



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO



Professora: Camila Aparecida Abelha Rocha

Monitor: Lucas Caon Menegatti

PRÁTICAS LABORATORIAIS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AGREGADOS • CIMENTO • CONCRETO

2º Edição - 2019

ALUNO (A): _____

PROFESSOR (A): _____

MATRÍCULA: _____

TURMA: _____

[SUMÁRIO]

[1] ENSAIOS DE AGREGADO GRAÚDO

| | |
|---|---|
| GRANULOMETRIA | 4 |
| MASSA UNITÁRIA | 5 |
| MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA | 6 |
| TEOR DE UMIDADE TOTAL | 7 |

[2] ENSAIOS DE AGREGADO MIÚDO

| | |
|---|----|
| GRANULOMETRIA | 9 |
| MASSA UNITÁRIA | 10 |
| INCHAMENTO | 11 |
| MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA | 13 |
| TEOR DE UMIDADE SUPERFICIAL | 15 |

[3] ENSAIOS DE CIMENTO PORTLAND

| | |
|---|----|
| PASTA DE CONSISTÊNCIA NORMAL..... | 17 |
| ÍNDICE DE FINURA POR MEIO DA PENEIRA 75 µm (nº 200) | 18 |
| TEMPO DE PEGA..... | 19 |
| MASSA ESPECÍFICA..... | 21 |
| EXPANSIBILIDADE DE LE CHATELIER (A FRIO) | 22 |
| RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO | 23 |

[4] ENSAIOS DE CONCRETO

| | |
|--|----|
| DOSAGEM E PREPARO DO CONCRETO..... | 26 |
| CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE | 27 |
| MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA | 28 |
| RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO | 29 |
| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL..... | 30 |

ANEXOS

| | |
|--------------------------------------|----|
| AMOSTRAGEM DE AGREGADO..... | 31 |
| REDUÇÃO DA AMOSTRA DE AGREGADO | 31 |
| AMOSTRAGEM DE CONCRETO | 31 |

[PREFÁCIO]

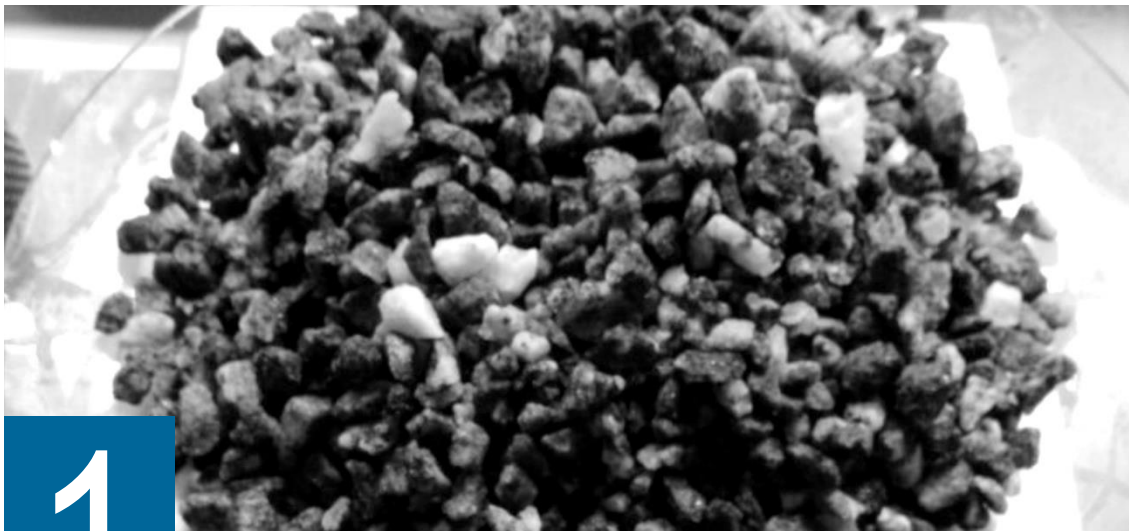
Esta apostila foi desenvolvida por Lucas Caon Menegatti sob orientação da professora Camila Aparecida Abelha Rocha como projeto de monitoria em práticas laboratoriais de materiais de construção no ano de 2017.

Com o objetivo de fornecer suporte à disciplina de Materiais de Construção II oferecida ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense (UFF), são apresentados os ensaios para caracterização de agregados, cimento Portland e concreto, conforme estabelecido pela ementa do curso.

Os procedimentos foram descritos com base nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e da Associação Mercosul de Normalização (AMN) vigentes em julho de 2019 com adaptações de caráter didático.

A apostila dispõe de campos para preenchimento dos dados de ensaio, com o objetivo de organizar as informações necessárias para a elaboração dos relatórios.

Vale ressaltar que este material não substitui a leitura das normas, principalmente quanto às especificações de materiais e aparelhagem e quanto à determinação dos resultados dos ensaios.



1

[ENSAIOS DE AGREGADO GRAÚDO]

| | |
|----------------------|--|
| ABNT NBR NM 248:2003 | Determinação da composição granulométrica |
| ABNT NBR NM 45:2006 | Determinação da massa unitária e do volume de vazios |
| ABNT NBR NM 53:2009 | Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água |
| ABNT NBR 9939:2011 | Determinação do teor de umidade total |
| ABNT NBR 7211:2009 | Agregados para concreto |
| ABNT NBR NM 26:2009 | Amostragem |
| ABNT NBR NM 27:2001 | Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório |

GRANULOMETRIA

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Reduzir a amostra com auxílio de um quarteador até atingir a massa especificada pela tabela a seguir:

| DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (mm) | MASSA MÍNIMA DA AMOSTRA DE ENSAIO (kg) |
|----------------------------------|--|
| < 4,75 | 0,3 |
| 9,5 | 1 |
| 12,5 | 2 |
| 19,0 | 5 |
| 25,0 | 10 |

- 2) Encaixar as peneiras da série normal e intermediária, a partir da malha de maior abertura no topo até a malha de menor abertura, com fundo adequado na parte inferior do conjunto.
- 3) Colocar a amostra m_1 ou porção da mesma sobre o conjunto de peneiras de modo a evitar a formação de camadas espessas sobre a malha da peneira;
- 4) Realizar peneiramento mecânico por tempo suficiente para permitir segregação dos grãos pelo conjunto de peneiras. Sugestão: 10 minutos;
- 5) Realizar o peneiramento manual de cada peneira utilizando tampa e fundo até que, após um minuto de agitação contínuo, a massa de material passante pela peneira seja inferior a 1% da massa do material retido.
- 6) Depositar o material retido em um recipiente para aferir a massa.
- 7) Escovar a tela em ambos os lados.
- Material do lado interno deve ser adicionado ao recipiente de material retido
 - Material do lado inferior deve ser adicionado ao recipiente de material passante.
- 8) Atendida a verificação descrita em (5), aferir e registrar a massa de agregado retido e adicionar o material passante à próxima peneira;
- 9) Repetir os procedimentos descritos de (5) a (8) para as demais peneiras.
- 10) Determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% da massa inicial da amostra.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

Massa da amostra de brita: _____ g

| MATERIAL RETIDO | | | |
|-----------------|-----------|---|-------------|
| PENEIRA | MASSA (g) | % | % ACUMULADA |
| 31,5 | | | |
| 25,0 | | | |
| 19,0 | | | |
| 12,5 | | | |
| 9,5 | | | |
| 6,3 | | | |
| 4,8 | | | |
| 2,4 | | | |
| 1,2 | | | |
| 0,6 | | | |
| 0,3 | | | |
| 0,15 | | | |
| FUNDO | | | |

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

- porcentagem média retida em cada peneira;
- porcentagem média retida acumulada em cada peneira;
- curva granulométrica;
- dimensão máxima característica;
- módulo de finura;
- verificar se o agregado utilizado atende os limites especificados pela NBR 7211:2009.

Os resultados devem ser determinados conforme especificações da NBR NM 248:2003.

MASSA UNITÁRIA

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO] MÉTODO A

1) Utilizar recipiente de forma cilíndrica e fabricado com material não atacável pela umidade. Devendo ser suficientemente rígido e provido de alças de acordo com as dimensões especificadas abaixo:

| DIMENSÃO MÁXIMA DO AGREGADO (mm) | RECIPIENTE | | |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|
| | CAPACIDADE (dm ³) | DIÂMETRO INTERNO (mm) | ALTURA INTERNA (mm) |
| $d \leq 37,5$ | 10 | 220 | 268 |
| $37,5 < d \leq 50$ | 15 | 260 | 282 |
| $50 < d \leq 75$ | 30 | 360 | 294 |

2) Determinar a massa do recipiente vazio;

3) Preencher um terço do recipiente com o agregado, nivelando a superfície da camada com os dedos;

4) Com a haste de adensamento, aplicar 25 golpes distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada, sem atingir o fundo do recipiente;

5) Repetir o procedimento para preencher a segunda e a terceira camada, evitando que a haste penetre a camada anterior;

6) Nivelar a superfície da última camada com as mãos ou com auxílio de régua de forma a rasá-la com a borda do recipiente;

7) Determinar a massa do recipiente com agregado;

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| GRANDEZA | VALOR |
|---|-------|
| m_r massa do recipiente vazio (kg) | |
| m_{ar} massa do recipiente com brita (kg) | |

[CÁLCULOS]

Massa unitária da brita (kg/m³):

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V}$$

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar a massa unitária do agregado graúdo, conforme as especificações da NBR NM 45:2006.

MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Retirar amostra com massa mínima conforme a tabela a seguir:

| Dimensão máxima característica (mm) | Massa mínima da amostra de ensaio (kg) |
|-------------------------------------|--|
| 12,5 | 2 |
| 19,0 | 3 |
| 25,0 | 4 |
| 37,5 | 5 |

- 2) Submergir o agregado em água por um período de 24h;

- 3) Secar a superfície dos grãos da amostra com pano úmido, de forma a evitar a evaporação de água dos poros dos agregados;
- 4) Determinar a massa da amostra de agregado saturado com superfície seca, com precisão de 1g;
- 5) Colocar a amostra no cesto de arame conectado à balança para aferir a massa do agregado submerso em água com precisão de 1g;
- 6) Secar a amostra em estufa e determinar a massa seca com precisão de 1g.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| GRANDEZA | VALOR |
|--|-------|
| m_s massa ao ar de brita na condição SSS (g) | |
| m_a massa em água de brita na condição SSS (g) | |
| m massa de brita seca em estufa (g) | |

[CÁLCULOS]

Massa específica da brita seca (g/cm³)

$$\rho = \frac{m}{m - m_a}$$

Massa específica da brita na condição SSS (g/cm³)

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_s - m_a}$$

Massa específica aparente da brita seca (g/cm³)

$$\rho_a = \frac{m}{m_s - m_a}$$

Absorção de água (%)

$$A = \frac{m_s - m}{m} \times 100$$

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

- massa específica da brita seca;
- massa específica da brita na condição SSS;
- massa específica aparente da brita seca;
- absorção de água (%).

Os resultados devem ser determinados conforme as especificações da NBR NM 53:2009.

TEOR DE UMIDADE TOTAL

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

1) Determinar a massa inicial da amostra, sendo os valores mínimos expressos na tabela a seguir:

| Dimensão máxima característica (mm) | Massa mínima da amostra de ensaio (kg) |
|-------------------------------------|--|
| 9,5 | 1,5 |
| 12,5 | 2,0 |
| 19,0 | 3,0 |
| 25,0 | 4,0 |

2) Secar a amostra em estufa e determinar a massa seca.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| GRANDEZA | VALOR |
|--|-------|
| m_i massa inicial da amostra de brita (g) | |
| m_f massa final da amostra de brita seca (g) | |

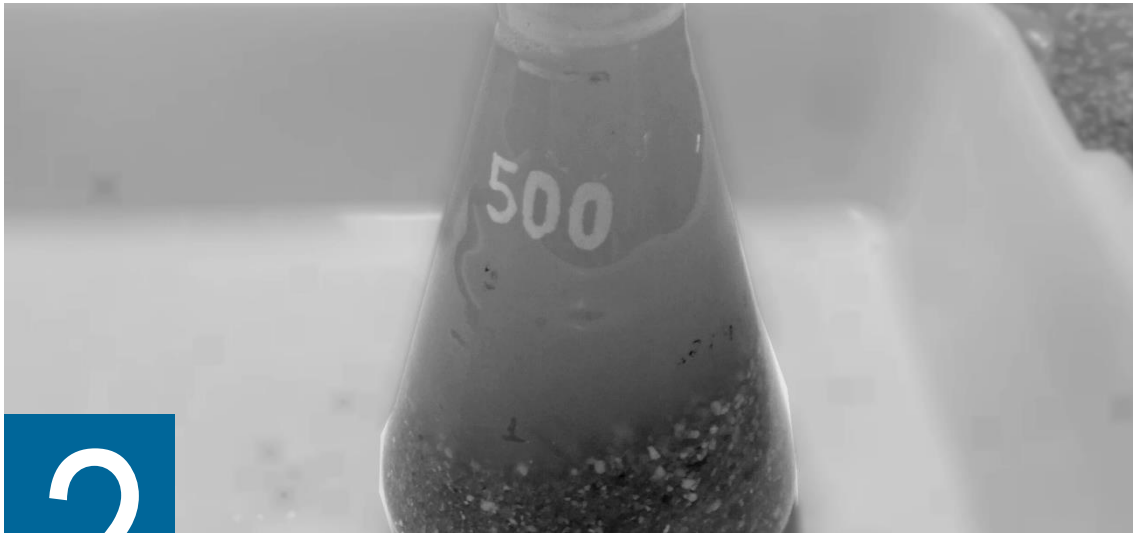
[CÁLCULOS]

Teor de umidade total da brita (%)

$$h = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100$$

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar o teor de umidade do agregado graúdo, conforme as especificações da NBR 9939:2011.



2

[ENSAIOS DE AGREGADO MIÚDO]

| | |
|----------------------|---|
| ABNT NBR NM 248:2003 | Determinação da composição granulométrica |
| ABNT NBR NM 45:2006 | Determinação da massa unitária e do volume de vazios |
| ABNT NBR 6467:2006 | Determinação do inchamento de agregado miúdo |
| ABNT NBR NM 52:2009 | Determinação da massa específica e massa específica aparente |
| AMN NM 30:2000 | Determinação da absorção de água |
| ABNT NBR 9775:2011 | Determinação do teor de umidade superficial por meio do frasco de Chapman |
| ABNT NBR 7211:2009 | Agregados para concreto |
| ABNT NBR 7214:2015 | Areia normal para ensaio de cimento |
| ABNT NBR NM 26:2009 | Amostragem |
| ABNT NBR NM 27:2001 | Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório |

GRANULOMETRIA

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Reduzir a amostra com auxílio de um quarteador;
- 2) Encaixar as peneiras da série normal e intermediária, a partir da malha de maior abertura no topo até a malha de menor abertura, com fundo adequado na parte inferior do conjunto.
- 3) Colocar a amostra m_1 ou porção da mesma sobre o conjunto de peneiras de modo a evitar a formação de camadas espessas sobre a malha da peneira;
- 4) Realizar peneiramento mecânico por tempo suficiente para permitir segregação dos grãos pelo conjunto de peneiras. Sugestão: 10 minutos;
- 5) Realizar o peneiramento manual de cada peneira utilizando tampa e fundo até que, após um minuto de agitação contínuo, a massa de material passante pela peneira seja inferior a 1% da massa do material retido.
- 6) Depositar o material retido em um recipiente para aferir a massa.
- 7) Escovar a tela em ambos os lados.
 - a. Material do lado interno deve ser adicionado ao recipiente de material retido
 - b. Material do lado inferior deve ser adicionado ao recipiente de material passante.
- 8) Atendida a verificação descrita em (5), aferir e registrar a massa de agregado retido e adicionar o material passante à próxima peneira;
- 9) Repetir os procedimentos descritos de (5) a (8) para as demais peneiras.
- 10) Determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3% de m_1 .

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

Massa da amostra de areia: _____ g

| MATERIAL RETIDO | | | |
|-----------------|-----------|---|-------------|
| PENEIRA | MASSA (g) | % | % ACUMULADA |
| 6,3 | | | |
| 4,8 | | | |
| 2,4 | | | |
| 1,2 | | | |
| 0,6 | | | |
| 0,3 | | | |
| 0,15 | | | |
| FUNDO | | | |

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

- a) porcentagem média retida em cada peneira;
- b) porcentagem média retida acumulada em cada peneira;
- c) curva granulométrica;
- d) dimensão máxima característica;
- e) módulo de finura;
- f) verificar se o agregado utilizado está na zona ótima, zona utilizável inferior ou superior de acordo com NBR 7211:2009.

Os resultados devem ser determinados conforme especificações da NBR NM 248:2003.

MASSA UNITÁRIA

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO] MÉTODO C

- 1) Secar a amostra a ser ensaiada em estufa;
- 2) Homogeneizar a amostra em uma bandeja metálica;
- 3) Determinar a massa do recipiente metálico paralelepípedo vazio;
- 4) Despejar o agregado neste recipiente com auxílio de pá ou concha a uma altura que não ultrapasse 50mm acima da borda superior do recipiente;
- 5) Nivelar a camada superficial com auxílio de régua e sem compactar a amostra;
- 6) Determinar a massa do recipiente com areia;
- 7) Registrar a massa do recipiente paralelepípedo cheio de água e a temperatura da água.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| GRANDEZA | VALOR |
|--|-------|
| m_a massa do recipiente com água (kg) | |
| m_r massa do recipiente vazio (kg) | |
| m_{ar} massa do recipiente com areia (kg) | |
| T temperatura da água (°C) | |
| ρ_a massa específica da água (kg/m ³) | |

[CÁLCULOS]

Volume do recipiente (m³):

$$V = \frac{m_a - m_r}{\rho_a}$$

Massa unitária da areia (kg/m³):

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V}$$

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar a massa unitária do agregado miúdo, conforme as especificações da NBR NM 45:2006.

INCHAMENTO

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Secar a amostra a ser ensaiada em estufa;
- 2) Adicionar quantidade de água que proporcionará um teor de umidade próximo a 0,5%;
- 3) Homogeneizar a amostra em uma bandeja metálica;
- 4) Despejar o agregado no recipiente paralelepípedo com auxílio de pá ou concha a uma altura que não ultrapasse 50mm acima da borda superior do recipiente;
- 5) Nivelar a camada superficial com auxílio de régua e sem compactar a amostra;
- 6) Determinar a massa do recipiente com areia úmida;
- 7) Retornar o conteúdo do recipiente metálico à bandeja;
- 8) Retirar amostra e colocá-la em cápsula metálica identificada;
- 9) Registrar a massa da cápsula com amostra e levar à estufa;
- 10) Repetir o procedimento descrito de (2) a (9) para os teores de umidade de 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7%, 9% e 12%.
- 11) Determinar a massa seca das amostras nas cápsulas;
- 12) Determinar a massa de cada cápsula vazia.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| GRANDEZA | VALOR |
|--|-------|
| m massa do recipiente vazio (g) | |
| V volume do recipiente (cm ³) | |
| m massa da amostra inicial de areia seca (g) | |
| γ_s massa unitária da areia seca (g/cm ³) | |

| UMIDADE (%) | MASSA TOTAL DE ÁGUA (g) | MASSA DE ÁGUA A ADICIONAR (g) | MASSA DO RECIP. + AREIA (g) | CÁPSULA (g) | CÁPSULA + AREIA ÚMIDA (g) | CÁPSULA + AREIA SECA (g) |
|-------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------|
| 0,5 | | | | | | |
| 1,0 | | | | | | |
| 2,0 | | | | | | |
| 3,0 | | | | | | |
| 4,0 | | | | | | |
| 5,0 | | | | | | |
| 7,0 | | | | | | |
| 9,0 | | | | | | |
| 12,0 | | | | | | |

[CÁLCULOS]

Massa unitária da areia com teor de umidade h (g/cm^3)

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

m_h massa de areia com teor de umidade h (g)

V volume do recipiente (cm^3)

Teor de umidade real (%)

$$h = \frac{m_i - m_f}{m_f - m_c} \times 100$$

m_i massa da cápsula com areia úmida (g)

m_f massa da cápsula com areia seca (g)

m_c massa da cápsula (g)

Coefficiente de inchamento (V_h/V_s)

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{\gamma_s}{\gamma_h} \times \left(\frac{100 + h}{100} \right)$$

V_h volume de areia com teor de umidade h (cm^3)

V_s volume de areia seca em estufa (cm^3)

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

- Tabela com umidade real, massa unitária e teor de inchamento referente a cada cápsula;
- Curva de inchamento;
- Valor da umidade crítica;
- Valor do coeficiente de inchamento médio;

Os resultados devem ser determinados conforme especificações da NBR 6467:2006.

MASSA ESPECÍFICA E ABSORÇÃO DE ÁGUA

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Reduzir a amostra por quarteamento, até se obter 1 kg de agregado miúdo;
- 2) Manter a amostra submersa em água por 24 horas;
- 3) Retirar o excesso de água e depositar a amostra em uma superfície plana;
- 4) Aplicar uma corrente de ar à amostra, revolvendo-a constantemente para garantir uma secagem uniforme, de forma que os grãos não fiquem fortemente aderidos entre si;
- 5) Preencher o molde tronco-cônico metálico com a amostra sem comprimir o agregado;
- 6) Aplicar 25 golpes suaves com a haste de compactação sobre a camada superficial;
- 7) Levantar verticalmente o molde:
 - a) Se a amostra conservar a forma do molde, continuar a secagem, repetindo os procedimentos descritos de (4) a (7);
 - b) Se a amostra desmoronar, o agregado está na condição saturada com superfície seca;
- 8) Determinar a massa do picnômetro com capacidade para 500 cm³ (m_3);
- 9) Pesar (500,0±0,1) g de areia na condição saturada com superfície seca (m_s) e colocar no picnômetro;
- 10) Determinar a massa do conjunto picnômetro + areia (m_1) com precisão de 0,1 g;
- 11) Encher o picnômetro com água até próximo à marca de 500 cm³ e movê-lo de forma a eliminar as bolhas de ar;
- 12) Colocar o frasco em banho mantido a temperatura constante de (21±2) °C por 1 hora;
- 13) Completar o frasco com água e determinar a massa do conjunto picnômetro + areia + água (m_2) com precisão de 0,1 g;
- 14) Colocar a areia em estufa para determinar a massa seca do agregado (m) com precisão de 0,1 g;
- 15) Determinar a massa do picnômetro cheio de água (m_4) com precisão de 0,1 g e a temperatura da água (T).

OBS: Caso o agregado desmorone na primeira tentativa, deve-se adicionar uma pequena quantidade de água, homogeneizar a amostra, mantê-la em recipiente fechado por 30 min. e repetir os procedimentos descritos de (4) a (7), até que a amostra conserve o formato do molde ao menos uma vez;

OBS: o picnômetro deve sempre ser pesado com sua tampa

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| GRANDEZA | VALOR |
|--|-------|
| m massa de areia seca em estufa (g) | |
| m_s massa ao ar de areia na condição SSS (g) | |
| m_1 massa do conjunto picnômetro + areia (g) | |
| m_2 massa do conjunto picnômetro + areia + água (g) | |
| m_3 massa do picnômetro (g) | |
| m_4 massa do picnômetro + água (g) | |
| T temperatura da água (°C) | |
| ρ_a massa específica da água (g/cm ³) | |

[CÁLCULOS]

Volume de água adicionada ao picnômetro com areia (cm³)

$$V_a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a}$$

Volume do picnômetro (cm³)

$$V = \frac{m_4 - m_3}{\rho_a}$$

Massa específica da areia seca (g/cm³)

$$\rho_1 = \frac{m}{V - V_a}$$

Massa específica da areia na condição SSS (g/cm³)

$$\rho_2 = \frac{m_s}{V - V_a}$$

Massa específica da areia (g/cm³)

$$\rho_3 = \frac{m}{(V - V_a) - \frac{m_s - m}{\rho_a}}$$

Absorção de água (%)

$$A = \frac{m_s - m}{m} \times 100$$

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

- Massa específica do agregado seco;
- Massa específica do agregado saturado com superfície seca;
- Massa específica;
- Absorção de água.

Os resultados devem ser determinados conforme especificações da NBR NM 52:2009 e da NM 30:2000.

TEOR DE UMIDADE SUPERFICIAL

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Preencher o frasco de Chapman com água até a marca de 200 cm³ e deixar em repouso para que a água aderida ao frasco escorra totalmente;
- 2) Adicionar cuidadosamente (500±1) g de agregado úmido no frasco;
- 3) Rotacionar o frasco a uma inclinação de 45° para eliminar as bolhas de ar;
- 4) Manter o frasco em repouso por 45 segundos em superfície plana;
- 5) Realizar a leitura no frasco de Chapman do volume do conjunto areia + água (V_f).

OBS: o teor de umidade é obtido pela média de duas determinações consecutivas. Caso os resultados defiram em mais de 0,5% entre si, deve-se refazer as duas determinações.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| GRANDEZA | VALOR |
|--|-------|
| V_f leitura no frasco de Chapman do volume do conjunto areia + água (cm ³) | |
| ρ_2 massa específica da areia saturada e de superfície seca (g/cm ³) | |

OBS: A massa específica da areia na condição saturada e de superfície seca (ρ_2) deve ser obtida conforme estabelecido pela NBR NM 52:2009.

[CÁLCULOS]

Teor de umidade superficial da areia (%)

$$h = \frac{[500 - (V_f - 200) \rho_2]}{(V_f - 700) \rho_2} \times 100$$

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar o teor de umidade superficial do agregado miúdo, expresso conforme as especificações da NBR 9775:2011.



3

[ENSAIOS DE CIMENTO PORTLAND]

| | |
|---------------------|--|
| ABNT NBR 16606:2017 | Determinação da pasta de consistência normal |
| ABNT NBR 11579:2012 | Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μ m (nº 200) |
| ABNT NBR 16607:2017 | Determinação dos tempos de pega |
| ABNT NBR 16605:2017 | Determinação da massa específica |
| ABNT NBR 11582:2016 | Determinação da expansibilidade Le Chatelier |
| ABNT NBR 7215:1996 | Determinação da resistência à compressão |
| ABNT NBR 11578:1991 | Cimento Portland composto |
| ABNT NBR 12989:1993 | Cimento Portland branco |
| ABNT NBR 13116:1994 | Cimento Portland de baixo calor de hidratação |
| ABNT NBR 5732:1991 | Cimento Portland comum |
| ABNT NBR 5733:1991 | Cimento Portland de alta resistência inicial |
| ABNT NBR 5736:1991 | Cimento Portland pozolânico |
| ABNT NBR 5737:1992 | Cimentos Portland resistentes a sulfatos |

PASTA DE CONSISTÊNCIA NORMAL

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Ajustar o aparelho de Vicat, abaixando a sonda Tetmajer até a placa de vidro e ajustar a marca zero da escala. Deixar a sonda na posição de espera;
- 2) Separar uma massa de $(500,0 \pm 0,5)$ g de cimento e registrar o valor (m_c);
- 3) Separar a massa de água (m_a) a ser ensaiada com precisão de 0,5 g e registrar o valor;
- 4) Com o misturador parado, adicionar a água e em seguida o cimento. Deixar em repouso por 30 segundos;
- 5) Misturar por 30 segundos em velocidade lenta com frequência de (140 ± 5) rpm;
- 6) Desligar o misturador por 60 segundos e, durante os 30 primeiros segundos, raspar as paredes da cuba com espátula de borracha;
- 7) Misturar por um minuto em velocidade rápida com frequência de (285 ± 10) rpm;
- 8) Colocar o molde sobre a placa de vidro e enchê-lo com pasta utilizando a espátula metálica;
- 9) Tirar o excesso e rasar o molde com a régua metálica sem comprimir a pasta;
- 10) Colocar o conjunto no aparelho de Vicat centralizado com a haste;
- 11) Descer a sonda até que entre em contato com a pasta e fixá-la nesta posição por meio do parafuso;
- 12) Após 45 segundos do término da mistura, soltar a haste;
- 13) Aguardar 30 segundos e realizar a leitura da distância em que a sonda se situa da placa de vidro;
- 14) Caso a pasta não atinja uma distância de (6 ± 1) mm da placa de base, repetir o ensaio para uma quantidade diferente de água.

[TEMPO]

- 30s – Água + cimento em repouso;
- 30s – Misturar em velocidade baixa;
- 30s – Raspar paredes da cuba;
- 30s – Cobrir com pano úmido e manter em repouso;
- 60s – Misturar em velocidade alta;
- 45s – Encher o molde e soltar a sonda;
- 30s – Realizar a leitura.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| TENTATIVA | MASSA DE ÁGUA (g) | MASSA DE CIMENTO (g) | ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (mm) |
|-----------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

[CÁLCULOS]

Água de consistência (%)

$$A = \frac{m_a}{m_c} \times 100$$

m_a massa de água utilizada (g)
 m_c massa da amostra de cimento (g)

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar a porcentagem de água necessária para obtenção da consistência normal da pasta de cimento expressa conforme especificações da NBR 16606:2017.

ÍNDICE DE FINURA POR MEIO DA PENEIRA 75 µm (n° 200)

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Colocar uma massa m de $(50,0 \pm 0,5)$ g de cimento sobre a tela da peneira com fundo;
- 2) Com as duas mãos, realizar movimento horizontal de vaivém em um intervalo entre 3 e 5 minutos para espalhar o cimento;
- 3) Tampar a peneira, retirar o fundo e dar golpes suaves para desprender as partículas aderidas ao caixilho e à tela da peneira. Limpar a parte inferior da tela com pincel;
- 4) Encaixar o fundo, retirar a tampa e continuar o peneiramento por um período de 15 a 20 minutos realizando pausa para limpeza da tela em intervalos regulares;
- 5) Colocar a tampa e limpar a tela e o fundo, desprezando o material passante;
- 6) Segurar a peneira com tampa e fundo levemente inclinada e realizar movimentos rápidos de vaivém girando o conjunto em 60° a cada 10 segundos;
- 7) Limpar o fundo da tela com pincel e verificar a massa de material passante;
 - a) Se for superior a 0,05 g, desprezá-la e repetir a etapa (6) até que obter um valor inferior a 0,05 g;
 - b) Quando a massa de material passante for inferior a 0,05 g, determinar a massa (r) de material retido na peneira com precisão de 0,01 g.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| GRANDEZA | VALOR |
|---|-------|
| r resíduo do cimento na peneira 75 µm (g) | |
| m massa inicial de cimento (g) | |
| F_C fator de correção da peneira | |

[CÁLCULOS]

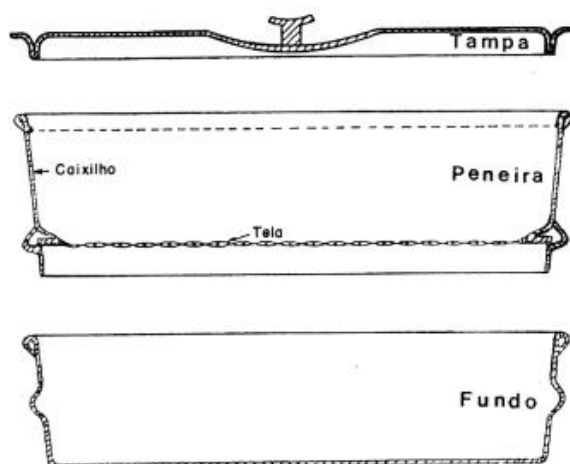
Índice de finura (%)

$$I_F = \frac{r \cdot F_C}{m} \times 100$$

OBS: O fator de correção (F_C) da peneira é determinado de acordo com o disposto na NBR NM ISO 3310-1

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar o índice de finura em porcentagem expresso conforme as especificações da NBR 11579:2012



TEMPO DE PEGA

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Preparar a pasta de consistência normal de acordo com a NBR 16606:2017 e registrar o horário em que ocorreu o contato entre cimento e água;
- 2) Passar uma fina camada de óleo mineral sobre a placa de vidro e superfície interna do molde;
- 3) Encher o molde rapidamente com espátula metálica e rasar sem que a pasta seja compactada;
- 4) Armazenar o molde com a pasta em câmara úmida por 30 minutos, de forma a manter a temperatura no intervalo de (23 ± 2) °C e umidade relativa do ar não menor que 90%;
- 5) Verificar a agulha de Vicat e ajustar o indicador zero da escala;
- 6) Colocar o molde com a placa de vidro sob a agulha do aparelho de Vicat e a descer suavemente até que haja contato com a pasta;
- 7) Soltar a agulha de forma que ela parta do repouso e esperar 30 segundos para realizar a leitura;
- 8) Anotar o horário e a leitura na escala do aparelho de Vicat em milímetros;
- 9) Repetir os procedimentos de (6) a (8) no mesmo corpo de prova em posições espaçadas entre si e da borda do molde em 1 cm e em intervalos de tempo regulares (sugestão: 10 minutos). Limpar a agulha de Vicat imediatamente após cada penetração;
- 10) Anotar os resultados de todas as penetrações e, por interpolação, determinar o tempo em que a distância entre a agulha e a placa base é de (6 ± 2) mm;
- 11) Inverter o molde cheio e alterar a agulha de Vicat para a de determinação do tempo de fim de pega, cujo acessório anular facilita a observação exata de penetrações pequenas;
- 12) Repetir o procedimento (9), adotando um intervalo de 30 minutos entre os ensaios de penetração;
- 13) Registrar o horário em que a agulha penetre pela primeira vez apenas 0,5 mm na pasta.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

Horário do contato da água com cimento ao preparar a pasta: _____

| TEMPO | INTERVALO (min) | HORÁRIO | LEITURA (mm) |
|-------|-----------------|---------|--------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| 11 | | | |
| 12 | | | |
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | | |
| 16 | | | |
| 17 | | | |
| 18 | | | |
| 19 | | | |
| 20 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 23 | | | |
| 24 | | | |
| 25 | | | |
| 26 | | | |
| 27 | | | |
| 28 | | | |
| 29 | | | |
| 30 | | | |

[DEFINIÇÕES]

Início de pega: período a partir do contato da água com o cimento o preparo da pasta até o momento em que a agulha de Vicat dista (6 ± 2) mm da base.

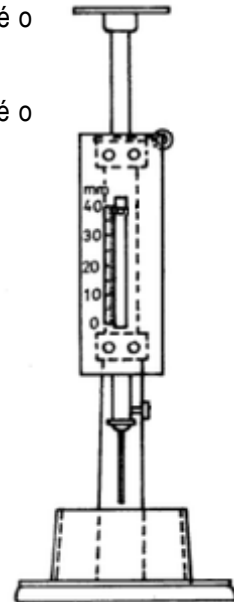
Fim de pega: período a partir do contato da água com o cimento o preparo da pasta até o momento em que a agulha de Vicat penetra 0,5 mm na pasta.

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

- a) Tempo de início de pega;
- b) Tempo de fim de pega.

Os resultados devem ser determinados conforme especificações da NBR 16607:2017.



MASSA ESPECÍFICA

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) O cimento deve ser ensaiado como recebido. Caso existam corpos estranhos, passar a amostra pela peneira com abertura de malha de 150 μm ;
- 2) Encher o frasco volumétrico de Le Chatelier com querosene até o nível compreendido entre as marcas de zero e 1 cm^3 com auxílio do funil de gargalo longo;
- 3) Secar o interior do frasco acima do nível do líquido;
- 4) Colocar o frasco no banho termostático por no mínimo 30 min para que a água e o querosene entrem em equilíbrio térmico à $(20 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$;
- 5) Registrar a primeira leitura (V_1) com aproximação de 0,1 cm^3 ;
- 6) Determinar massa (m) de Cimento Portland que provoque o deslocamento do líquido no intervalo compreendido entre as marcas de 18 cm^3 e 24 cm^3 . Sugestão: $(60,00 \pm 0,01) \text{ g}$;
- 7) Introduzir o material no frasco, com o auxílio do funil de haste curta;
- 8) Tampar o frasco e girá-lo em posição inclinada até que não subam bolhas de ar para a superfície do líquido;
- 9) Registrar a leitura final (V_2) com aproximação de 0,1 cm^3 .

OBS: A temperatura durante o ensaio não pode variar em mais de 0,5 $^\circ\text{C}$.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| FRASCO | MASSA DE CIMENTO (g) | LEITURA INICIAL (cm^3) | LEITURA FINAL (cm^3) |
|--------|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |

[CÁLCULOS]

Massa específica do cimento (g/cm^3):

$$\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}$$

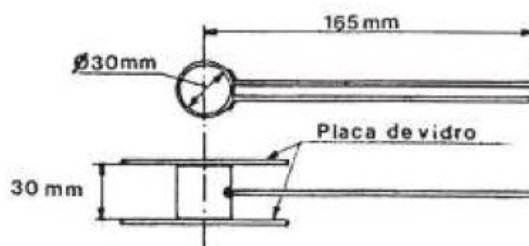
[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar a massa específica para o cimento ensaiado expressa conforme as especificações da NBR 16605:2017.

EXPANSIBILIDADE DE LE CHATELIER (A FRIO)

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Preparar a pasta de consistência normal de acordo com a NBR 16606:2017;
- 2) Moldar três corpos de prova:
 - 2.1) Colocar cada agulha sobre a placa de vidro (ambas lubrificadas com óleo mineral);
 - 2.2) Preencher as agulhas com a pasta utilizando uma espátula metálica, atentando para que a pasta deslize através da espátula por meio de golpes sobre a placa de vidro;
 - 2.3) Rasar o topo e cobrir cada agulha com outra placa de vidro lubrificada;
- 3) Medir em milímetros o afastamento inicial das extremidades de cada agulha;
- 4) Imergir os três conjuntos em tanque de água potável durante (20 ± 4) h para cura inicial;
- 5) Após este período retirar as placas de vidro e deixar apenas as agulhas de Le Chatelier no mesmo tanque, durante seis dias, de forma que as extremidades de suas hastes fiquem fora d'água;
- 6) Realizar a leitura final do afastamento das extremidades das agulhas, em milímetros.



[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| AGULHA | LEITURA INICIAL (mm) | LEITURA FINAL (mm) | EXPANSIBILIDADE A FRIO (mm) |
|--------|----------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

[CÁLCULOS]

$$\text{Expansibilidade} = \text{Leitura final} - \text{Leitura inicial}$$

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar a expansibilidade do cimento ensaiado expressa conforme as especificações da NBR 11582:2016.

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

1) PREPARAR OS MOLDES

- 1.1) Fixar o molde cilíndrico de 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro interno na base.
- 1.2) Aplicar uma leve camada de óleo em toda a superfície interna e no fundo do molde.

2) PREPARAR A ARGAMASSA DE CIMENTO

- 2.1) Em um recipiente misturar as quatro frações areia normal:
 - (468 ± 0,3) g de areia grossa;
 - (468 ± 0,3) g de areia média grossa
 - (468 ± 0,3) g de areia média fina
 - (468 ± 0,3) g de areia fina.
- 2.2) Colocar (300 ± 0,2) g de água na cuba do misturador e adicionar (624 ± 0,4) g de cimento. Misturar em velocidade baixa durante 30 segundos;
- 2.3) Registrar o horário em que o cimento entra em contato com a água de mistura;
- 2.4) Colocar gradualmente as quatro frações de areia normal durante o tempo de 30 segundos sem paralisar a mistura;
- 2.5) Misturar por 30 segundos na velocidade alta;
- 2.6) Desligar o misturador e durante 15 segundos retirar a argamassa aderida às paredes da cuba e à pá, colocando-a no interior da cuba;
- 2.7) Cobrir a cuba com um pano limpo e úmido e deixar a argamassa em repouso por 1 minuto e 15 segundos;
- 2.8) Ligar o misturador na velocidade alta por um minuto.

3) MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

A moldagem dos corpos de prova deve ser feita imediatamente após o amassamento e com a maior rapidez possível.

- 3.1) Com o auxílio da espátula, colocar a argamassa na forma em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais;
- 3.2) Em cada camada, aplicar 30 golpes uniformes com o soquete;
- 3.3) Rasar o topo dos corpos de prova com régua.

4) CURA

- 4.1) Colocar os corpos de prova, ainda nos moldes, em câmara úmida com a face superior protegida por uma placa de vidro plano durante o período de 20 h à 24 h;
- 4.2) Desmoldar e identificar os corpos de prova;
- 4.3) Imergir os corpos de prova separados entre si em tanque de água (não corrente) saturada de cal. Renovar a água do tanque a cada 15 dias.

5) DETERMINAÇÃO DA CARGA DE RUPTURA

- 5.1) Retirar os corpos de prova que serão rompidos e verificar com um paquímetro sua altura e diâmetro em duas posições. Registrar a média dessas dimensões;
- 5.2) Limpar os pratos da prensa e ajustar a escala;
- 5.3) Posicionar o corpo de prova diretamente sobre o prato inferior da prensa, centralizado com o eixo de carregamento;
- 5.4) Descer o prato superior da prensa até que fique posicionado sobre o corpo de prova;
- 5.5) Iniciar a compressão do corpo de prova na prensa e registrar a carga de ruptura.

OBS: Velocidade de carregamento da máquina de ensaio, ao transmitir a carga de compressão ao corpo de prova, deve ser equivalente a (0,25 ± 0,05) MPa/s.



4

[ENSAIOS DE CONCRETO]

| | |
|---------------------|--|
| ACI 211.1-1991 | Dosagem do concreto |
| ABNT NBR 12821:2009 | Preparação de concreto em laboratório |
| ABNT NBR NM 67:1998 | Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone |
| ABNT NBR 5738:2015 | Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova |
| ABNT NBR 5739:2007 | Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos |
| ABNT NBR 7222:2011 | Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos |
| ABNT NBR NM 33:1998 | Amostragem de concreto fresco |

DOSAGEM E PREPARO DO CONCRETO

[DOSAGEM]

Parâmetros utilizados para determinar a dosagem do concreto através do método ACI (*American Concrete Institute*):

| REQUISITOS DO CONCRETO | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|
| fck | | |
| ABATIMENTO | | |
| FATOR a/c | | |
| VOLUME | | |
| INFORMAÇÕES DO AGREGADO GRAÚDO | | |
| DIÂMETRO MÁXIMO | | |
| MÓDULO DE FINURA | | |
| MASSA UNITÁRIA | | |
| MASSA ESPECÍFICA | | |
| INFORMAÇÕES DO AGREGADO MIÚDO | | |
| DIÂMETRO MÁXIMO | | |
| MÓDULO DE FINURA | | |
| MASSA UNITÁRIA | | |
| MASSA ESPECÍFICA | | |
| TEOR DE UMIDADE | | |
| INFORMAÇÕES DO CIMENTO PORTLAND | | |
| TIPO DO CIMENTO | | |
| MASSA ESPECÍFICA | | |
| QUANTITATIVO DE MATERIAIS (kg) | | |
| MATERIAL | CALCULADO | CORRIGIDO |
| CIMENTO | | |
| AREIA | | |
| BRITA | | |
| ÁGUA | | |

OBS¹: O teor de umidade do agregado miúdo deve ser determinado imediatamente antes do preparo do concreto;

OBS²: Fazer a correção da quantidade de água, considerando a umidade presente na areia de forma a não alterar o fator água/cimento utilizado na dosagem do concreto.

[PREPARO DO CONCRETO]

Para o preparo do concreto, os materiais que serão utilizados devem ser armazenados em mantidos em ambiente com temperatura controlada de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ por um período mínimo de 24h antes da mistura.

Para a confecção do concreto em laboratório com betoneiras que não dispõem de caçamba, deve-se seguir o seguinte procedimento:

- 1) Umedecer a betoneira com água a ser descartada (não usar a água do traço do concreto);
- 2) Retirar o excesso de água;
- 3) Adicionar o agregado graúdo, cerca de 1/3 da quantidade de água de amassamento;
- 4) Acionar a betoneira por aproximadamente 30 segundos;
- 5) Adicionar o cimento e cerca de 1/3 da quantidade de água de amassamento;
- 6) Acionar a betoneira por aproximadamente 30 segundos;
- 7) Adicionar o agregado miúdo e o restante da água;
- 8) Acionar a betoneira durante o tempo necessário para garantir a homogeneidade e trabalhabilidade do concreto.

Sugestão: caso o concreto esteja aderido às paredes da betoneira, interromper a mistura e, com a betoneira desligada, raspar o fundo com auxílio de uma colher de pedreiro ou espátula metálica.

OBS: A norma ABNT NBR 12921:2009 permite intervalos de $(21 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ou $(27 \pm 2) ^\circ\text{C}$ para a temperatura da sala em que os materiais serão estocados, porém o valor deve ser registrado.

CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Umedecer o molde e a placa de base;
- 2) Posicionar o molde sobre a placa;
- 3) Posicionar-se com os pés sobre as aletas, de forma a manter o molde estável;
- 4) Encher o molde rapidamente com concreto em três camadas, cada uma com altura compactada de aproximadamente um terço da altura do molde;
- 5) Compactar cada camada aplicando 25 golpes distribuídos uniformemente com a haste de socamento.
 - a) Compactar a segunda camada e a superior de forma que os golpes apenas penetrem na camada anterior;
 - b) Utilizar um complemento auxiliar tronco-cônico para o preenchimento da camada superior, acumulando excesso de concreto sobre o molde durante a compactação.
- 6) Rasar a superfície da camada superior com uma desempenadeira e limpar a placa de base sem mover o molde;
- 7) Levantar o molde cuidadosamente na direção vertical em movimento constante para cima em um período de 5 a 10 segundos;
- 8) Medir o abatimento do cone imediatamente após a retirada do molde, conforme indicado na figura 1, aproximando aos 5 mm mais próximos;

Caso ocorra deslizamento ou desmoronamento da massa de concreto repetir o procedimento para uma outra porção da amostra.

[TEMPO]

O tempo entre o preenchimento do molde e o desmolde não deve ser superior a 150 segundos;

O tempo entre a coleta da amostra e o desmolde não deve ser superior a 5 minutos.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| LEITURA | ABATIMENTO (cm) |
|---------|-----------------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

- a) o valor do abatimento do corpo de prova;
- b) descrição visual de possíveis anomalias observadas (deslizamento, colapso, etc.).

Os resultados devem ser determinados conforme especificações da NBR NM 67:1998.

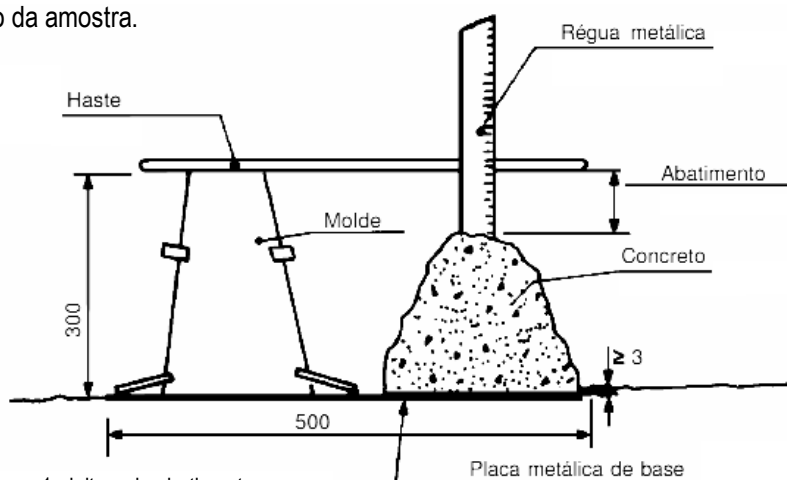


Figura 1 - leitura do abatimento

MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA

[PROCEDIMENTO]

- 1) Revestir os moldes dos corpos de prova e suas bases com uma camada fina de óleo mineral ou outro lubrificante que não reaja com o cimento;
- 2) Inserir o concreto nos moldes cilíndricos com auxílio de uma concha de seção U em número de camadas definido pela tabela abaixo:
- 3) Realizar adensamento manual com a haste, aplicando o número de golpes determinado pela tabela a seguir:
- 4) Rasar a última camada com régua metálica ou colher de pedreiro e limpar a base do molde;
- 5) Tampar a superfície superior do molde com filme plástico ou com placa de vidro devidamente lubrificada;
- 6) Armazenar os moldes sobre superfície plana horizontal livre de vibrações por um período de 24 horas;
- 7) Desmoldar e identificar os corpos de prova;
- 8) Armazenar os corpos de prova em solução saturada de hidróxido de cálcio ou em câmara úmida até o momento dos ensaios de resistência

| DIÂMETRO (mm) | NÚMERO DE CAMADAS | NÚMERO DE GOLPES |
|---------------|-------------------|------------------|
| 100 | 2 | 12 |
| 150 | 3 | 25 |
| 200 | 4 | 50 |
| 250 | 5 | 75 |
| 300 | 6 | 100 |

- 3.1) A primeira camada deve ser toda atravessada pela haste evitando o contato com a base;
- 3.2) Nas demais camadas, a haste deve penetrar aproximadamente 20 mm na camada inferior;
- 3.3) A última camada deve ser moldada com excesso de concreto para que seja possível preencher todo o volume do molde ao ser adensada;

NOTA: Não é permitido completar volume do molde com concreto após o adensamento da última camada.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Realizar duas leituras ortogonais com precisão de 0,1 mm do diâmetro na metade da altura de cada corpo de prova a ser ensaiado;
- 2) Preparar as bases dos corpos de prova pelo método de capeamento ou com utilização de discos com *Neoprene*;
- 3) Verificar se as faces dos pratos da prensa estão limpas e secas;
- 4) Posicionar o corpo de prova no prato inferior de forma que fique centralizado;
- 5) Descer o prato superior até entrar em contato com o corpo de prova e iniciar o carregamento;
- 6) O carregamento deve ser contínuo e sem choques, em uma velocidade de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s;
- 7) Ensaio é finalizado quando ocorrer ruptura do corpo de prova, caracterizado pela queda brusca da força;
- 8) Registrar a carga de ruptura.

[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: __ / __ / ____

| IDADE (DIAS) | CORPO DE PROVA | DIÂMETRO 1 (mm) | DIÂMETRO 2 (mm) | CARGA DE RUPTURA () |
|-----------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

[CÁLCULOS]

Resistência à compressão (MPa):

$$f_c = \frac{4 F}{\pi \times D^2}$$

F carga de ruptura (N)

D diâmetro médio do corpo de prova (mm)

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

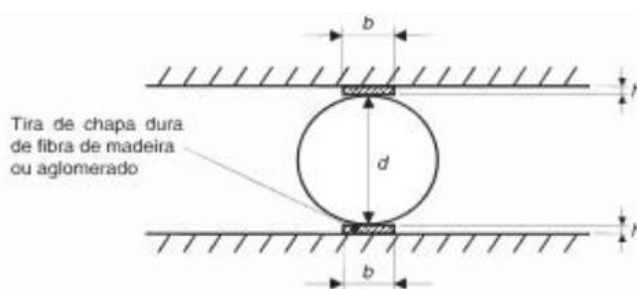
- a) tabela com os dados de ensaio;
- b) data da moldagem e do ensaio de resistência à compressão;
- c) resistência à compressão de cada corpo de prova;
- d) tipo de ruptura dos corpos de prova.

Os resultados devem ser determinados conforme especificações da NBR 5739:2007

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

[PROCEDIMENTO DE ENSAIO]

- 1) Realizar duas leituras ortogonais com precisão de 0,1 mm do diâmetro na metade da altura de cada corpo de prova a ser ensaiado;
- 2) Determinar com precisão de 0,1 mm a altura do corpo de prova, medida sobre seu eixo longitudinal;
- 3) Posicionar o corpo de prova na prensa entre duas chapas de forma que o plano axial definido por geratrizes diametralmente opostas, que devem receber o carregamento, coincida com o eixo de aplicação de carga;
- 4) Ajustar os pratos da prensa até que se obtenha uma compressão capaz de manter a posição do corpo de prova;
- 5) O carregamento deve ser contínuo e sem choques, em uma velocidade de $(0,05 \pm 0,02)$ MPa/s;
- 6) Ensaio é finalizado quando ocorrer ruptura do corpo de prova, caracterizado pela queda brusca da força;
- 7) Registrar a carga de ruptura.



[DADOS DE ENSAIO]

Data do ensaio: ___ / ___ / ____

| IDADE (DIAS) | CORPO DE PROVA | ALTURA (mm) | DIÂMETRO 1 (mm) | DIÂMETRO 2 (mm) | CARGA DE RUPTURA () |
|-----------------|-------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

[CÁLCULOS]

Resistência à tração por compressão diametral (MPa)

$$f_{ct,sp} = \frac{2 F}{\pi \times d \times \ell}$$

- F carga de ruptura (N)
 d diâmetro médio do corpo de prova (mm)
 ℓ altura do corpo de prova (mm)

[RESULTADOS]

O relatório deve apresentar:

- a) tabela com os dados de ensaio;
- b) data da moldagem e do ensaio de resistência à tração por compressão diametral;
- c) força máxima aplicada;
- d) resistência à tração de cada corpo de prova.

Os resultados devem ser determinados conforme especificações da NBR 7222:2011.

[AMOSTRAGEM E AGREGADO]

A norma ABNT NBR NM 26:2009 apresenta diversas formas de amostragem, dentre elas a por meio de pilhas, adaptada e descrita a seguir:

- 1) Formar uma fila de agregado, despejando-o de forma linear e contínua sobre uma superfície limpa, de forma que cada fração da amostra seja depositada ao longo do comprimento total da fila, terminando sempre em uma das extremidades;
- 2) Repetir o procedimento descrito em (1) para todas as frações da amostra, iniciando sempre na extremidade em que a anterior foi finalizada;
- 3) Retirar o material contido nas faixas de aproximadamente 30 cm das extremidades e redistribuí-lo ao longo da pilha;
- 4) Separar a pilha em 8 segmentos e armazenar os agregados em recipientes individuais para armazenamento do agregado.

[REDUÇÃO DA AMOSTRA DE AGREGADO] *por separador mecânico*

- 1) Posicionar o separador mecânico (quarteador) de forma que os dois recipientes estejam centralizados sob o separador;
- 2) Colocar a amostra no quarteador, de forma uniforme e com velocidade que permita que o agregado passe livremente através das calhas;
- 3) Repetir o procedimento descrito em (2) quantas vezes forem necessárias para reduzir a amostra na quantidade necessária.

OBS¹: para agregados miúdos, é necessário que ele se encontre mais seco que na condição de saturado com superfície seca.

OBS²: para agregado graúdo ou mistura de graúdo com miúdo, a amostra deve estar levemente umedecida para evitar perda de materiais finos.

[AMOSTRAGEM DE CONCRETO]

- As amostras devem ser obtidas aleatoriamente, logo após a adição e homogeneização de todos os componentes do concreto;
- O volume de amostra deve ser pelo menos 1,5 vezes a quantidade necessária para realizar os ensaios. Para os ensaios de resistência à compressão a amostra mínima será de 30 litros;
- O tempo decorrido entre a obtenção da primeira e última amostra não deve ser maior que 15 minutos;
- Na utilização de betoneiras estacionárias a extração das amostras deverá ser realizada durante a operação de descarga interceptando o fluxo de concreto com o recipiente ou desviar completamente a descarga para dentro do recipiente de amostragem.
- O ensaio de abatimento deve ser iniciado em até 5 minutos após a obtenção da amostra;
- Os corpos de prova para os ensaios de resistência devem ser moldados em até 15 minutos após a obtenção da amostra;
- A amostra deve ser mantida em local protegido de sol, vento e qualquer outra fonte de evaporação ou contaminação.