

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
12023

Segunda edição
16.08.2012

Válida a partir de
16.09.2012

Solo-cimento — Ensaio de compactação

Soil-cement — Compaction test method



ICS 91.100.10

ISBN 978-85-07-03661-6



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 12023:2012
7 páginas

© ABNT 2012

ABNT NBR 12023:2012



© ABNT 2012

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 3974-2346

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Sumário

Página

Prefácio	iv
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições	1
4 Aparelhagem.....	2
5 Execução do ensaio	4
5.1 Método A	4
5.1.1 Preparação da amostra.....	4
5.1.2 Ensaio.....	4
5.2 Método B	4
5.2.1 Preparação da amostra.....	4
5.2.2 Ensaio.....	5
6 Resultados	5
6.1 Cálculos	5
6.2 Curva de compactação	6
6.3 Massa específica aparente seca máxima ($\rho_{sm\acute{a}x}$).....	7
6.4 Umidade ótima ($\omega_{ót}$).....	7
 Figuras	
Figura 1 – Equipamento do ensaio de compactação em solo-cimento	3
Figura 2 – Curva típica do ensaio de compactação	7
 Tabela	
Tabela 1 – Energia de compactação	2

ABNT NBR 12023:2012

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 12023 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB-18), pela Comissão de Estudo de Solo-Cimento para Base de Pavimentação (CE-18:601.01). O Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 05, de 11.05.2012 a 10.07.2012, com o número de Projeto ABNT NBR 12023.

Esta segunda edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 12023:1992), a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard establishes the methods for determining the relationship between moisture content and dry bulk density of mixtures of soil and cement, without reuse of the material, when compacted with normal energy.

This Standard contains two methods, applicable according to the soil particle size:

- *method A, for soils with 100 % of particles with a diameter smaller than 4,75 mm.*
- *method B, for soils with up 30 % of particles with a diameter greater than 19 mm.*

Solo-cimento — Ensaio de compactação

1 Escopo

Esta Norma estabelece os métodos para determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de misturas de solo e cimento, sem reúso do material, quando compactadas com energia normal.

Esta Norma contém dois métodos, aplicáveis de acordo com a granulometria do solo:

- método A, para solos com 100 % de partículas com diâmetro menor do que 4,75 mm.
- método B, para solos com até 30 % de partículas com diâmetro maior do que 19 mm.

2 Referências normativas

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

ABNT NBR 6457:1986, *Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*

ABNT NBR 6458, *Grãos de pedregulho retidos na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água*

ABNT NBR 12253, *Solo-cimento – Dosagem para emprego como camada de pavimento – Procedimento*

ABNT NBR NM ISO 3310-1, *Peneiras de ensaios – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico*

3 Termos e definições

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

3.1

solo-cimento

produto endurecido, resultante da cura de uma mistura íntima compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas por meio de dosagem executada conforme a ABNT NBR 12253

3.2

energia normal

energia obtida com as características dadas na Tabela 1

ABNT NBR 12023:2012**Tabela 1 – Energia de compactação**

Cilindro	Soquete	Número de camadas	Número de golpes por camada
Pequeno	Pequeno	3	26

3.3**massa específica aparente seca máxima ($\rho_{sm\acute{a}x}$)**

valor correspondente à ordenada máxima da curva de compactação

3.4**umidade ótima ($\omega_{ót}$)**

valor do teor de umidade correspondente, na curva de compactação, ao valor da massa específica aparente seca máxima

4 Aparelhagem

A aparelhagem necessária para a execução do ensaio é a seguinte:

- cilindro metálico pequeno (cilindro de Proctor) compreendendo o molde cilíndrico, a base e o cilindro complementar de mesmo diâmetro (colarinho), conforme a Figura 1;
- soquete pequeno, consistindo em um soquete metálico com massa de $(2\,500 \pm 10)$ g e dotado de dispositivo de controle de altura de queda (guia), de (305 ± 2) mm, conforme a Figura 1;
- balanças que permitam pesar nominalmente 10 kg e 200 g, com resoluções de 1 g e 0,01 g, respectivamente;
- peneiras de abertura de malha de 19 mm e 4,75 mm, de acordo com a ABNT NBR NM-ISO 3310-1;
- estufa capaz de manter a temperatura entre 105 °C e 110 °C;
- cápsulas metálicas, com tampa, para determinação do teor de umidade;
- bandejas metálicas com aproximadamente 75 cm × 50 cm × 5 cm ou similar;
- régua de aço biselada, rígida, retilínea, com comprimento de aproximadamente 30 cm;
- espátulas de lâmina flexível, com aproximadamente 10 cm e 2 cm de largura e 12 cm e 10 cm de comprimento, respectivamente;
- provetas com capacidade aproximada de: 1 000 cm³, 200 cm³ e 100 cm³ e com graduações de 10 cm³, 2 cm³ e 1 cm³, respectivamente;
- desempenadeira de madeira com aproximadamente 13 cm × 25 cm;
- extrator de corpo de prova;
- base rígida, preferencialmente de concreto, com massa superior a 100 kg;
- conchas metálicas com capacidade aproximada de 500 cm³;
- papel-filtro ou similar, com diâmetro igual ao do molde cilíndrico.



© ABNT 2012 - Todos os direitos reservados

ABNT NBR 12023:2012**5 Execução do ensaio****5.1 Método A****5.1.1 Preparação da amostra**

5.1.1.1 Preparar aproximadamente 15 kg de amostra e determinar o teor de umidade conforme a ABNT NBR 6457.

5.1.1.2 Separar 2 500 g de solo seco, para cada ponto da curva de compactação (no mínimo cinco porções).

5.1.2 Ensaio**5.1.2.1 Adição de cimento Portland**

Para a primeira porção, adicionar a quantidade de cimento Portland correspondente ao teor sugerido, de acordo com Tabela 1 da ABNT NBR 12253:2012. Misturar o solo e o cimento completamente, até que a coloração esteja uniforme em toda a massa, compondo a mistura seca.

NOTA O teor de cimento é a relação entre a massa de cimento e a massa de solo seco, em porcentagem.

5.1.2.2 Adição de água

Adicionar água à mistura seca (ver 5.1.2.3.4), misturando até uniformização da umidade da massa, que recebe então o nome de mistura úmida.

5.1.2.3 Compactação

5.1.2.3.1 Fixar o molde cilíndrico à base, acoplar o colarinho e apoiar o conjunto na base rígida. Colocar uma folha de papel-filtro ou similar no fundo do molde, de modo a evitar a aderência do solo compactado à superfície metálica da base. A mistura úmida deve ser, a seguir, compactada no interior do molde cilíndrico, com energia normal. Recomenda-se escarificar o topo da primeira e da segunda camadas após a compactação.

5.1.2.3.2 Após a compactação, remover o colarinho. O excesso de material não pode ultrapassar 10 mm. Rasar cuidadosamente com a régua biselada o material excedente, de modo a obter uma superfície o mais lisa possível e nivelada com o topo do molde. Retirar, a seguir, o molde da base, o papel-filtro ou similar e determinar a massa do conjunto molde mais amostra compactada, subtraindo desta a massa do molde, obtendo-se a massa da amostra compactada úmida, m_w .

5.1.2.3.3 Remover o corpo de prova do molde com o emprego de extrator e cortá-lo ao meio no sentido vertical. Retirar imediatamente, em toda a altura de uma das metades, uma amostra com no mínimo 100 g para a determinação do teor de umidade conforme a ABNT NBR 6457, obtendo-se a massa bruta úmida (recipiente mais amostra úmida), m_{bu} , e, a seguir, secá-la em estufa entre 105 °C e 110 °C, até obter massa bruta seca constante (recipiente mais amostra seca), m_{bs} .

5.1.2.3.4 Repetir o procedimento descrito em 5.1.2.1 a 5.1.2.3.3 para todas as porções do solo seco. Cada porção de mistura seca deve receber uma quantidade de água tal que se obtenha uma curva de compactação com no mínimo cinco pontos, sendo pelo menos dois no ramo seco e dois no ramo úmido. Não se deve misturar o cimento em todas as porções de solo seco simultaneamente.

5.2 Método B**5.2.1 Preparação da amostra**

5.2.1.1 Preparar aproximadamente 25 kg de amostra de acordo com a ABNT NBR 6457 e separar as frações passada e retida na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, determinando suas massas e correspondentes proporções.

5.2.1.2 Determinar o teor de umidade da fração passada e a absorção de água da fração retida, conforme o Anexo da ABNT NBR 6457:1986 e a ABNT NBR 6458, respectivamente.

5.2.1.3 Saturar, com água, o material retido entre as peneiras com abertura de malha de 4,75 mm e 19 mm, por um período de 12 h, no mínimo.

5.2.1.4 Preparar no mínimo cinco porções de massa seca da seguinte maneira: pesar e manter separadas frações proporcionais dos materiais passado e retido na peneira de abertura 4,75 mm, este em estado saturado e superficialmente seco, de tal modo que a massa total seja de aproximadamente 2 500 g, descontadas a umidade e a absorção, determinadas conforme 5.2.1.2.

5.2.2 Ensaio

5.2.2.1 Adição de cimento Portland

Adicionar à porção de solo passado na peneira com abertura de malha de 4,75 mm a quantidade especificada de cimento Portland. Misturar o solo e o cimento completamente, até que a coloração esteja uniforme em toda a massa, compondo a mistura seca.

5.2.2.2 Adição de água

Imediatamente após o preparo da mistura seca, adicionar água, se necessário, conforme prescrito em 5.1.2.2. À mistura úmida obtida, juntar e misturar até homogeneizar o material retido entre as peneiras de 19 mm e 4,75 mm, em estado saturado e superficialmente seco.

5.2.2.3 Compactação

5.2.2.3.1 A mistura úmida total assim obtida deve ser, a seguir, compactada, seguindo-se as prescrições descritas para o método A (ver 5.1.2.3.1 a 5.1.2.3.3), tomando-se os cuidados de, ao rasar a amostra compactada, preencher com material fino as eventuais irregularidades da superfície e, na coleta de material para a determinação da umidade, retirar no mínimo 500 g.

5.2.2.3.2 Repetir o procedimento descrito de 5.2.2.1 a 5.2.2.3.1 para todas as porções. Cada porção de mistura seca deve receber uma quantidade de água tal que se obtenha uma curva de compactação com no mínimo cinco pontos, sendo pelo menos dois no ramo seco e dois no ramo úmido. Não se deve misturar o cimento em todas as porções de solo seco simultaneamente.

6 Resultados

6.1 Cálculos

6.1.1 Calcular o teor de umidade da amostra compactada usando a expressão:

$$\omega = \frac{m_{bu} - m_{bs}}{m_{bs} - m} \times 100$$

onde

ω é o teor de umidade da amostra compactada, expresso em porcentagem (%);

m é a massa do recipiente ou cápsula, expressa em gramas (g);

ABNT NBR 12023:2012

m_{bu} é a massa do recipiente ou cápsula mais a amostra úmida, expressa em gramas (g);

m_{bs} é a massa do recipiente ou cápsula mais a amostra seca, expressa em gramas (g).

6.1.2 Calcular a massa específica aparente da amostra compactada:

$$\rho = \frac{m_h}{V}$$

onde

ρ é a massa específica aparente da amostra compactada, expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m³) ou em gramas por centímetro cúbico (g/cm³);

m_h é a massa da amostra compactada, expressa em quilogramas (kg) ou em gramas (g);

V é o volume do molde, expresso em metros cúbicos (m³) ou em centímetros cúbicos (cm³).

6.1.3 Calcular a massa específica aparente seca da amostra compactada:

$$\rho_s = \frac{\rho}{\omega + 100} \times 100$$

ou

$$\rho_s = \frac{m_\omega \times 100}{V (100 + \omega)}$$

onde

ρ_s é a massa específica aparente seca da amostra compactada, expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m³) ou em gramas por centímetro cúbico (g/cm³);

ω é o teor de umidade da amostra compactada, expresso em porcentagem (%).

6.2 Curva de compactação

Utilizando-se coordenadas cartesianas normais, traçar a curva de compactação, marcando-se na abscissa o teor de umidade (ω) e na ordenada a massa específica aparente seca (ρ_s). A curva resultante deve ter um formato aproximadamente parabólico (ver Figura 2).

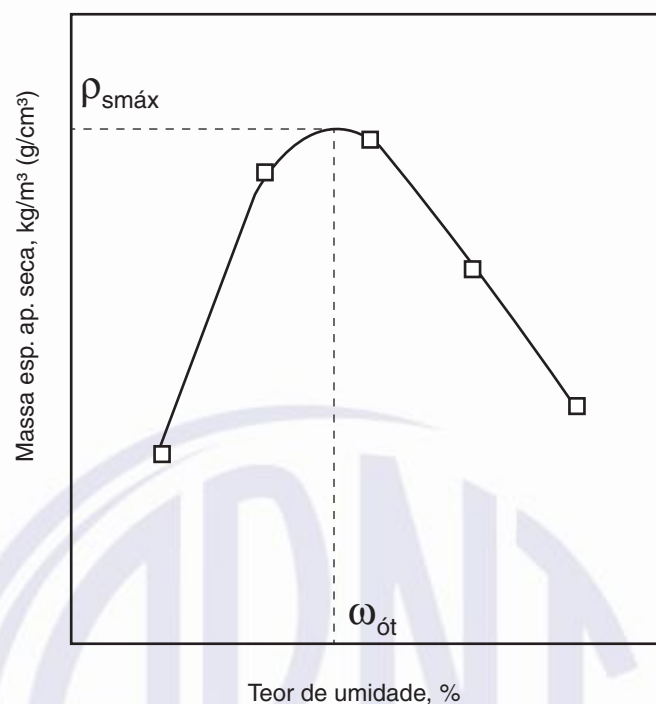


Figura 2 – Curva típica do ensaio de compactação

6.3 Massa específica aparente seca máxima ($\rho_{smáx}$)

Valor correspondente à ordenada máxima da curva de compactação, expresso com aproximação de 0,001 g/cm³.

6.4 Umidade ótima ($\omega_{ót}$)

Teor de umidade correspondente, na curva de compactação, ao ponto de massa específica aparente seca máxima, expresso com aproximação de 0,1 %.