B) para determinação do Índice de Suporte Califórnia após 4 dias de embebição (DNER-ME 049).

b) após a compactação:

- determinação da massa específica aparente “in situ” na pista compactada para o cálculo do GC - Grau de Compactação (DNER-ME 092 ou DNER-ME 036).

7.2.3 O número de ensaios e determinação do grau de pulverização, moldagem de corpos-de-prova para o ensaio de Índice de Suporte Califórnia de massa específica aparente “in situ” e GC - Grau de Compactação - para o controle da execução, será definido pelo Executante em função do risco de se rejeitar um serviço de boa qualidade, conforme a Tabela seguinte:

Tabela - 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
α	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				α = risco do executante						

7.3 Verificação final da qualidade

7.3.1 Controle geométrico

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

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

7.4 Aceitação e rejeição

7.4.1 Todos os ensaios dos materiais indicados em 7.1 e 7.2 deverão estar de acordo com o especificado em 5.1.

7.4.2 A expansão determinada no ensaio de ISC deverá sempre apresentar resultado inferior a 1,0%.

7.4.3 O Índice de Grupo da mistura solo-cimento, quando analisada através dos ensaios de caracterização, deverá ser IG = 0.

7.4.4 A análise dos resultados de controle do material de execução deverá atender o seguinte:

- a) para os ensaios de Grau de Compactação e ISC, em que são especificados um valor mínimo a atingir, deve-se verificar o seguinte:

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

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

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.

7.4.5 Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

7.4.6 Os resultados do controle estatístico da execução serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

8 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Os serviços aceitos serão medidos de acordo com os critérios seguintes:

8.1 A sub-base será medida em metros cúbicos de material espalhado e compactado na pista, conforme a seção transversal do projeto.

8.2 No cálculo dos valores dos volumes serão consideradas as larguras e espessuras médias obtidas no controle geométrico.

8.3 Não serão considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto.

8.4 Na medição dos serviços estão incluídas as operações de limpeza e expurgo de ocorrência de materiais, escavação, transportes, operações referentes à central de mistura, à mistura na pista, quando especificadas, compactação, acabamento, proteção da base e o fornecimento do cimento.

8.5 A sub-base será medida em metros cúbicos de material espalhado e compactado na pista, conforme a seção transversal do projeto, incluindo a mão de obra, materiais, equipamentos e encargos, além das operações de limpeza e expurgo de ocorrências de materiais, escavação, transporte, espalhamento, mistura e pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento na pista.