



**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 305/97**  
**p. 01/10**

## **Pavimentação - base de solo-cimento**

### **RESUMO**

Este documento define a sistemática empregada na execução da camada de base do pavimento utilizando uma mistura 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 medição dos serviços.

### **ABSTRACT**

This document presents procedures using soil-cement for construction of base pavement. 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 base de solo-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;
- c) DNER-ES 281/97 - Empréstimos;

**Macrodescriptores MT** : pavimentação

**Microdescriptores DNER** : camada pavimento, base de solo-cimento

**Palavras-chave IRRD/IPR** : pavimento flexível (2944), camada de base (2961)

**Descritores SINORTEC** : normas, pavimentos flexíveis

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 12/71

Processo nº 5110000912/97-63

Revisão e Adaptação à DNER-PRO 101/97,  
Aprovada pela DrDTc em 06/11/97

- d) DNER-ME 036/94 - Solo - determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do balão de borracha;
- e) DNER-ME 052/94 - Solos e agregados miúdos - determinação da umidade com emprego do “Speedy”;
- f) DNER-ME 080/94 - Solos - análise granulométrica por peneiramento;
- g) DNER-ME 082/94 - Solos - determinação do limite de plasticidade;
- h) DNER-ME 088/94 - Solos - determinação da umidade pelo método expedito do álcool;
- i) DNER-ME 092/94 - Solo - determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia;
- j) DNER-ME 122/94 - Solos - determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito;
- l) DNER-ME 201/94 - Solo-cimento - compressão axial de corpos de prova cilíndricos;
- m) DNER-ME 202/94 - Solo-cimento - moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos;
- n) DNER-ME 216/94 - Solo-cimento - determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente;
- o) DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços.
- p) DNER-ISA 07 - Instrução de serviço ambiental;
- q) ABNT NBR 5732/91 - Cimento Portland comum;
- r) ABNT NBR 5735/91 - Cimento Portland de alto forno;
- s) ABNT NBR 7224/96 - Blaine - Cimento Portland e outros materiais em pó - determinação da área específica;

### 3 DEFINIÇÃO

Para efeito desta Norma, é adotada a definição seguinte:

Base de solo-cimento - camada proveniente de uma mistura íntima compactada de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas por processo próprio 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 que seja 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 juntamente com as da ABNT NBR-6118/80 nela contidas.

### 5.1.2 Água

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

### 5.1.3 Solo

Os solos empregados na execução de 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:

Passando na peneira de 6,5cm (2 ½").....	100%
Passando na peneira n° 4 .....	50 a 100% .....± 5%
Passando na peneira n° 40 .....	15 a 100% .....± 2%
Passando na peneira n° 200 .....	5 a 35% .....± 2%
Limite de liquidez, máximo.....	40%
Índice de plasticidade, máximo .....	18%

### 5.2 Equipamento

Para execução de base de solo-cimento, são indicados os equipamentos seguintes:

#### 5.2.1 Motoniveladora com escarificador

#### 5.2.2 Pulvimisturador

#### 5.2.3 Trator de esteiras ou pneumático

#### 5.2.4 Carro-tanque distribuidor de água

#### 5.2.5 Rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático

#### 5.2.6 Central de mistura de capacidade adequada à obra, que deverá ser constituída conforme 5.2.6.1 a 5.2.6.5.

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

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

5.2.6.3 Equipamento misturador “pug-mill” constituído, normalmente, de uma caixa metálica tendo no 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 ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída do equipamento.

5.2.6.4 Reservatório de água e canalizações - permitindo depositar e espargir a água sobre o solo, no processo de mistura.

5.2.6.5 Equipamento de carga de caminhões - constituído de um silo, abastecido por transportadores de correias ou elevadores de canecas e colocados de modo que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura.

### 5.3 Execução

#### 5.3.1 Mistura em central

- a) a mistura de solo-cimento deverá ser preparada em centrais de mistura, empregando-se materiais de ocorrências, objetivando as vantagens técnicas e econômicas na dosagem e a homogeneização da mistura solo, cimento e água;
- b) 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 espalhada com as devidas precauções e de modo que, após a compactação, apresente espessura, greide longitudinal e seção transversal do projeto. O solo empregado na mistura, na central, deverá sofrer um processo de pulverização, exigindo-se que, excluído o material graúdo, no mínimo, 80% em peso do material miúdo estejam reduzidos a partículas de diâmetro inferior a 4,8mm (peneira n°4);
- c) o transporte da mistura pronta deve ser feito em caminhões basculantes ou outro veículo apropriado, tomando-se precaução para que não perca umidade;
- d) o tempo decorrido entre a mistura pronta na central e o início da compactação não deve ser superior a 1 hora, a menos que, a critério do projeto, comprovado por ensaios, seja verificada a inexistência de inconveniente na adoção de tempo maior;
- e) o trecho, para receber a mistura de solo-cimento, deverá estar preparado no que se refere à drenagem, nivelamento e seção transversal fixados no projeto;
- f) o equipamento de compactação deverá ter dimensões, forma e peso adequados, de modo a se obter a massa específica aparente máxima prevista para a mistura. O andamento das operações deverá ser estabelecido, de modo que a faixa em execução seja uniformemente compactada em toda a largura;
- g) 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;
- h) 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;
- i) 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 5cm, após compactação;
- j) durante as operações finais de compactação deverão 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 nova homogeneização com equipamento adequado;

- l) antes da fase final de compactação, caracterizada pela existência de certa quantidade de material solto superficial, deverá ser feita a conformação do trecho ao greide e abaulamento desejados, com o emprego de equipamento adequado;
- m) após a conclusão da compactação, será feito o acerto final da superfície, de modo a satisfazer o projeto, pela eliminação de saliências, com o emprego da motoniveladora. Não será permitida a correção de depressões pela adição de material. A superfície da base será comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas;
- n) o grau de compactação deverá ser, no mínimo, 100% em relação à massa específica aparente seca, máxima, obtida no ensaio DNER-ME 216;
- o) a mistura de solo-cimento deverá apresentar o valor mínimo de  $21 \text{ kg/cm}^2$ , para a resistência à compressão aos 7 (sete) dias (DNER-ME 201), em corpos-de-prova moldados segundo o prescrito no método DNER-ME 202. O valor da resistência à compressão referido é um valor mínimo, devendo-se obter na dosagem um valor médio que conduza àquele resultado durante a fase de execução, tendo em vista a dispersão encontrada;
- p) 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 durante período de, pelo menos, sete dias, pela aplicação da camada de solo, de capim, ou de outro material, conforme indicado no projeto;
- q) a cobertura deverá ser aplicada o mais cedo possível, após a conclusão da base. A base deverá ser mantida úmida até a colocação da cobertura. O solo e o capim deverão ser mantidos constantemente molhados;
- r) todo trecho acabado, que venha ser transitado por equipamento destinado à construção de trechos adjacentes, será continuamente recoberto com, pelo menos, quinze centímetros de solo, de modo a impedir qualquer estrago na superfície concluída;
- s) no caso de proteção à cura com o emprego de material betuminoso, este deverá ser usado de acordo com a DNER-ES 306/97 ou DNER-ES 307/97, conforme o tipo do material;
- t) a pintura de proteção só poderá ser usada como pintura de ligação (tack-coat) se, por ocasião da aplicação do revestimento asfáltica, se encontrar em condições de cumprir os requisitos necessários e livre de pó ou material estranho;
- u) não será permitido o trânsito de maquinaria pesada sobre os trechos recém-terminados, excluem-se os veículos de rodas pneumáticas para transporte de água ou cimento, e outros, cujo trânsito será permitido desde que a superfície tenha endurecido suficientemente, de modo a evitar estragos, e nela tenha sido feita a proteção a que se refere o item 5.3.1 (r).

Os trechos terminados serão abertos ao tráfego, transcorrido o período de sete dias de cura, e uma vez verificado que a superfície endureceu suficientemente.

### 5.3.2 Mistura na pista

Quando excepcionalmente for utilizado o material do próprio subleito ou material importado espalhado no subleito, com mistura na pista, deverão ser obedecidas as fases de execução seguintes:

#### 5.3.2.1 Preparo da faixa

- a) antes de iniciar o preparo da faixa, a drenagem deverá estar concluída;

- b) a faixa deverá estar nivelada e preparada de modo a atender ao projeto;
- c) todo material impróprio deverá ser removido ou substituído de acordo com o projeto.

#### 5.3.2.2 Pulverização e homogeneização do solo

No processo de pulverização e homogeneização exige-se que, no mínimo, 80% em peso do material miúdo seja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8mm (peneira nº 4).

#### 5.3.2.3 Distribuição de cimento

Regularizado o solo pulverizado, de modo a apresentar aproximadamente a seção transversal projetada, o cimento Portland, nas quantidades especificadas, será distribuído uniformemente na superfície. Essa operação poderá ser realizada distribuindo-se os sacos transversal e longitudinalmente, assegurando posterior espalhamento uniforme do cimento na superfície do solo, na área correspondente a cada sub-trecho, ou a granel, por processo mecânico.

Nenhum equipamento, exceto o usado para o espalhamento e mistura, poderá transitar sobre o cimento espalhado antes de ele ser misturado ao solo.

Imediatamente após a distribuição, o cimento será misturado com o solo pulverizado, em toda a espessura da camada. A mistura será repetida continuamente pelo tempo necessário para assegurar completa, uniforme e íntima mistura do solo com o cimento, até ser conseguida tonalidade uniforme em toda a espessura.

Em seguida, a mistura será nivelada obedecendo aproximadamente ao greide e à seção transversal do projeto.

#### 5.3.2.4 Umedecimento

- a) a adição de água deverá ser feita progressivamente, não sendo aconselhável que em cada passada do carro-tanque o teor de umidade do solo aumente mais de 2%. A cada aplicação de água, deve-se proceder a operação de revolvimento para evitar acúmulo na superfície;
- b) esta operação deverá ser feita sem interrupção e a incorporação completa da quantidade total de água deverá estar terminada, no máximo, dentro de três horas;
- c) terminada a incorporação de água, será tolerada na mistura a umidade compreendida entre 0,9 a 1,1 vezes a determinada para o trecho, no ensaio de compactação.

#### 5.3.2.5 Compactação, proteção e cura

Após a compactação executar a proteção e cura de maneira idêntica ao item 5.3.1 (“n”, “p” e “g”).

## 6 MANEJO AMBIENTAL

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

## 6.1 Na exploração das ocorrências de materiais

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

6.1.2 Caso seja 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 a 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 DNER-ES 279.

6.1.2.6 Deverão ser construídas, junto as 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 satisfazer às especificações em vigor.

#### 7.1.1 Cimento

Todo cimento a ser empregado na obra deverá estar de acordo com a DNER-EM 036 de acordo com o certificado emitido pelo fabricante.

Antes de ser usado, tanto na central da mistura quanto no espalhamento da pista, deverão ser executados na obra, ensaios de determinação da finura (ABNT NBR 7224 - Blaine) 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.

O resíduo retido na peneira nº 200 (malha de 0,075mm) não deverá exceder:

- Cimento Portland de Alto forno.....10%
- Cimento Comum .....15%

#### 7.1.2 Solos

Os solos a serem empregados na confecção 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 a granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade.

### 7.2 Controle da execução

#### 7.2.1 Confecção da mistura de solo-cimento

Tanto na mistura em usina quanto na pista deverão ser verificadas de uma maneira aleatória:

a) Antes da aplicação do cimento

- Determinação do grau de pulverização do solo através de peneiramento na peneira nº 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 para cada determinação da massa específica aparente máxima (DNER-ME 216).
- Determinação do teor de umidade higroscópica depois da adição da água e homogeneização da mistura (DNER-ME 052, DNER-ME 088).

#### 7.2.2 Compactação da mistura de solo-cimento na pista

Tanto para a mistura fabricada transportada da usina e espalhada na pista quanto para a mistura executada na pista são verificadas aleatoriamente:

a) Imediatamente antes da compactação

- Determinações adicionais da umidade higroscópica (DNER-ME 052, DNER-ME 088) quando necessários.
- Ensaios de compactação e moldagem de corpos de prova cilíndricos para determinação da resistência a compressão simples, após 7 dias de cura (DNER-ME 201 e DNER-ME 202) com material coletado na pista.

## 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 cilíndricos para o ensaio de compressão simples e 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
$\alpha$	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 do Executante						

## 7.3 Verificação final da qualidade

## 7.3.1 Controle geométrico

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

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

## 7.4 Aceitação e rejeição

7.4.1 Os valores dos ensaios de caracterização dos solos e de recebimento do cimento empregado, bem como a quantidade de água do item 5.1 deverão estar de acordo com esta Especificação e com o projeto.

7.4.2 A análise dos resultados de controle do material de execução da base de solo-cimento deverá atender ao seguinte: (DNER-PRO 277).

- para os ensaios de granulometria do solo antes da adição do cimento na qual 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  $\bar{X} + ks > \text{valor máximo admitido} \Rightarrow$  rejeita-se o serviço

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$  e  $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo admitido} \Rightarrow$  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.

- b) para os ensaios e determinações de grau de compactação - GC, e de resistência a compressão simples de corpos de prova moldados na pista e curados após 7 dias da mistura solo-cimento, em que é especificado um valor mínimo a ser atingido, deve-se verificar a condição seguinte:

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

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

- c) para os ensaios de Limite de Liquidez, Índice de Plasticidade do solo antes da adição do cimento em que é especificado um valor máximo a ser atingido, deve-se verificar a condição seguinte:

Se  $\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado} \Rightarrow$  rejeita-se o serviço

Se  $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado} \Rightarrow$  aceita-se o serviço

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

7.4.4 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 base será medida em metros cúbicos de material compactado na pista, conforme a seção transversal do projeto.

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

8.3 Não serão considerados quantitativos de serviços 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, operações referentes à mistura na pista, quando especificadas, compactação, acabamento, proteção da base e o fornecimento do cimento.