



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES,
PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL

DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro/RJ – CEP 21240-000
E-mail: ipr@dnit.gov.br

Agosto/2018

NORMA DNIT 143/2018 - ES

Pavimentação – Base de solo-cimento – Especificação de serviço

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo:

Revisão da norma DNIT 143/2010-ES.

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de // .

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, Base, Solo-cimento

**Total de
páginas**

11

Resumo

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução da camada de base de pavimento utilizando solo-cimento. Solo-cimento é uma mistura íntima de solo, com ou sem adição de material granular, com cimento Portland e água, executada na pista ou em usina, adequadamente compactada e submetida a processo eficiente de cura.

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 defines the systematics to be used in the execution of the base layer of pavement using soil-cement. Soil-cement is an intimate mixture of soil, with or without addition of granular material, with portland cement and water, performed in situ or in a plant, adequately compacted and subjected to an efficient curing process.

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

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo	2
2 Referências normativas	2
3 Definições	2
4 Condições gerais	3
5 Condições específicas	3
6 Condicionantes ambientais	6
7 Inspeções	6
8 Critérios de medição	8
Anexo A (Informativo) - Bibliografia	10
Índice geral	11

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DPP para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática empregada na execução e controle da qualidade da camada de base, quando utilizadas misturas de solo e cimento. A revisão desta norma procede dos estudos e pesquisas realizados no âmbito do Termo de Execução Descentralizada – TED nº 682/2014 firmado com a COPPE/UFRJ, para o desenvolvimento de método

mecanístico-empírico de dimensionamento de pavimento asfáltico. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009-PRO, cancela e substitui a norma DNIT 143/2010-ES.

1. Objetivo

Esta Norma tem por objetivo estabelecer a sistemática a ser empregada na execução de uma camada de base ou de sub-base constituída de mistura de solo e 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 024: Pavimento – Determinação das deflexões pela Viga Benkelman – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- c) DNER-ME 036: Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do balão de borracha – 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 088: Solos – Determinação da umidade pelo método expedito do álcool – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- g) DNER-ME 092: Solo – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- h) DNER-ME 201: Solo-cimento – Compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- i) DNER-ME 202: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- j) DNER-ME 216: Solo-cimento – Determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.

k) DNER-PRO 273: Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD) – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.

- l) DNER-PRO 277: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- m) DNIT 011-PRO: Gestão da qualidade em obras rodoviárias – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- n) DNIT 070-PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- o) DNIT 136-ME: Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- p) DNIT 144-ES: Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR.
- q) DNIT 145-ES: Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR.
- r) DNIT 181-ME: Pavimentação – Material estabilizado quimicamente – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- s) DNIT 183-ME: Pavimentação asfáltica – Ensaio de fadiga por compressão diametral a tensão controlada – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- t) DNIT xxx-ME: Pavimentação – Solo-cimento – Dosagem físico-química de solo-cimento – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- u) DNIT yyy-ME: Pavimentação – Misturas asfálticas – Densidade *in situ* usando densímetro não nuclear – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- v) NBR 16372 – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine).
- w) NBR 16697 - Cimento Portland – Requisitos.

3. Definições

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

3.1 Base

Camada de um pavimento destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os

adequadamente à camada subjacente, executada sobre o subleito, devidamente regularizada e compactada.

3.2 Sub-base

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

3.3 Solo-cimento

Material proveniente de mistura de solo, com ou sem adição de material granular, cimento e água, em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório, como, por exemplo, o método prescrito na norma DNIT xxx/2018-ME (dosagem físico-química de solo-cimento), de forma a apresentar determinadas características de resistência à tração, deformabilidade elástica, fadiga e durabilidade previstas no projeto de dimensionamento do pavimento.

3.4 Base ou sub-base de solo-cimento

Camada de base ou sub-base obtida mediante a utilização de solo-cimento devidamente compactada e submetida a adequado processo de cura. Base ou sub-base de solo-cimento é o produto endurecido resultante da cura úmida da mistura homogênea compactada de solo, com ou sem material granular, cimento Portland e água, em proporções estabelecidas em projeto e definidas por dosagem experimental em laboratório.

4 Condições gerais

- Não deve ser permitida a execução dos serviços, objeto desta norma, em dias de chuva.
- 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 da quantidade do seu conteúdo.
- 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.
- Antes da execução dos serviços deve ser implantada a adequada sinalização de obra, visando à segurança do tráfego no segmento rodoviário, e efetuada sua manutenção permanente durante a execução dos

serviços. Atenção especial deve ser dispensada para a segurança do tráfego na operação do sistema siga/pare.

5 Condições específicas

5.1 Material

5.1.1 Cimento Portland

Deve obedecer às exigências da norma DNER-EM 036/95 juntamente com as da norma NBR 16697:2018. Deve ser do mesmo tipo usado no projeto de dosagem do solo-cimento.

5.1.2 Água

Deve 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 camada de solo-cimento devem ser provenientes de ocorrências de materiais, com ou sem mistura de material granular, devendo apresentar as características, quando submetidos aos ensaios prescritos na norma DNER-ME 080/94, de acordo com a Tabela 1. Quanto mais granular o material, menor o teor de cimento necessário para atingir as características mecânicas pretendidas. A faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer às tolerâncias indicadas pelo projeto.

Tabela 1: Característica granulométrica do solo, ou mistura de solo e material granular, para uso em solo-cimento.

Peneiras		Porcentagem
	mm	(%)
2"	50,80	100
Nº 4	4,75	50 a 100
Nº 40	0,425	15 a 100
Nº 200	0,075	5 a 35

5.1.4 Dosagem

A mistura de solo-cimento deve ser dosada conforme os critérios estabelecidos em projeto, onde a porcentagem de

cimento a ser incorporada ao solo deve sempre ser determinada em relação à massa de solo seco. Pode ser usado o método de ensaio físico-químico (norma DNIT xxx/2018-ME) para estimar o teor de cimento, verificando se atende aos requisitos de resistência à compressão simples, de resistência à tração, de módulo de resiliência e de fadiga definidos pelo projeto de dimensionamento.

5.2 Equipamento

5.2.1 Execução de base ou sub-base de solo-cimento

Para execução de base ou sub-base de solo-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) Sapo mecânico;
- g) Rolo vibratório portátil;
- h) Central de mistura, com capacidade adequada à obra.
- i) Recicladora;
- j) Carro distribuidor de cimento

5.2.2 Central de mistura

Deve ser constituída essencialmente dos componentes:

- a) Silos - geralmente para cimento e solo, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento;
- b) Transportadores de esteira - 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, 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 aos seus movimentos, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo em que os faz avançar até a saída do equipamento;

d) Reservatório de água e canalizações - permitindo depositar e espargir a água sobre o solo, no processo de mistura;

e) Equipamento de carga de caminhões - constituído de um silo, abastecido por transportador de correia ou elevador de canecas e 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-cimento deve ser preparada em centrais de mistura, empregando-se materiais de ocorrências de solos granulares ou solos arenosos finos, objetivando vantagens técnicas e econômicas na dosagem e na homogeneização da mistura solo, cimento e água;

b) 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 espalhada com as devidas precauções e de modo que, após a compactação, apresente a espessura, o greide longitudinal e a seção transversal de projeto. O solo ou a mistura de solo e material granular, na central, deve sofrer um processo de pulverização eficiente que garanta não ter grumos. Ao final deste processo deve ser exigido que do total passante na peneira de 4,8 mm no ensaio de laboratório, no mínimo 80 % continue passando;

c) O transporte da mistura pronta deve ser feito em caminhões basculantes ou outro veículo apropriado, tomando-se precaução para que não haja perda de 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, não excedendo 3 horas, caso não seja utilizado aditivo retardador de pega;

e) O segmento que irá receber a mistura de solo-cimento deve estar preparado no que se refere à drenagem, nivelamento e seção transversal fixados no projeto;

f) O equipamento de compactação deve ter dimensões, forma e peso adequados, para obtenção da massa específica aparente máxima prevista para a

mistura compactada. O andamento das operações deve ser estabelecido, de modo que a faixa em execução seja uniformemente compactada em toda a sua largura;

g) A compactação de solos arenosos ou pouco argilosos deve ser feita, de preferência, com o emprego de rolos pneumáticos que assegurem a obtenção da massa específica aparente seca máxima indicada no projeto, em toda a espessura da camada compactada;

h) A compactação de solos arenosos ou pouco argilosos pode, também, ser feita com o emprego de rolos lisos;

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 com os equipamentos disponíveis e não deve ser nunca menor que 10 cm, após compactação;

j) 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, sendo permitidas adições de água, se preciso for, e nova homogeneização com equipamento adequado deve ser realizada;

k) Antes da fase final de compactação, caracterizada pela existência de certa quantidade de material solto superficial, deve ser feita a conformação do segmento ao greide, declividade e ao abaulamento desejados, com o emprego de equipamento adequado;

l) Após a conclusão da compactação, deve ser feito o acerto final da superfície, de modo a satisfazer o projeto, pela eliminação de saliências, com o emprego da motoniveladora. Não deve ser permitida a correção de depressões pela adição de material. A superfície da base deve ser comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas;

m) O grau de compactação deve ser, no mínimo, 100 % em relação à massa específica aparente seca, máxima, obtida por meio do método de ensaio DNER-ME 216/94, na energia de compactação definida no projeto;

n) A mistura de solo-cimento deve apresentar o valor de resistência à compressão aos 7 (sete) dias (norma DNER-ME 201/94) definida no projeto, em correlação com os outros ensaios mecânicos, em corpos de prova moldados segundo o prescrito no método de ensaio da norma DNER-ME 202/94 para o controle construtivo. Este

valor da resistência à compressão é um valor mínimo, devendo ser obtido, na dosagem, um valor médio que conduza àquele resultado durante a fase de execução, tendo em vista a dispersão encontrada;

o) A mistura de solo-cimento deve apresentar valores de resistência à tração, de acordo com o método de ensaio DNIT 136/2018-ME, de módulo de resiliência, segundo à norma DNIT 181/2018-ME e de fadiga, conforme a norma DNIT 183/2018-ME ou equivalente aos 7 (sete) dias e aos 28 dias, de acordo com o estabelecido no projeto de dimensionamento do pavimento. Estes valores podem ser verificados com maior espaçamento em relação à resistência a compressão simples, conforme definido pelo projetista e a Fiscalização;

p) Todo trecho, logo após a sua execução, de acordo com esta norma, deve ser 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 de sistema eficiente de impermeabilização;

q) A cobertura deve ser aplicada o mais cedo possível, após a conclusão da base. A base deve ser mantida úmida até a colocação da cobertura;

r) Todo trecho acabado, que venha a ser transitado por equipamento destinado à construção de trechos adjacentes, deve ser continuamente recoberto com, pelo menos, quinze centímetros de solo, de modo a impedir qualquer estrago na superfície concluída;

s) A cura será realizada utilizando as técnicas previstas na norma DNIT 144/2014-ES: Pavimentos asfálticos – Imprimação com ligante asfáltico ou DNIT 145/2012-ES: Pavimentos asfálticos – Pintura de ligação, conforme o tipo do material;

t) A pintura de proteção só pode ser usada como pintura de ligação se, por ocasião da aplicação do revestimento asfáltico, houver condições de cumprir os requisitos necessários e estiver livre de pó ou material estranho;

u) Não deve ser permitido o tráfego de maquinaria pesada sobre os trechos recém terminados, devendo ser excluídos da proibição os veículos de rodas pneumáticas para transporte de água ou cimento e outros cujo tráfego pode ser permitido, desde que a superfície tenha endurecido suficientemente, de modo a evitar estragos, e

nela tenha sido feita a proteção a que se refere a alínea “r” desta subseção;

v) Os trechos terminados podem ser abertos ao tráfego, transcorrido o período de sete dias de cura, e uma vez verificado que a superfície endureceu suficientemente após ser liberada pelo controle de deflexão, sendo garantidas as condições de cura sem perda de umidade.

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, devem ser obedecidas as fases de execução seguintes:

a) Preparo da faixa

– Antes de iniciar o preparo da faixa, a drenagem deve estar concluída;

– A faixa deve estar nivelada e preparada, de modo a atender ao projeto;

– Todo material impróprio deve ser removido ou substituído, de acordo com o projeto.

b) Pulverização e homogeneização do solo

O processo de pulverização deve ser eficiente, para garantir não ter grumos no solo. Ao final deste processo deve ser exigido que, do total passante na peneira de 4,8 mm no ensaio de laboratório, no mínimo 80 % continue passando.

c) Distribuição de cimento

Regularizado o solo pulverizado, de modo a apresentar aproximadamente a seção transversal projetada, o cimento Portland, nas quantidades especificadas, deve ser distribuído uniformemente na superfície. Essa operação pode ser realizada pela distribuição dos 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 com carro distribuidor de cimento.

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

Imediatamente após a distribuição, o cimento deve ser misturado com o solo pulverizado, em toda a espessura da camada. A mistura deve ser repetida continuamente pelo tempo necessário para assegurar completa, uniforme

e íntima mistura do solo com o cimento, até que seja conseguida tonalidade uniforme em toda a espessura.

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

d) Umedecimento

– A adição de água deve 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 à operação de revolvimento, para evitar acúmulo na superfície;

– Esta operação deve ser feita sem interrupção e a incorporação completa da quantidade total de água deve estar terminada, no máximo, dentro de três horas;

– Terminada a incorporação de água, pode ser tolerada na mistura a umidade compreendida entre 0,9 a 1,1 vezes a determinada para o trecho, no ensaio de compactação.

e) Compactação, proteção e cura

Após a compactação, deve-se executar a proteção e cura de maneira idêntica à subseção 5.3.1, alíneas “o”, “p” e “q”.

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 do empreendimento, o estudo ambiental (EIA ou outro), os Programas Ambientais pertinentes do Plano Básico Ambiental – PBA e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais.

7 Inspeções

7.1 Controle dos insumos

Os materiais utilizados na execução da base ou sub-base devem ser rotineiramente examinados, mediante os procedimentos descritos nas subseções seguintes:

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. Deve ser o mesmo tipo de cimento que foi usado no projeto de dosagem do solo-cimento.

b) Antes de usado, tanto na central da mistura quanto no espalhamento na pista, devem ser executados na obra ensaios de determinação de finura, de acordo com a norma NBR 16372:2015 (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 qualidade do cimento.

c) O resíduo retido na peneira n° 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 o ensaio de caracterização prescrito na norma DNER-ME 080/94, a fim de verificar se estão de acordo com o projeto de mistura e as tolerâncias especificadas em projeto quanto à granulometria.

A frequência indicada para a execução de ensaios deve ser de 100 em 100 m de pista.

O número mínimo de ensaios ou determinações por camada e por segmento (área inferior a 4000 m²) é de 5.

7.2 Controle da execução

O controle da execução da camada de solo-cimento deve ser exercido por meio de coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória, de acordo com o Plano de Amostragem (vide subseção 7.4). Devem ser efetuadas as seguintes determinações e ensaios:

7.2.1 Preparo da mistura solo-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 por meio de peneiramento na peneira n° 4.

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 seca máxima (norma DNER-ME 216/94);
- determinação do teor de umidade depois da adição da água e homogeneização da mistura (normas DNER-ME 052/94 e DNER-ME 088/94).

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 devem ser verificados aleatoriamente:

- a) imediatamente antes da compactação
- determinações do teor da umidade da mistura (normas DNER-ME 052/94 e DNER-ME 088/94), para verificação do atendimento do teor de umidade de projeto;
 - ensaios de compactação e moldagem de corpos de prova cilíndricos, para determinação da resistência à compressão simples, e de resistência à tração após 7 dias de cura (normas DNIT 136/2018-ME, DNER-ME 201/94 e DNER-ME 202/94), 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 (normas DNER-ME 092/94, DNER-ME 036/94 ou DNIT yyy/2018-ME), que deve ser ≥ 100 %.

7.3 Verificação do produto

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

Após a execução da base deve ser realizado o controle geométrico e o controle deflectométrico, mediante a relocação e o nivelamento do eixo e bordas, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- a) até 10 cm em excesso quanto à largura da plataforma, não sendo permitida largura inferior à indicada no projeto geométrico;

- b) até 20 % em excesso para a flecha de abaulamento, ou até 0,5 % em excesso para a declividade transversal de caimento simples, não se tolerando falta nos 2 casos;
- c) $\pm 10 \%$, quanto à espessura da camada indicada no projeto.
- d) deve ser realizado o controle construtivo por deflexão, após, no mínimo, sete dias de cura, antes da construção da próxima camada, para verificar o atendimento ao valor previsto no projeto de dimensionamento. A deflexão característica de cada sub-trecho ou segmento, para o número mínimo de 15 determinações, deve ser comparada com a estabelecida em projeto. As deflexões podem ser medidas com a Viga Benkelman (norma DNER-ME 024/94) ou com FWD (norma DNER-PRO 273/96), a cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, para determinar a deflexão máxima (D_0). O Controle Unilateral deve ser aplicado:

$$X = D_{\text{médio}} + KS \leq \text{LSE}$$

Onde:

X – deflexão característica do segmento;

K – valor tabelado conforme o número de medidas;

S – desvio padrão;

LSE – limite superior especificado no projeto.

7.4 Plano de amostragem – Controle tecnológico

O número e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle da execução e do produto devem ser estabelecidos segundo um Plano de Amostragem previamente apresentado pela executante e 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 à execução e ao produto, realizados de acordo com o Plano de Amostragem citado na subseção 7.4, devem cumprir as Condições Gerais e Específicas descritas nas seções 4 e 5 desta Norma e estar de acordo com os critérios seguintes, sendo que os insumos devem atender às condições descritas nas seções 4 e 5 e na subseção 7.1.

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

- a) Condições de conformidade:

$$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado};$$

$$\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado}.$$

- b) Condições de não conformidade:

$$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado};$$

$$\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado}.$$

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, de acordo com a Tabela 1 – Amostragem Variável, da norma DNER-PRO 277/97

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 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 disposições a seguir:

8.1 A camada de base ou sub-base deve ser medida em metros cúbicos de material compactado na pista.

8.2 No cálculo dos valores dos volumes da camada de base ou sub-base, devem ser consideradas as larguras e as espessuras médias obtidas no controle geométrico.

8.3 Não podem ser considerados quantitativos de serviços superiores aos indicados no projeto.

8.4 Na medição dos serviços (subseção 8.1) devem estar 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 de cimento.

_____/Anexo A

Anexo A (Informativo) - Bibliografia

- a) 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).
- b) _____. *Manual de restauração de pavimentos asfálticos*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 720).
- c) BECHARA, M. F. et al. Propriedades mecânicas de misturas de solo-cimento com solo laterítico e solo não laterítico. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 24., 2010, Salvador. Rio de Janeiro: ANPET, 2010. p. 1-12.
- d) BERNUCCI, L. B. et al. Estudo comparativo de bases de pavimentos por meio de trechos monitorados: efeito da adição de cimento In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 40., 2010, Salvador. *Anais...* Rio de Janeiro: ABPv, 2010.
- e) CERATTI, J. A. P. *Estudo do comportamento à fadiga de solos estabilizados com cimento para uso em pavimentação*. 1991. 314p. Tese (Doutor em Ciências em Engenharia Civil)-Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991. Disponível em: http://objdig.ufrj.br/60/teses/civil/coppe_d/JorgeAugustoPereiraCeratti.pdf. Acesso em: 27 ago. 2018.
- f) ENAMORADO, M. A. *Estudo comparativo entre o método mecânico e o método físico-químico para dosagem de solo-cimento*. 1990. 112p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil)-Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990. Disponível em: < http://objdig.ufrj.br/60/teses/civil/coppe_m/MarcioAlvaradoEnamorado.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- g) SANBONSUGE, K. et al. Efeito da umidade inicial e do tempo de cura nas propriedades mecânicas de misturas solo-cimento. *Revista Transportes*, São Paulo; v. 25, n. 4, p. 68-82, 2017. Disponível em: < <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1257>>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- h) PARANÁ. Departamento de Estradas de Rodagem. *DER/PR ES-P 11/18: Pavimentação: Solo-cimento e solo tratado com cimento*. Curitiba, 2018. Disponível em: < http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/ESP1118SOLO_CIMENTOESOLOTRATADOCOMCIMENTO.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- i) PARENTE, E. B.; PARREIRA, A. B.; SOARES, J. B. Avaliação do comportamento mecânico de um solo laterítico e de outro não laterítico estabilizados com cimento. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 16., 2002, Natal. *Panorama Nacional de Pesquisa em Transportes 2002: Anais...* Rio de Janeiro: ANPET, 2002. p. 95-107. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/J_Soares/publication/242243712_AVALIACAO_DO_COMPORTEAMENTO_MECANICO_DE_UM_SOLO_LATERITICO_E_DE_OUTRO_NAO_LATERITICO_ESTABILIZADO_S_COM_CIMENTO/links/00b4952bdb9111ddce000000/AVALIACAO-DO-COMPORTAMENTO-MECANICO-DE-UM-SOLO-LATERITICO-E-DE-OUTRO-NAO-LATERITICO-ESTABILIZADOS-COM-CIMENTO.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2018.
- j) SÃO PAULO (Estado). Departamento de Estradas de Rodagem. *ET-DE-P00/004: Sub-base ou base de solo-cimento*. São Paulo, 2006. Disponível em: < ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/ET-DE-P00-004_A.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2018.

Índice geral

Abstract		1	Execução de base de		
Água	5.1.2	3	Solo-cimento	5.2.1	4
Anexo A (Informativo) – Bibliografia		10	Índice geral		11
Base	3.1	2	Inspeções	7	6
Base ou sub-base			Material	5.1	3
de solo-cimento	3.4	3	Mistura em central	5.3.1	4
Central de mistura	5.2.2	4	Mistura na pista	5.3.2	6
Cimento	7.1.1	7	Objetivo	1	2
Cimento Portland	5.1.1	3	Plano de amostragem –		
Compactação da mistura			Controle tecnológico	7.4	8
de solo-cimento na pista	7.2.2	7	Prefácio		1
Condicionantes ambientais	6	6	Preparo da mistura		
Condições de conformidade			solo-cimento	7.2.1	7
e não-conformidade	7.5	8	Referências normativas	2	2
Condições específicas	5	3	Resumo		1
Condições gerais	4	3	Solo	5.1.3	3
Controle da execução	7.2	7	Solos	7.1.2	7
Controle dos insumos	7.1	6	Solo-cimento	3.3	3
Critérios de medição	8	9	Sub-base	3.2	3
Definições	3	2	Sumário		1
Dosagem	5.1.4	3	Tabela 1 – Características do solo		3
Equipamento	5.2	4	Verificação do produto	7.3	7
Execução	5.3	4			