



MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA-GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS EM
TRANSPORTES
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília – DF – CEP 70040-902
Tel./fax: (61) 3315-4831

MAIO 2022

NORMA DNIT 143/2022 – ES

Pavimentação – Base de solo-cimento – Especificação de serviço

Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

Processo: 50600.030737/2019-84

Origem: Revisão da norma DNIT 143/2010 – ES

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 26/04/2022.

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

Nº total de páginas

13

Resumo

Este documento estabelece a sistemática a ser empregada na execução da camada de base de pavimento utilizando uma mistura de solo-cimento. São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, condicionantes ambientais, controle da qualidade, plano de amostragem, condições de conformidade e não conformidade e os critérios de medição dos serviços.

Abstract

This document establishes the systematic to be used in the execution of a base pavement layer construction, using a mixture of soil-cement. Requirements related to materials, equipment, execution, environmental conditioners, quality control, sampling plan, compliance and non-conformity conditions and services measurement criteria are also presented.

Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Definições.....	2
4 Condições gerais.....	3
5 Condições específicas.....	3
6 Condicionantes ambientais.....	7

7 Inspeções.....	7
8 Critérios de medição.....	10
Anexo A (Normativo) – Amostragem Variável.....	11
Anexo B (Informativo) – Bibliografia.....	12
Índice geral.....	13

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR/DPP, para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática empregada na execução da camada de base, quando utilizado solo-cimento. Trata-se de revisão de norma, procedente dos estudos e pesquisas realizados no âmbito do Termo de Execução Descentralizada – TED nº 682/2014 firmado com a COPPE/UFRJ, para elaboração 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 estabelece a sistemática a ser empregada na execução de uma camada de base, quando empregado solo-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) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER – EM 036/95: Cimento Portland – Recebimento e aceitação.
- b) _____. DNER – ME 024/94: Pavimento – Determinação das deflexões pela Viga Benkelman.
- c) _____. DNER – ME 036/94: Solo – Determinação da massa específica aparente, “*in situ*”, com emprego do balão de borracha.
- d) _____. DNER – ME 052/94: Solos e agregados miúdos – Determinação da umidade com emprego do “*Speedy*”.
- e) _____. DNER – ME 080/94: Solos – Análise granulométrica por peneiramento.
- f) _____. DNER – ME 088/94: Solos – Determinação da umidade pelo método expedito do álcool.
- g) _____. DNER – ME 092/94: Solo – Determinação da massa específica aparente “*in situ*”, com emprego do frasco de areia.
- h) _____. DNER – ME 201/94: Solo-cimento – Compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos.
- i) _____. DNER – ME 202/94: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos.
- j) _____. DNER – ME 216/94: Solo-cimento – Determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente.
- k) _____. DNER – PRO 273/96: Determinação de deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD)”.
- l) _____. DNER – PRO 277/97: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços.
- m) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 011 – PRO: Gestão da qualidade em obras rodoviárias – Procedimento.
- n) _____. DNIT 013 – PRO: Requisitos para a qualidade na execução de obras rodoviárias – Procedimento.
- o) _____. DNIT 070 – PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento.
- p) _____. DNIT 144 – ES: Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico – Especificação de serviço.
- q) _____. DNIT 145 – ES: Pavimentação – Pintura de ligação com ligante asfáltico – Especificação de serviço.
- r) _____. DNIT 165 – EM: Emulsão asfáltica para pavimentação – Especificação de material.
- s) _____. DNIT 181 – ME: Pavimentação – Material estabilizado quimicamente – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio.
- t) _____. DNIT 414 – ME: Pavimentação – Solo-cimento – Dosagem físico-química de solo-cimento – Método de ensaio.
- u) _____. DNIT 417 – ME: Solos – Controle de Compactação com Equipamento Densímetro Eletromagnético – Método de ensaio.
- v) _____. DNIT 434 – ME: Pavimentação – Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada em camadas estabilizadas quimicamente – Método de ensaio.
- w) _____. ABNT NBR 16372:2015 – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine).

3 Definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições:

3.1 Base

Camada de um pavimento, sobre a qual será construído o revestimento, destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente às camadas subjacentes, executada sobre a sub-base,

subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado.

3.2 Solo-cimento

Material proveniente da mistura de solo (com ou sem adição de material granular), cimento e água, em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem, de forma que o teor selecionado promova aumento de rigidez no material, melhorando suas características de resistência à tração, deformabilidade elástica, fadiga e durabilidade. Os teores de cimento para a mistura de solo-cimento usualmente estão situados na faixa de 5 % a 8 %, em massa, em relação à massa total seca da mistura. Pode haver variações neste teor a depender do tipo de solo e de acordo com a definição de projeto. O método descrito na norma DNIT 414 – ME pode ser empregado para obtenção de uma estimativa dos teores de cimento para cada solo.

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 na norma DNER – EM 036/95, prazo de validade e data de fabricação, a indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo. O tipo de cimento deve ser o mesmo utilizado na dosagem.
- c) É responsabilidade do executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los.
- d) Para correta execução da camada e adequado acompanhamento dos serviços, deverá ser previamente executado um segmento experimental para avaliar a dosagem da mistura e o atendimento às definições de projeto. Se aprovado pela fiscalização, os procedimentos adotados deverão ser replicados em toda a execução do segmento.
- e) Na hipótese de rejeição dos serviços executados no segmento experimental, este deverá ser refeito, ajustando-se os procedimentos adotados, até que os

parâmetros em análise estejam adequados.

- f) Antes da execução dos serviços deve ser implantada a sinalização adequada da obra, visando a segurança do tráfego, devendo ser efetuada sua manutenção permanente durante a execução dos serviços. Atenção especial deve ser dada para a segurança do tráfego na operação do sistema siga/pare.

NOTA 1: O DNIT dispõe de um Manual de Sinalização de Obras e Emergências em Rodovias (Publicação IPR – 738), o qual pode ser consultado, se necessário.

5 Condições específicas

5.1 Materiais

5.1.1 Cimento Portland

Deve obedecer às exigências das normas DNER – EM 036/95.

5.1.2 Água

É satisfatório o uso de água potável, devendo ser isenta de materiais nocivos, como sais solúveis, ácidos, álcalis ou matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

5.1.3 Solo

Os solos, com ou sem adição de material granular, empregados na execução de base de solo-cimento, devem ser provenientes de ocorrências de materiais, devendo apresentar as características definidas na fase de projeto. Os agregados eventualmente retidos na peneira nº 10, quando submetidos aos ensaios prescritos na norma DNER – ME 080/94, devem ser constituídos de partículas duras e duráveis, isentos de fragmentos moles, alongados ou achatados, de matéria vegetal ou outra substância prejudicial.

Para a seleção inicial de um solo e/ou material granular para compor a mistura de solo-cimento, devem ser atendidas as condições granulométricas indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Característica granulométrica do solo, ou mistura de solo e material granular

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

5.2 Mistura de solo-cimento

A combinação do solo ou material selecionado na fase de projeto e os teores de cimento e de água, definidos na dosagem, devem proporcionar melhoria substancial de rigidez no solo puro que justifique seu emprego, tendo ainda que atender aos seguintes requisitos, de acordo com o especificado em projeto:

- a) Projeto com análise mecanicista:
 - Módulo de Resiliência (MR) (DNIT 181 – ME);
 - Fadiga (DNIT 434 – ME).
- b) O parâmetro a seguir deve ser atendido, caso o projeto tenha sido dimensionado pelo método empírico:
 - Resistência à compressão simples aos sete dias \geq 21 kg/cm² ou 0,21 MPa (DNER – ME 201/94).

5.3 Equipamentos

5.3.1 Execução de base de solo-cimento

São indicados os seguintes equipamentos:

- a) Motoniveladora com escarificador.
- b) Pulvimisturador.
- c) Trator de esteiras ou pneumático.
- d) Caminhão-tanque distribuidor de água.
- e) Rolos compactadores autopropulsados dos tipos pé-de-carneiro, corrugados, liso, liso-vibratório e

pneumático.

- f) Central de mistura de capacidade adequada à obra.
- g) Rolo vibratório portátil ou sapo mecânico.
- h) Recicladora.
- i) Caminhão distribuidor de cimento.

5.3.2 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 a produção contínua da mistura.
- 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, 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 em que os faz avançar até a saída do equipamento.
- d) Reservatório de água e canalizações que permitam depositar e pulverizar 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 a mistura por gravidade.

5.4 Execução

5.4.1 Mistura em central

- a) A mistura de solo-cimento deve ser preparada em centrais de mistura, empregando materiais de ocorrências, objetivando as vantagens técnicas e econômicas na dosagem e homogeneização da mistura.

- b) O solo, ou a mistura de solo e material granular, deve sofrer um processo de pulverização eficiente que garanta a ausência de grumos. Ao final deste processo, exige-se que no mínimo 80 % do material seja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8 mm.
- 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 espalhada, umedecida, se necessário, 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-cimento deve estar preparada no que se refere à drenagem, nivelamento e seção transversal, conforme fixados no projeto.

5.4.2 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
 - 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 local ou de empréstimo

O processo de pulverização deve ser eficiente, para garantir a ausência de grumos no solo. Ao final deste processo, exige-se que no mínimo 80 % do material seja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8 mm.

- c) Distribuição de cimento, preferencialmente através de processos mecânicos

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 transversais e longitudinalmente, assegurando posterior espalhamento uniforme do cimento na superfície do solo, na área correspondente a cada subtrecho, ou a granel, por processo mecânico com caminhão 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.

NOTA 2: Recomenda-se o uso de distribuidor de cimento com controlador de dosagem eletrônico, para garantir que o teor de cimento, especificado em projeto, seja adicionado à mistura.

- d) Preparo da mistura de solo-cimento utilizando o equipamento de pulverização e homogeneização

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.

- e) Umedecimento e homogeneização

A adição de água deve ser feita progressivamente, não sendo aconselhável que em cada passada do caminhão-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.

5.4.3 Espalhamento

O material deve ser distribuído e homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora, em quantidade suficiente para obtenção da espessura da camada compactada definida em projeto. No decorrer desta etapa, devem ser removidos materiais estranhos ou fragmentos de tamanho excessivo.

5.4.4 Correção e homogeneização da umidade

A variação do teor de umidade admitido para o material no início da compactação é de +/- 1 % da umidade ótima de compactação. Caso o teor de umidade esteja abaixo do limite mínimo especificado, deve ser procedido o umedecimento da camada com caminhão-tanque distribuidor de água, seguido da 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 da grade de discos e da 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 especificada após a compactação.

5.4.5 Compactação

Encerrada a fase de mistura, é realizada a compactação da camada de base de acordo com a seção especificada em projeto.

No segmento experimental realizado na fase inicial da obra, devem ser verificadas diferentes formas de compactação de modo a definir os procedimentos a serem obedecidos no decorrer da obra.

Nesta fase, deve-se estabelecer o número de passadas necessárias dos rolos compactadores para atingir o grau de compactação especificado e, sempre que houver variação no material ou equipamento empregado, deve ser realizada nova determinação.

O tempo decorrido entre a adição da água na mistura de solo-cimento e o início do espalhamento não deve ser superior a 1 hora, a menos que, a critério da fiscalização, e devidamente comprovado por ensaios, constate-se a possibilidade de aumentar este tempo. Em qualquer hipótese, o limite máximo de tempo entre a adição da água e o final da compactação deve ser de 3 horas.

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 do eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado devem distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja recoberta 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 base em construção, a compactação deve ser executada transversalmente ao 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 caminhão-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.

5.4.6 Espessura da camada compactada

A camada compactada deve ter espessura no intervalo entre 10 cm e 20 cm. Quando houver necessidade de se executar camadas de base com espessura final superior a 20 cm, estas devem ser subdivididas em camadas parciais, sendo 10 cm a espessura mínima permitida após compactação, para as camadas subdivididas. Nesta fase, devem ser tomados os cuidados necessários para evitar a adição de material na fase de acabamento.

5.4.7 Acabamento

O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora e de rolos compactadores. A

motoniveladora deve atuar, quando necessário, exclusivamente em operação de corte, sendo vetada a correção de depressões por adição de material.

5.4.8 Juntas de construção

As juntas transversais de construção devem ser executadas para assegurar a eficiência e o bom acabamento da camada, quando for necessário interromper a execução da base de solo-cimento, para posterior retomada do serviço.

As juntas longitudinais de construção devem ser evitadas. A camada de base de solo-cimento deve ser executada em etapa única, abrangendo toda a largura da pista.

5.4.9 Cura

Logo após a execução da camada, a base de solo-cimento deve ser submetida a um processo de cura, devendo ser protegida da perda rápida de umidade, por pelo menos sete dias, antes da execução da camada de revestimento.

A cura deve ser realizada com Emulsão Asfáltica RR-2C ou Emulsão Asfáltica para Imprimação – EAI, as quais devem estar em conformidade com a norma DNIT 165 – EM, seguindo as técnicas previstas na norma DNIT 144 – ES: Pavimentação – Imprimação com ligante asfáltico.

Para a pintura de cura, sugere-se uma taxa de aplicação à razão de 0,6 l/m² quando utilizada emulsão RR-2C, e para o uso de EAI, recomenda-se uma razão entre 0,9 l/m² e 1,7 l/m². Em ambos os casos, a taxa deve ser confirmada no segmento experimental, ou pode ser alterada, desde que também adequadamente avaliada no segmento e autorizada pela Fiscalização.

A emulsão asfáltica deve ser aplicada com caminhão espargidor, devendo ser executada sobre a superfície limpa com jatos de ar comprimido e suficientemente umedecida. O material deve ser aspergido na temperatura adequada e em uma única aplicação.

Antes da execução do revestimento, deve ser feita a pintura de ligação, de acordo com os procedimentos descritos na norma DNIT 145 – ES.

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.

5.4.10 Abertura ao tráfego

A base de solo-cimento não deve ser submetida à ação do tráfego até ser liberada pelo controle de deflexão, sendo garantidas as condições de cura sem perda de umidade.

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 – PRO, e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de Engenharia – PE, o Estudo de Impacto 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 devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

- 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) O cimento a ser utilizado na obra deve ser obrigatoriamente do mesmo tipo utilizado na dosagem do solo-cimento.
- c) Antes de utilizado, tanto na central de mistura quanto no espalhamento na pista, devem ser executados, na obra, ensaios de determinação de finura (ABNT NBR 16372:2015), a fim de verificar se o cimento não está empedrado. A frequência destes ensaios é de, no mínimo, um ensaio por dia de trabalho, ou sempre que houver dúvidas sobre a sanidade do cimento.

d) 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 %.

7.2 Controle da mistura

Para garantir que o material a ser aplicado em campo atenda aos parâmetros definidos em projetos com análise mecanicista, antes do início da obra ou se houver mudança significativa dos materiais, devem ser realizados os ensaios seguintes na mistura:

- um ensaio de módulo de resiliência, em triplicata (DNIT 181 – ME);
- um ensaio de fadiga (DNIT 434 – ME).

Os valores obtidos nestes ensaios não devem variar de forma significativa daqueles obtidos na fase de projeto.

NOTA 3: Deverá ser avaliada a sensibilidade do módulo de resiliência em relação à variação de umidade. Na hipótese de redução significativa no parâmetro de rigidez, deverá ser solicitada avaliação da Supervisora e/ou Projetista.

7.3 Controle da execução

O controle da execução da camada de base de solo-cimento deve ser exercido mediante a coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória, e controle deflectométrico, de acordo com o Plano de Amostragem (vide 7.5). Devem ser efetuadas as seguintes determinações e ensaios:

7.3.1 Preparo da mistura de solo-cimento

Tanto na mistura em central 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;
 - determinações do teor de umidade do solo (DNER – ME 052/94, DNER – ME 088/94).

b) Depois da adição do cimento:

- verificação da quantidade do cimento incorporada (por peso ou volume).

7.3.2 Compactação da mistura de solo-cimento

Tanto para a mistura fabricada e transportada da central quanto para a mistura realizada na pista e manipulada nas mesmas condições, devem ser verificadas de maneira aleatória:

- a) Imediatamente antes da compactação:
- determinações do teor de umidade da mistura (DNER – ME 052/94 e DNER – ME 088/94) e, se necessário, executar leve correção de umidade durante o processo executivo, para atendimento ao teor de umidade do projeto.
 - ensaios de compactação e moldagem de corpos de prova na energia normal (DNER – ME 202/94) ou outra energia, se especificado em projeto.
 - ensaio de módulo de resiliência, em triplicata (DNIT 181 – ME), se especificado em projeto, a cada segmento de 1500 m de pista e/ou a confirmação de módulo de resiliência com equipamentos de campo devidamente calibrados (nesse caso a avaliação deve ser realizada após a compactação e ser aceita pela fiscalização).
 - ensaio de fadiga (DNIT 434 – ME), se especificado em projeto, a cada segmento de 2500 m de pista.

NOTA 4: O espaçamento deverá ser reduzido caso ocorra variação significativa entre os resultados obtidos.

- ensaio de resistência à compressão simples (DNER – ME 201/94), se especificado em projeto, após 7 dias de cura, a cada segmento de 1500 m de pista.

b) Após a compactação:

- determinação da massa específica aparente “*in situ*” na pista compactada, para o cálculo do Grau de Compactação (DNER – ME 092/94, DNER – ME 036/94 ou DNIT 417 – ME).

NOTA 5: 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.

NOTA 6: Quando utilizado densímetro eletromagnético, deverá ser realizada sua calibração, conforme indicado na norma DNIT 417 – ME, a fim de obter resultado adequado na análise da camada de solo melhorado com cimento.

7.3.3 Controle construtivo por deflexão

Deverá 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 subtrecho ou segmento, para um número mínimo de 15 determinações, deve ser comparada àquela estabelecida em projeto. As deflexões podem ser medidas com a Viga Benkelman (DNER – ME 024/94) ou com o FWD (DNER – PRO 273/96), a cada 20 m por faixa alternada e a cada 40 m na mesma faixa para determinar a deflexão máxima (D_0). O Controle Unilateral deve ser aplicado conforme equação 1:

$$Dc = D_{0_{\text{médio}}} + kS \leq LSE \quad (1)$$

Onde:

Dc é a deflexão característica do segmento, expressa em 10^{-2} mm;

$D_{0_{\text{médio}}}$ é a deflexão recuperável média dos valores individuais D_i levantados, expressa em 10^{-2} mm;

k é o coeficiente em função do número de determinações, conforme a Tabela A1 – Amostragem Variável (Anexo A);

S é o desvio padrão;

LSE é o limite superior de deflexão especificado no projeto, expresso em 10^{-2} mm.

7.4 Verificação do produto

A verificação final da qualidade da camada de base de solo-cimento deve ser exercida através das

determinações executadas de acordo com o Plano de Amostragem (vide 7.5) e a norma DNIT 013 – PRO.

Após a execução da camada de base deve ser realizado o controle geométrico, mediante a relocação e 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) ± 10 %, quanto à espessura da camada indicada no projeto.

7.5 Plano de amostragem – Controle tecnológico

O número e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico 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.

7.6 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 7.5, devem cumprir as Condições Gerais e Específicas desta norma, e estar de acordo com os critérios seguintes, sendo que os insumos devem atender a estas. 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:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Onde:

x_i são valores individuais;

\bar{X} é a média da amostra;

s é o desvio padrão da amostra;

k é o coeficiente em função do número de determinações, conforme a Tabela A1 – Amostragem Variável (Anexo A);

n é o 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 – 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 deverá 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 camada de base de solo-cimento deve ser medida em metros cúbicos, considerando o volume de material compactado na pista. Não devem ser motivos de medição em separado: mão-de-obra, materiais (inclusive o cimento), transporte, equipamentos e encargos, devendo estes serem incluídos na composição do preço unitário.
- b) No cálculo dos volumes da base, devem ser consideradas as larguras e as espessuras médias da camada obtidas no controle geométrico.
- c) Não devem ser considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto.

_____/Anexo A

Anexo A (Normativo) – Amostragem Variável

Tabela A1 – Amostragem Variável

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	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	0,13	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

_____/Anexo B

Anexo B (Informativo) – Bibliografia

- a) 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.
- b) 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. Rio de Janeiro: ABPv, 2010.
- 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 (IPR), Rio de Janeiro, 2006.
- d) _____. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 720).
- 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://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/135-1991/752-jorge-augusto-pereira-ceratti>. Acesso em: 10 de maio de 2022.
- f) DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. DER/PR ES-P 11/18. Pavimentação: Solo-cimento e solo tratado com cimento, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://www.der.pr.gov.br/Pagina/Especificacoes-de-Servicos-Rodoviaros>. Acesso em: 10 de maio de 2022.
- g) _____. DER ET-DE-P00/004. Sub-base ou base de solo-cimento, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Documentos/Tecnicas.aspx#>. Acesso em: 10 de maio de 2022.
- h) 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://www.coc.ufrj.br/pt/dissertacoes-de-mestrado/90-1990/628-marcio-alvarado-enamorado>. Acesso em: 10 de maio de 2022.
- 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_ESTABILIZADOS_COM_CIMENTO/links/00b4952bdb9111ddce000000/AVALIACAO-DO-COMPORTAMENTO-MECANICO-DE-UM-SOLO-LATERITICO-E-DE-OUTRO-NAO-LATERITICO-ESTABILIZADOS-COM-CIMENTO.pdf. Acesso em: 09 de maio de 2022.
- j) 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: 09 de maio de 2022.

Índice geral

Abertura ao tráfego	5.4.10 .. 7	Definições	3 2
Abstract	1	Equipamentos	5.3..... 4
Acabamento	5.4.7 6	Espalhamento.....	5.4.3..... 6
Água.....	5.1.2 3	Espessura da camada compactada	5.4.6..... 6
Anexo A (Normativo) - Amostragem Variável.....	11	Execução.....	5.4..... 4
Anexo B (Informativo) - Bibliografia.....	12	Execução de base de solo-cimento	5.3.1..... 4
Base	3.1 2	Índice geral	13
Central de mistura	5.3.2 4	Inspeções	7 7
Cimento Portland	5.1.1 3	Juntas de construção	5.4.8..... 7
Compactação	5.4.5 6	Materiais	5.1..... 3
Compactação da mistura de solo-cimento	7.3.2 8	Mistura em central	5.4.1..... 4
Condicionantes ambientais	6 7	Mistura na pista	5.4.2..... 5
Condições de conformidade e não conformidade	7.6 9	Mistura de solo-cimento.....	5.2..... 4
Condições específicas	5 3	Objetivo	1 1
Condições gerais	4 3	Plano de amostragem – Controle tecnológico	7.5..... 9
Controle construtivo por deflexão.....	7.3.3 9	Prefácio	1
Controle da execução	7.3 8	Preparo da mistura de solo-cimento	7.3.1..... 8
Controle da mistura	7.2 8	Referências normativas	2 1
Controle dos insumos.....	7.1 7	Resumo	1
Correção e homogeneização da umidade.....	5.4.4 6	Solo	5.1.3..... 3
Critérios de medição	8 10	Solo-cimento.....	3.2..... 3
Cura	5.4.9 7	Sumário	1
		Verificação do produto.....	7.4..... 9