



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA EXECUTIVA
INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS
Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-
000
Tel/fax: (21) 3545-4600

Novembro/2010

NORMA DNIT 140/2010 - ES

Pavimentação – Sub-base de solo melhorado com cimento – Especificação de serviço

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50607.000138/2009-02

Origem: Revisão da norma DNER – ES 302/97.

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 17/11/2010.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Pavimentação, Sub-base, Solo, Cimento

Nº total de páginas
9

Resumo

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução da camada de sub-base de pavimento utilizando uma mistura de solo melhorado com cimento.

São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, inclusive plano de amostragem e ensaios, condicionantes ambientais, controle da qualidade, condições de conformidade e não-conformidade e os critérios de medição dos serviços.

Abstract

This document presents procedures for sub-base pavement layer construction, using soil improved with cement.

It includes the requirements for materials, equipment, execution, includes a sampling plan and essays, environmental management, quality control, conditions for conformity and non-conformity and criteria for the measurement of the performed services.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas	1
3 Definições	2
4 Condições gerais.....	2
5 Condições específicas.....	2

6 Condicionantes ambientais	5
7 Inspeções.....	5
8 Critérios de medição	7
Anexo A (Informativo) Bibliografia	8
Índice geral.....	9

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX, para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática empregada na execução e controle da qualidade da camada de sub-base, quando utilizado solo melhorado com cimento. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO, cancela e substitui a Norma DNER-ES 302/97.

1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo estabelecer a sistemática a ser empregada na execução da camada de sub-base, quando empregado solo melhorado com cimento.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta Norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) DNER-EM 036: Cimento Portland - Recebimento e aceitação – Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.

- b) DNER-ME 036: Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do balão de borracha – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- c) DNER-ME 049: Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- d) DNER-ME 052: Solos e agregados miúdos – Determinação da umidade com emprego do “Speedy” – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- e) DNER-ME 080: Solos - Análise granulométrica por peneiramento – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- f) DNER-ME 082: Solos – Determinação do limite de plasticidade – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- g) DNER-ME 088: Solos – Determinação da umidade pelo método expedito do álcool – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- h) DNER-ME 092: Solo – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- i) DNER-ME 122: Solos – Determinação do limite de liquidez – Método de referência e método expedito – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- j) DNER-ME 129: Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- k) DNER-PRO 277: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- l) DNIT 001/2009-PRO: Elaboração e apresentação de normas do DNIT – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.
- m) DNIT 011-PRO: Gestão da qualidade em obras rodoviárias – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- n) DNIT 013-PRO: Requisitos para a qualidade na execução de obras rodoviárias – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- o) DNIT 070-PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.

- p) NBR 5732 - Cimento Portland comum.
- q) NBR 5735 - Cimento Portland de alto-forno.
- r) NBR NM 76 - Cimento Portland - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine).

3 Definições

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

3.1 Sub-base

Camada de pavimentação, complementar à base e com as mesmas funções dessa, executada sobre o subleito ou reforço do subleito devidamente compactado e regularizado.

3.2 Solo melhorado com cimento

Material proveniente de mistura de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório, de forma a apresentar determinadas características de resistência e durabilidade. Os teores usuais de cimento situam-se na faixa de 2 a 4%, em peso, em relação ao total da mistura.

3.3 Sub-base de solo melhorado com cimento

Camada de sub-base obtida mediante a utilização de solo melhorado com cimento submetido a adequado processo de cura e devidamente compactada.

4 Condições gerais

- a) Não deve ser permitida a execução dos serviços, objeto desta Norma, em dias de chuva.
- b) Todo o carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado do fabricante/distribuidor com informações dos resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Norma, a data de fabricação, a indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo.
- c) É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los.

5 Condições específicas

5.1 Material

- a) Cimento Portland - Deve obedecer às exigências

da Norma DNER-EM 036/95, juntamente com as da Norma NBR 5732:1991 ou NBR 5735:1991.

- b) Água - Deve ser isenta de teores nocivos, como sais, ácidos, álcalis ou matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.
- c) Solo - Os solos empregados na execução de sub-base de solo melhorado com cimento devem ser os provenientes de ocorrências de materiais, devendo apresentar as seguintes características, quando submetidos aos ensaios DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94 e DNER-ME 122/94:
- Porcentagem passando na peneira nº 200, máximo.....50%
 - Índice de plasticidade, máximo.....18%
 - Limite de liquidez, máximo.....40%
- d) Mistura projetada de solo-cimento e água – Deve ser deixada solta para curar, por um período mínimo de 72 horas, após o qual deve satisfazer às seguintes características:
- Índice de Grupo IG = 0, quando submetida aos ensaios de caracterização da alínea “c” da subseção 5.1;
 - Índice de Suporte Califórnia $ISC \geq 30\%$ e expansão máxima de 1% pelo método DNER ME 049/94, obtidos de acordo com a energia de compactação da Norma DNER-ME 129/94 (Método B). O ensaio do Índice de Suporte Califórnia deve 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 deve ser destorroadado, recomeçando o processo mediante a moldagem de novos corpos-de-prova.

5.2 Equipamento

5.2.1 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 autopropulsados tipos pé-de-carneiro, corrugados, liso, liso-vibratórios e pneumático;
- f) Central de mistura de capacidade adequada à obra;
- g) Rolo vibratório portátil ou sapo mecânico.

5.2.2 Central de mistura

Deve ser constituída essencialmente de:

- a) Silos - geralmente para cimento e solo, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento.
- b) Transportadores de esteiras, que transportam o solo e o cimento na proporção conveniente, até o equipamento misturador.
- c) 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, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída do equipamento.
- d) Reservatório de água e canalizações que permitam depositar e espargir a água sobre o solo, no processo de mistura.
- e) Equipamento de carga de caminhões, constituído de um silo com transportadores de correias ou elevadores de canecas, colocado 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 selecionado, cimento e água deve 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, deve sofrer um processo de pulverização,

exigindo-se que, no mínimo, 60% em peso do material esteja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8 mm (peneira nº 4);

- c) Todas as operações necessárias ao preparo da mistura final devem ser realizadas na central, restando apenas o transporte da mistura já pronta para a pista, onde deve ser enleirada, deixada curar por 72 horas, espalhada, umedecida e homogeneizada com as devidas precauções, e de modo que, após a compactação, apresente espessura, greide longitudinal e seção transversal indicados no projeto;
- d) A faixa para receber a mistura de solo melhorado com cimento deve estar preparada no que se refere à drenagem, nivelamento e seção transversal, conforme fixados no projeto.

5.3.2 Mistura na pista

No caso de utilização do solo do próprio subleito ou de solos selecionados com mistura na pista, devem 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;

5.3.3 Espalhamento

Após a cura, o material é distribuído e homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora.

5.3.4 Correção e homogeneização da umidade

A variação do teor de umidade admitido para o material para início da compactação é de menos 2 pontos percentuais até mais 1 ponto percentual da umidade ótima de compactação. Caso o teor de umidade se apresente abaixo do limite mínimo especificado, deve-se proceder ao umedecimento da camada através de caminhão-tanque

distribuidor de água, seguindo-se a homogeneização pela atuação de grade de discos e motoniveladora. Se o teor de umidade de campo exceder ao limite superior especificado, deve-se aerar o material mediante ação conjunta de grade de discos e de motoniveladora, para que o material atinja o intervalo da umidade especificada.

Concluída a correção e homogeneização da umidade, o material deve ser conformado de maneira a se obter a espessura desejada após a compactação.

5.3.5 Espessura da camada compactada

Não deve ser inferior a 10 cm nem superior a 20 cm. Quando houver necessidade de se executar camadas de sub-base com espessura final superior a 20 cm, estas devem ser subdivididas em camadas parciais. A espessura mínima de qualquer camada de sub-base deve ser de 10 cm, após a compactação. Nesta fase devem ser tomados os cuidados necessários para evitar a adição de material na fase de acabamento.

5.3.6 Compactação

Na fase inicial da obra devem ser executados segmentos experimentais, com formas diferentes de execução, na sequência operacional de utilização dos equipamentos, de modo a definir os procedimentos a serem obedecidos nos serviços de compactação. Deve-se estabelecer o número de passadas necessárias dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado. Deve ser realizada nova determinação sempre que houver variação no material ou do equipamento empregado.

A compactação deve evoluir longitudinalmente, iniciando pelas bordas. Nos trechos em tangente, a compactação deve prosseguir das duas bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base, o eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado devem distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior. Nos trechos em curva, havendo superelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da sub-base em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, o eixo. Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que seu uso não for recomendável, tais como cabeceira de pontes e viadutos, a compactação deve ser executada com rolos vibratórios portáteis ou sapos mecânicos.

Durante a compactação, se necessário, pode ser promovido o umedecimento da superfície da camada, mediante emprego de carro-tanque distribuidor de água. Esta operação é exigida sempre que o teor de umidade estiver abaixo do limite inferior do intervalo de umidade admitido para a compactação.

5.3.7 Acabamento

O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora e de rolos de pneus e liso-vibratório. A motoniveladora deve atuar, quando necessário, exclusivamente em operação de corte, sendo vetada a correção de depressões por adição de material.

5.3.8 Abertura ao tráfego

A sub-base de solo melhorado com cimento não deve ser submetida à ação do tráfego. A extensão máxima a ser executada deve ser aquela para a qual pode ser efetuado de imediato o espalhamento do material da camada seguinte, de forma que a sub-base já liberada não fique exposta à ação de intempéries que possam prejudicar sua qualidade.

6 Condicionantes ambientais

Objetivando a preservação ambiental, devem ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental definidos e/ou instituídos no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de Engenharia – PE, o Estudo Ambiental (EIA ou outro), os Programas Ambientais do Plano Básico Ambiental – PBA pertinentes e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais.

7 Inspeções

7.1 Controle dos insumos

Os materiais utilizados na execução da sub-base devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

7.1.1 Cimento

- a) Todo cimento empregado na obra deve estar em conformidade com o disposto na Norma DNER-EM 036/95, de acordo com certificado do fabricante.
- b) Antes de usado, tanto na central de mistura quanto no espalhamento na pista, devem ser executados na obra ensaios de determinação de finura (NBR NM 76:1998 – Método de 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.
- c) O resíduo retido na peneira nº 200 (malha de 0,075 mm) não deve exceder a:
 - cimento Portland de alto forno - 10%;
 - cimento Portland 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, devem ser examinados mediante os ensaios de caracterização (DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94 e DNER-ME 122/94), 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.

A frequência indicada para a execução de ensaios é a mínima aceitável.

Para pistas de extensão limitada, com área de até 4.000 m², devem ser coletadas pelo menos cinco amostras, para execução do controle dos insumos.

7.2 Controle da execução

O controle da execução da sub-base de solo melhorado com cimento deve ser exercido, mediante a coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória, de acordo com o Plano de Amostragem

Variável (vide subseção 7.4). Devem ser efetuadas as seguintes determinações e ensaios:

7.2.1 Preparo da mistura de solo melhorado com cimento.

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

- a) antes da aplicação do cimento:
 - determinação do grau de pulverização do solo, através de peneiramento na peneira nº 4.
- 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 129/94 – Método B);
 - determinação do teor de umidade higroscópica, depois da adição da água e homogeneização da mistura curada (DNER-ME 052/94 e DNER-ME 088/94).

7.2.2 Compactação da mistura de solo melhorado com cimento na pista

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

- a) imediatamente antes da compactação:
 - determinações adicionais da umidade higroscópica (DNER-ME 052/94, DNER-ME 088/94);
 - ensaios de compactação e moldagem de corpos-de-prova (DNER-ME 129/94 – Método B), para determinação do Índice de Suporte Califórnia, após 4 dias de embebição (DNER-ME 049/94).
- b) após a compactação:
 - determinação da massa específica aparente “in situ” na pista compactada, para o cálculo do Grau de Compactação (GC) (DNER-ME 092/94 ou DNER-ME 036/94).

7.3 Verificação do produto

A verificação final da qualidade da camada de sub-base (Produto) deve ser exercida através das determinações executadas de acordo com o Plano de Amostragem Variável (vide subseção 7.4).

Após a execução da sub-base deve-se proceder ao controle geométrico, mediante a relocação e nivelamento do eixo e bordas, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- a) ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;
- b) até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- c) $\pm 10\%$, quanto à espessura da camada indicada no projeto.

7.4 Plano de amostragem – Controle tecnológico

O número e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico dos insumos, da execução e do produto devem ser estabelecidos segundo um Plano de Amostragem aprovado pela Fiscalização, elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNER-PRO 277/97.

O tamanho das amostras deve ser documentado e previamente informado à Fiscalização.

7.5 Condições de conformidade e não-conformidade

Todos os ensaios de controle e determinações relativos aos insumos, à execução e ao produto, realizados de acordo com o Plano de Amostragem citado em 7.4, devem cumprir as Condições Gerais e Específicas desta Norma, e estar de acordo com os seguintes critérios:

Quando especificado um valor mínimo e/ou máximo a ser(em) atingido(s), devem ser verificadas as seguintes condições:

- a) Condições de conformidade:
 - $\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo especificado;
 - $\bar{X} + ks \leq$ valor máximo especificado.
- b) Condições de não-conformidade:
 - $\bar{X} - ks <$ valor mínimo especificado;
 - $\bar{X} + ks >$ valor máximo especificado.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

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

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 (tamanho da amostra).

Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em relatórios periódicos de acompanhamento de acordo com a Norma DNIT 011/2004-PRO, a qual estabelece que sejam tomadas providências para tratamento das “Não-conformidades”.

Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Norma.

Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

Qualquer serviço corrigido só deve ser aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta Norma; caso contrário deve ser rejeitado.

8 Critérios de medição

Os serviços considerados conformes devem ser medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) A sub-base deve ser medida em metros cúbicos, considerando o volume efetivamente executado. Não devem ser motivos de medição em separado: mão-de-obra, materiais (inclusive o cimento), transporte, equipamentos e encargos, devendo os mesmos ser incluídos na composição do preço unitário;
- b) no cálculo dos volumes da sub-base devem ser consideradas as larguras e espessuras médias da camada obtidas no controle geométrico;
- c) não devem ser considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto;
- d) nenhuma medição deve ser processada se a ela não estiver anexado um relatório de controle da qualidade, contendo os resultados dos ensaios e determinações devidamente interpretados, caracterizando a qualidade do serviço executado.

Anexo A (Informativo)**Bibliografia**

- a) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes: *Manual de pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publ. 719)
- b) _____. *Manual de restauração de pavimentos asfálticos*. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publ. 720)
- c) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. *Manual de pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 719).
- d) _____. *Manual de restauração de pavimentos asfálticos*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 720).

_____ /Índice geral

Índice geral

Abertura ao tráfego	5.3.8	5	Espessura da camada		
Abstract		1	compactada	5.3.5	4
Acabamento	5.3.7	5	Execução	5.3	3
Anexo A (Informativo)			Execução de sub-base de		
Bibliografia		8	solo melhorado com cimento	5.2.1	3
Central de mistura	5.2.2	3	Índice geral		9
Cimento	7.1.1	5	Inspeções	7	5
Compactação	5.3.6	4	Material	5.1	2
Compactação da mistura			Mistura em central	5.3.1	3
de solo melhorado com			Mistura na pista	5.3.2	4
cimento na pista	7.2.2	6	Objetivo	1	1
Condicionantes ambientais	6	5	Plano de amostragem –		
Condições de conformidade			Controle tecnológico	7.4	6
e não-conformidade	7.5	6	Prefácio		1
Condições específicas	5	2	Preparo da mistura de solo		
Condições gerais	4	2	melhorado com cimento	7.2.1	6
Controle da execução	7.2	5	Referências normativas	2	1
Controle dos insumos	7.1	5	Resumo		1
Correção e homogeneização			Solo melhorado com cimento	3.2	2
da umidade	5.3.4	4	Solos	7.1.2	5
Crterios de medição	8	7	Sub-base	3.1	2
Definições	3	2	Sub-base de solo melhorado		
Equipamento	5.2	3	com cimento	3.3	2
Espalhamento	5.3.3	4	Sumário		1
			Verificação do produto	7.3	6
