

MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM
Solo-cimento - moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos

Norma rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 202/94
p. 01/07

RESUMO

Este documento, que é uma norma técnica, prescreve as condições requeridas para moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos de mistura de solo-cimento, compactados na energia normal e destinados aos ensaios de durabilidade por molhagem e secagem e de compressão axial. É aplicável para solos passando, respectivamente, nas peneiras de 4,8 mm e 19 mm de aberturas. Descreve a aparelhagem necessária e os cálculos para obtenção dos resultados.

ABSTRACT

This document presents the procedure for molding and curing of cylindrical specimens of soil-cement, axially compacted in the normal energy (DNER-ME 129/89), for the wetting and drying durability test and for compressive strength test. It is applicable for soils passing the sieve openings of 4,8 mm and 19,9 mm, respectively. The apparatus and the conditions for the obtention of results are presented.

SUMÁRIO

- 0 Apresentação
 - 1 Objetivo
 - 2 Referências
 - 3 Definições
 - 4 Aparelhagem
 - 5 Execução do ensaio
 - 6 Resultados
- Anexo normativo

0 APRESENTAÇÃO

Esta Norma decorreu da necessidade de se adaptar, quanto à forma, a DNER-ME 202/87 à DNER-PRO 101/93, mantendo-se inalterável o seu conteúdo técnico.

Macrodescriptores MT: cimento, ensaio, ensaio em laboratório, materiais, pavimentação

Microdescriptores DNER: corpo-de-prova, cimento, compactação, compressão, durabilidade, ensaio, solo-cimento, teor de umidade

Palavras-chave IRRD/IPR: cimento (4758), compactação (3886), compressão (5532), durabilidade (5910), ensaio (6255), método de ensaio (6288), solo (4156), pavimento semi-rígido (2953)

Descriptores SINORTEC: cimento, durabilidade, ensaio, ensaio de laboratório, moldagem, pavimentos de estrada, solo-cimento

Aprovada pelo Conselho de Administração em 19/08/87
Resolução nº 1665/87 Sessão nº CA/ 26/87
Processo nº 51100013297/93-1

Autor : DNER/DrDTc (IPR)
Adaptação da DNER-ME 202/87 à DNER-PRO 101/93,
aprovada pela DrDTc em 13/04/94.

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma prescreve os métodos de moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos de solo-cimento, a serem submetidos aos ensaios de solo-cimento, designados: Solo-cimento - determinação da durabilidade através da perda de massa por molhagem e secagem DNER-ME 203/87 e Solo-cimento - compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos DNER-ME 201/87.

1.2 Esta Norma contém dois métodos, aplicáveis conforme a granulometria do solo:

- a) Método A, usando material que passa na peneira de 4,8 mm, para solos com 100% de partículas de tamanho inferior a 4,8 mm;
- b) Método B, usando material que passa na peneira de 19 mm e quando parte da amostra ficar retida na peneira de 4,8 mm.

2 REFERÊNCIAS

2.1 Normas complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- a) DNER-ME 213/94 - Solos-determinação do teor de umidade;
- b) DNER-ME 216/94 - Solo-cimento - determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente.

2.2 Referência bibliográfica

No preparo desta Norma foi consultado o seguinte documento:

DNER-ME 202/87, designada Solo-cimento - moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos.

3 DEFINIÇÕES

Para os fins desta Norma, são adotadas as definições de 3.1 a 3.3.

3.1 Solo-cimento

Mistura íntima compactada de solo, cimento e água, utilizada na infra-estrutura de pavimentos.

3.2 Umidade ótima (h_o)

Umidade com a qual se atinge o ponto máximo na curva de compactação.

3.3 Massa específica aparente seca máxima (γ_m)

Massa específica aparente seca correspondente à umidade ótima, na curva de compactação.

4 APARELHAGEM

4.1 Molde metálico, cilíndrico, de volume igual a $1\,000\text{ cm}^3 \pm 10\text{ cm}^3$, com diâmetro interno de $100\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ e altura de $127,3\text{ mm} \pm 0,3\text{ mm}$ dispondo de um colarinho destacável com cerca de 60 mm de altura, e uma base, também destacável, na qual possa o conjunto ser firmemente afixado (ver Figura 1 em Anexo).

4.2 Soquete metálico maciço, cilíndrico, de operação manual, com diâmetro da face circular igual a $50\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ e massa de $2,5\text{ kg} \pm 0,01\text{ kg}$; deve dispor de uma haste solidária e de um tubo-guia que permitam um curso retilíneo de queda livre, sobre o topo da camada em fase de compactação, igual a $305\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$. O tubo-guia deve ter na extremidade inferior pelo menos 4 (quatro) furos de ventilação, com diâmetro aproximado de 10 mm, espaçados de 90° um do outro e distando cerca de 20 mm da extremidade (ver Figura 2 em Anexo).

4.3 Extrator de corpos-de-prova, que pode ser um macaco hidráulico ou outro dispositivo adequado à retirada do corpo-de-prova de dentro do molde.

4.4 Duas balanças, com capacidade de 10 kg e 1 kg e precisão de, respectivamente, 1 g e 0,01 g.

4.5 Estufa elétrica, controlada automaticamente por termostato, capaz de manter a temperatura entre $105\text{ }^\circ\text{C}$ - $110\text{ }^\circ\text{C}$.

4.6 Régua de aço biselada, com 300 mm de comprimento.

4.7 Peneiras da série normal, com malha quadrada de 4,8 mm e 19 mm, conforme ABNT EB-22, de 1988, registrada no SINMETRO como NBR-5734.

4.8 Recipientes ou cápsulas metálicas, ou de outro material adequado, para ensaio de determinação de umidade.

4.9 Repartidor de amostra de 25 mm de abertura.

4.10 Almofariz de porcelana e mão de gral com mão revestida de borracha, com capacidade para 5 kg de solos.

4.11 Bandeja de folha metálica, 750 mm de comprimento, 500 mm de largura e 50 mm de profundidade.

4.12 Proveta graduada, com $1\,000\text{ cm}^3$ de capacidade.

4.13 Espátula com lâmina flexível de cerca de 80 mm de comprimento e 20 mm de largura.

4.14 Opcionalmente, misturador mecânico do tipo argamassadeira.

4.15 Colher de pedreiro.

5 EXECUÇÃO DE PROVA

5.1 Método "A"

5.1.1 Preparação da amostra

5.1.1.1 A amostra recebida deve ser seca ao ar, destorroada no almofariz pela mão de gral, homogenizada e reduzida com o auxílio do repartidor de amostra, até se obter uma amostra representativa de cerca de 2 500 g de solo, com precisão de 1 g, passando na peneira de 4,8 mm, já descontada a massa de água nele contida. Admite-se que a secagem da amostra seja procedida pela sua submissão a fontes artificiais de calor, como lâmpadas especiais ou estufas, desde que a temperatura máxima da amostra não ultrapasse os 60 °C.

5.1.2 Ensaio

5.1.2.1 Adição de cimento Portland

Adicionar à amostra preparada de solo a quantidade especificada de cimento Portland. Misturar o solo e o cimento completamente, até que a coloração seja uniforme em toda a massa, constituindo a mistura seca.

5.1.2.2 Adição de água

Adicionar quantidade de água à mistura seca, imediatamente após confeccioná-la, que somada à água existente na amostra de solo confira à mistura um teor de umidade igual à umidade ótima determinada conforme as prescrições do Método DNER-ME 216/94 (ver 2.1.b), mais 0,5% a 1% de umidade, de maneira a compensar a perda de água por evaporação. Misturar intimamente os materiais, até homogeneização, compondo a mistura úmida.

5.1.2.3 Moldagem do corpo-de-prova

A mistura úmida será a seguir compactada no interior do molde cilíndrico, firmemente afixado à sua base e com o colarinho ou cilindro complementar ajustado, em três camadas iguais sucessivas. Cada camada receberá 25 golpes do soquete metálico, em queda livre de 305 mm \pm 1 mm em relação ao topo da camada, sendo os golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície desta; a operação de moldagem do corpo-de-prova será feita com o conjunto apoiado em base sólida, plana e firme. Ter o cuidado suplementar de escarificar levemente os topos acabados da primeira e da segunda camada, de modo a aumentar a integração e a aderência entre camadas superpostas. Quando da colocação da segunda camada, retirar uma amostra com cerca de 80 g a 120 g e determinar-lhe o teor de umidade (h), conforme as prescrições do Método DNER-ME 213/94 (ver 2.1.a). Após terminada a moldagem, retirar o colarinho ou cilindro complementar e rasar o topo do corpo-de-prova, de maneira a obter-se uma superfície horizontal lisa e nivelada com a borda superior do molde. Libertar da base o conjunto molde mais corpo-de-prova; determinar a massa do conjunto com a precisão de 1 g. Remover o corpo-de-prova do molde, determinar a sua massa e identificá-lo convenientemente (m_u).

5.2 Método "B"

5.2.1 Preparação da amostra

5.2.1.1 A amostra é seca ao ar e separada em duas porções na peneira de 4,8 mm, que destorroadas, separadamente, em almofariz, pela mão de gral. A seguir se procede a mistura e homogeneização das duas

porções destorroadas. Quartear até se obter uma quantidade suficiente de amostra representativa de solo. Admite-se que a secagem seja procedida pela sua submissão a fontes artificiais de calor, como lâmpada especiais ou estufas, desde que a temperatura máxima da amostra não ultrapasse os 60 °C.

5.2.1.2 Peneirar a amostra preparada, passando-a nas peneiras de 76 mm, 19 mm e 4,8 mm, descartando-se a parcela de tamanho superior a 76 mm.

5.2.1.3 Saturar em água o material retido entre as peneiras de 4,8 mm e de 19 mm, por um período de 12 horas, no mínimo, na temperatura ambiente.

5.2.1.4 Pesar e manter separadas as amostras representativas do material passando na peneira de 4,8 mm e do retido entre a peneira de 4,8 mm e a de 19 mm, este em estado saturado mas superficialmente seco com um pano, de tal modo que a massa total seja aproximadamente superior a 3 000 g, descontada a umidade do material menor do que 4,8 mm e a absorção do pedregulho; para materiais com mais de 10% de partículas maiores do que 4,8 mm, aumentar convenientemente essa quantidade de amostra. A porcentagem em massa seca do material retido entre 19 mm e 4,8 mm deverá ser igual à porcentagem do material retido entre 76 mm e 4,8 mm na amostra original.

5.2.2 Ensaio

5.2.2.1 Adição de cimento Portland

Adicionar à amostra de solo passando na peneira de 4,8 mm a quantidade especificada de cimento Portland. Misturar o solo e o cimento completamente, até que a coloração seja uniforme em toda a massa, compondo a mistura seca.

5.2.2.2 Adição de água

Adicionar água à mistura obtida, imediatamente após confeccioná-la, em quantidade tal que somada à existente na mistura e à absorvida pelo pedregulho, seja suficiente para conferir para prescrições do DNER-ME 216/94 (ver 2.1.b), mais 0,5 a 1,0 ponto percentual de umidade, de maneira a compensar a perda de água por evaporação. A mistura úmida obtida juntar e misturar, até homogeneização, o material retido entre as peneiras de 19 mm e de 4,8 mm, em estado saturado e superficialmente seco.

5.2.2.3 Moldagem do corpo-de-prova

Imediatamente após a adição de água, compactar a amostra no interior do molde cilíndrico, firmemente afixado à sua base e com o colarinho ou cilindro complementar ajustado, em três camadas sucessivas. Cada camada receberá 25 golpes do soquete metálico, em queda livre de 305 mm ± 1 mm em relação ao topo da camada, sendo os golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície desta; a operação de moldagem do corpo-de-prova será feita com o conjunto apoiado em base sólida, plana e firme. Ter o cuidado suplementar de escarificar levemente os topos acabados da primeira e da segunda camada, de modo a aumentar a integração e a aderência entre camadas superpostas. Quando da colocação da segunda camada, retirar uma amostra de massa não inferior a 280 g e determinar-lhe o teor de umidade (h), conforme as prescrições do Método DNER-ME 213/94 (ver 2.1.a). Após terminada a moldagem, retirar o colarinho ou cilindro complementar e rasar o topo do corpo-de-prova, de maneira a obter-se uma superfície horizontal lisa e nivelada com a borda superior do molde; se necessário, preencher com material fino, as eventuais irregularidades da superfície, comprimindo-o firmemente. Libertar da base o conjunto molde mais corpo-de-prova; determinar a massa do conjunto, com a precisão de 1 g. Remover o corpo-de-prova do molde, determinar a sua massa e identificá-lo convenientemente (m_u).

5.3 Cura de corpos-de-prova

Assim que forem moldados os corpos-de-prova, conforme os Métodos A e B, colocá-los na câmara úmida, à temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar não inferior a 95%. Para fins exclusivos de dosagem de solo-cimento, o período de cura será, obrigatoriamente, de sete dias completos; outras idades de cura poderão ser consideradas para controle de obra e pesquisas.

6 RESULTADOS

6.1 Cálculos

6.1.1 Umidades do corpo-de-prova, h:

$$h = \frac{mb_u - mb_s}{mb_s - m} \times 100, \text{ em percentagem}$$

onde:

mb_u - massa do recipiente ou cápsula de umidade, mais a amostra úmida;

mb_s - massa do recipiente ou cápsula de umidade, mais a amostra seca;

m - massa do recipiente ou cápsula de umidade.

6.1.2 Massa específica aparente seca do corpo-de-prova, γ_s :

$$\gamma_s = \frac{\gamma_u}{h + 100} \times 100, \text{ em kg/m}^3 \text{ ou g/cm}^3$$

onde:

γ_u - massa específica aparente úmida do corpo-de-prova = $\frac{m_u}{v}$ em kg/m^3 ou g/cm^3 ;

m_u - massa do corpo-de-prova úmido, igual à massa do conjunto molde mais corpo-de-prova úmido, menos a massa do molde, em kg ou g;

v - volume do molde em m^3 ou cm^3 .

6.2 Tolerâncias

6.2.1 Comparar as umidades de moldagem obtidas nos itens 5.1.2.3 e 5.2.2.3, respectivamente dos Métodos A e B, com os teores ótimos de umidade obtidos de conformidade com o Método DNER-ME 216/94 (ver item 2.1.b).

6.2.2 Comparar as massas específicas aparentes secas dos corpos-de-prova obtidos em 5.1.2.3 e 5.2.2.3, respectivamente dos Métodos A e B, com as massas específicas aparentes secas máximas obtidas de conformidade com o Método DNER-ME 216/94 (ver item 2.1.b).

6.2.3 Quando a umidade de moldagem diferir da umidade ótima de mais de 1% ou quando a massa específica aparente seca do corpo-de-prova diferir da massa específica aparente seca máxima de mais de 30 g/cm^3 , o corpo-de-prova deve ser rejeitado.

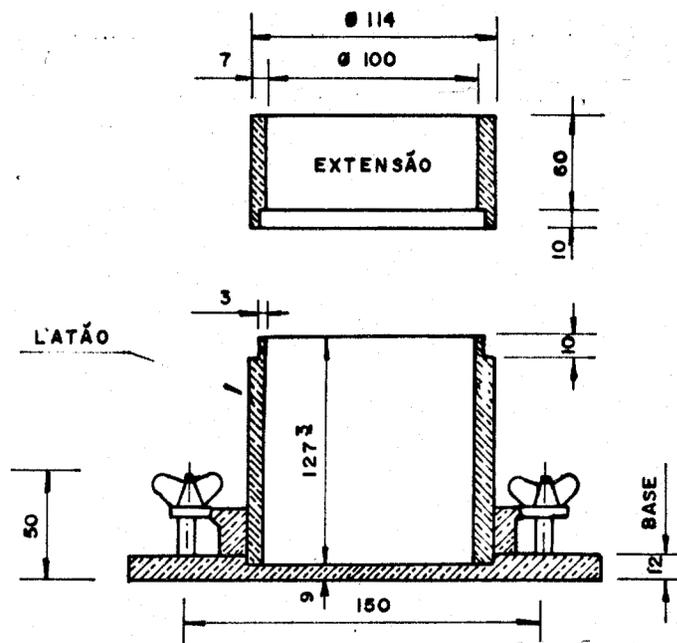


FIGURA 1 - DIMENSÕES DO MOLDE METÁLICO CILÍNDRICO

UNIDADE DE MEDIDA : MILÍMETRO (mm)

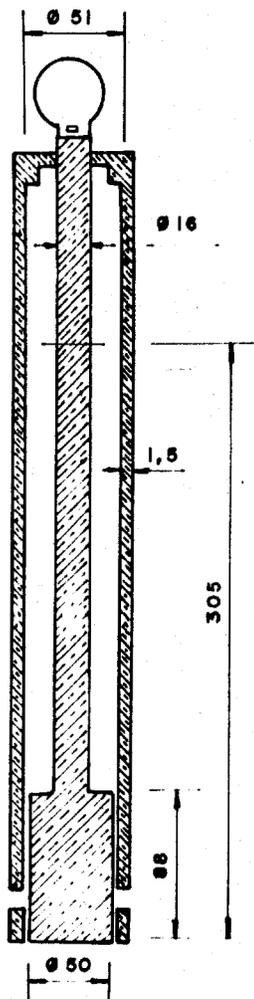


FIGURA 2 - DIMENSÕES DO SOQUETE METÁLICO