



Apostila de ensaios de concretos e agregados

3ª Edição

Este material é baseado no Manual “Ensaio de agregados, concreto fresco e concreto endurecido MT 6” da Associação Brasileira de Cimento Portland. A reprodução de partes de seu conteúdo foi gentilmente autorizada pela ABCP.

Curitiba-PR
Janeiro de 2011

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - ENSAIOS DE AGREGADOS	5
AGREGADOS PARA CONCRETO (NBR 7211: 2009)	6
AMOSTRAGEM DE AGREGADOS E REDUÇÃO PARA ENSAIOS DE LABORATÓRIO (NBR NM 26: 2009 E NBR NM 27: 2001).....	13
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS (NBR NM 248: 2003).....	16
DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO (NBR NM 46: 2003).....	21
TEOR DE ARGILA EM TORRÕES E MATERIAIS FRIÁVEIS (NBR 7218: 2010).....	24
ÍNDICE DE FORMA DE AGREGADO GRAÚDO PELO MÉTODO DO PAQUÍMETRO (NBR 7809: 2006) versão corrigida 2008.....	28
AGREGADOS – DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA E VOLUME DE VAZIOS (NBR NM 45: 2006)	31
AGREGADO GRAÚDO - ENSAIO DE ABRASÃO "LOS ANGELES" (NBR NM 51 - 2001).....	35
MASSA ESPECÍFICA, MASSA ESPECÍFICA APARENTE E ABSORÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO (NBR NM 53: 2009)	38
MASSA ESPECÍFICA, MASSA ESPECÍFICA APARENTE E ABSORÇÃO DO AGREGADO MIÚDO (NBR NM 52: 2009 E NBR NM 30: 2001)	42
IMPUREZAS ORGÂNICAS EM AGREGADOS MIÚDOS (NBR NM 49: 2001)	47
ENSAIO DE QUALIDADE DA AREIA (NBR 7221: 1987).....	49
ENSAIO DE INCHAMENTO DA AREIA (NBR 6467: 2006).....	53
DETERMINAÇÃO DA UMIDADE SUPERFICIAL EM AGREGADO MIÚDO - MÉTODO DO FRASCO DE CHAPMAN (NBR 9775: 1987).....	58
AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE TOTAL, POR SECAGEM, EM AGREGADO GRAÚDO (NBR 9939: 1987).....	60
CAPÍTULO II- ENSAIOS DE CONCRETO FRESCO.....	65
AMOSTRAGEM DE CONCRETO FRESCO (NBR NM 33: 2003)	66
ÁGUA PARA AMASSAMENTO DO CONCRETO (ABNT NBR 15900)	68
DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (ABNT NM 67: 1998)	77
MOLDAGEM E CURA DE CORPOS-DE-PROVA DE CONCRETO (NBR 5738: 2003 / Emenda1:2008)	79
RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO DE CONCRETO FRESCO (NBR 9605: 1992)	82

MASSA ESPECÍFICA, DO RENDIMENTO E DO TEOR DE AR PELO MÉTODO GRAVIMÉTRICO (NBR 9833: 2008/Corrigida 2009)	88
--	----

CAPÍTULO III - ENSAIOS DE CONCRETO ENDURECIDO..... 95

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL (NBR 5739: 2007)	96
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL (NBR 7222:2010).....	101
DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO EM CORPOS-DE-PROVA PRISMÁTICOS (NBR 12142:2010)	104
MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO (NBR 8522: 2008).....	107
CÂMARAS ÚMIDAS E TANQUES PARA CURA DE CORPOS-DE-PROVA DE ARGAMASSA E CONCRETO (NBR 9479: 2006)	110
ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS – ABSORÇÃO DE ÁGUA, ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA, (ABNT NBR 9778 : 2005 / Corrigida em 2009).....	111
PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO (NBR 6118: 2007).....	115
EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO (NBR 14931: 2004).....	119
EXECUÇÃO DE CONCRETO DOSADO EM CENTRAL (NBR 7212: 1984).....	123
PREPARO, CONTROLE E RECEBIMENTO DO CONCRETO (NBR 12655: 2006)	128
CONCRETO ENDURECIDO - AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO (NBR 7584 – 1995).....	137
CONCRETO – EXTRAÇÃO, PREPARO E ENSAIO DE TESTEMUNHOS DE CONCRETO (ABNT NBR 7680 – 2007)	145

CAPÍTULO IV - ENSAIOS DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA E PAVIMENTAÇÃO

..... 158

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA (NBR 6136: 2007)	159
RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE PRIMAS DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA ESTRUTURAL (NBR 8215: 1983).....	165
BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA – MÉTODOS DE ENSAIO (NBR 12118: 2006).....	169
PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO (NBR 9781: 1987).....	176
RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO (NBR 9780: 1987)	178

CAPÍTULO V - ENSAIOS DE TUBOS E TELHAS DE CONCRETO..... 180

REQUISITOS E ENSAIOS DE TELHAS DE CONCRETO (NBR 13858-2: 1997)	191
--	-----

CAPÍTULO I - ENSAIOS DE AGREGADOS

AGREGADOS PARA CONCRETO (NBR 7211:2009)

1. INTRODUÇÃO

Os agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos. Ocupam de 60 a 80% do volume total do concreto, portanto sua qualidade é de grande importância para a qualidade final do mesmo. As características dos agregados que mais se destacam para a fabricação do concreto são: porosidade, composição granulométrica, absorção de água, forma e textura superficial das partículas, resistência à compressão, módulo de elasticidade e os tipos de substâncias deletérias presentes. Essas características dos agregados influem nas propriedades do concreto. No estado fresco podem afetar sua coesão, consistência e trabalhabilidade e no estado endurecido a resistência à compressão, estabilidade dimensional, durabilidade, resistência à abrasão e aspecto visual.

2. CLASSIFICAÇÃO

Quanto à origem:

- a. Naturais: encontrados na natureza e podem requerer processos simples de lavagem ou seleção. Ex: areia e pedregulho.
- b. Artificiais: materiais processados industrialmente, incluindo-se britagem, a partir de matérias-primas naturais. Ex: brita, pedrisco, argila expandida, EPS, concreto reciclado de demolições, etc.

Quanto à massa específica:

- a. Leves: agregados com massa específica menor que 2000 kg/m^3 . Ex: EPS, argila expandida, vermiculita.
- b. Normais: agregados com massa específica entre 2000 kg/m^3 e 3000 kg/m^3 . Ex: areias naturais de cava ou praia, pedras britadas, pedregulho, etc.
- c. Pesados: agregados com massa unitária acima de 3000 kg/m^3 . Ex: barita, magnetita, hematita, etc.

Quanto às dimensões:

- a. Miúdos: agregados cujos grãos passam pela peneira 4,75 mm e ficam retidos na peneira 150 μm , em ensaio realizado de acordo com a NBR NM 248.
- b. Graúdos: agregados cujos grãos passam pela peneira 75 mm e ficam retidos na peneira 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a NBR NM 248.

3. DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Para a determinação da distribuição granulométrica dos agregados, são utilizadas duas séries de peneiras: normal e intermediária, conforme a Tabela 1.

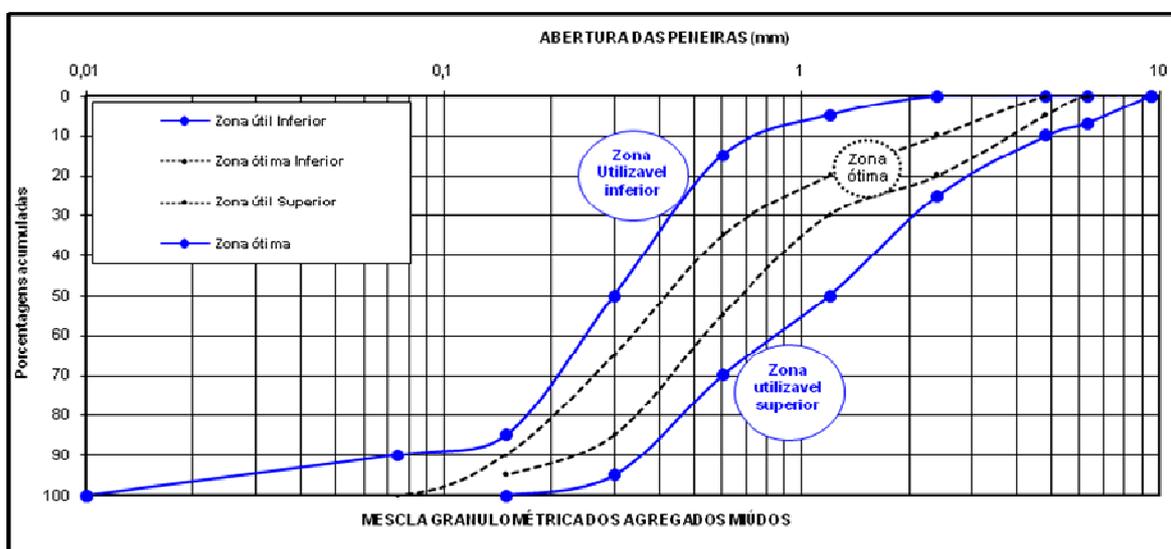
A distribuição granulométrica deve atender aos limites das Tabelas 2 e 3.

Tabela 1 – Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária (abertura nominal).

Série normal (mm)	Série intermediária (mm)
75	-
-	63
-	50
37,5	-
-	31,5
-	25
19	-
-	12,5
9,5	-
-	6,3
4,75	-
2,36	-
1,18	-
0,60	-
0,30	-
0,15	-

Tabela 2 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (mm)	Porcentagem retida acumulada (em massa)			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona utilizável	Zona ótima
9,5	0	0	0	0
6,3	0	0	0	7
4,75	0	0	5	10
2,36	0	10	20	25
1,18	5	20	30	50
0,6	15	35	55	70
0,3	50	65	85	95
0,15	85	90	95	100



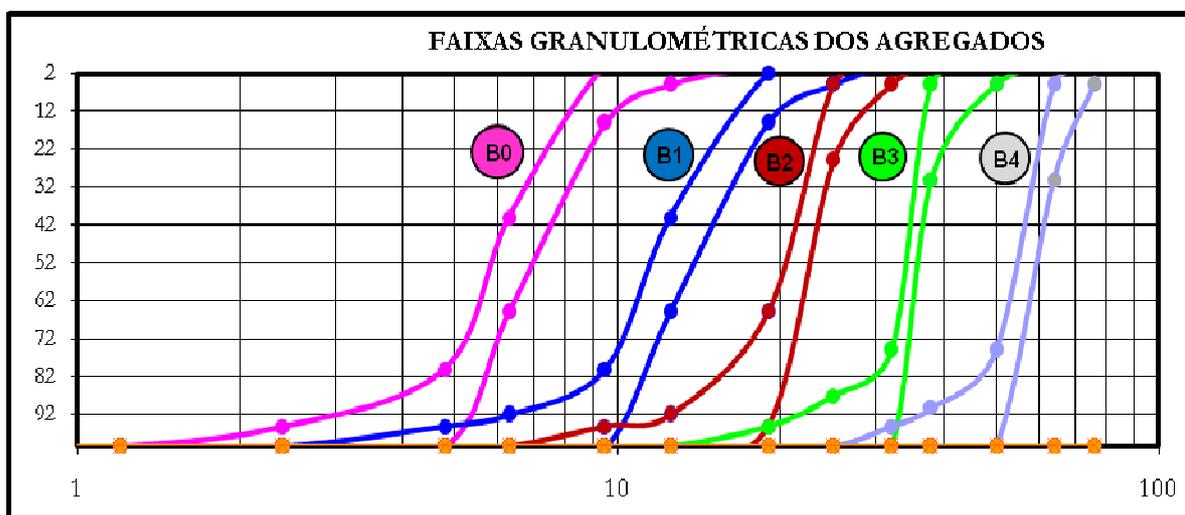
Nota: módulos de finura das faixas granulométricas variam:

- Entre 2,20 e 2,90 para a zona ótima.
- Entre 1,55 e 2,20 para a zona utilizável inferior.
- Entre 2,90 e 3,50 para a zona utilizável superior.

Tabela 3 – Limites da distribuição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (mm)	Porcentagem retida acumulada (em massa)				
	Zona granulométrica d/D ¹⁾				
	4,75 / 12,5	9,5 / 25	19 / 31,5	25 / 50	37,5 / 75
75				-	0 – 5
63				-	5 – 30
50				0 – 5	75 – 100
37,5				5 – 30	90 – 100
31,5			0 – 5	75 – 100	95 – 100
25		0 – 5	5 – 25 ²⁾	87 – 100	-
19		2 – 15 ²⁾	65 ²⁾ – 95	95 – 100	-
12,5	0 – 5	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-
9,5	2 – 15 ²⁾	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-
6,3	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-	-
4,75	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-	-
2,36	95 - 100	-	-	-	-

1) Zona granulométrica correspondente à menor (d) e maior (D) dimensão do agregado graúdo.
 2) Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo 5 unidades percentuais em apenas um dos limites.



4. SUBSTÂNCIAS NOCIVAS

As quantidades de substâncias nocivas devem atender aos limites da Tabela 3.

No caso de agregados miúdos produzidos pela britagem de rochas (areia industrializada), os limites para material fino apresentados na Tabela 3 podem ser alterados para 10% em concreto submetido a desgaste superficial e para 12% em concreto protegido de desgaste superficial, desde que se comprove, por apreciação petrográfica, que o material não interfere nas propriedades do concreto.

5. DURABILIDADE

- a. Em agregados de regiões litorâneas ou extraídos de águas salobras ou ainda quando houver suspeita de contaminação natural ou industrial, os teores de cloretos e sulfatos não devem ultrapassar os limites da Tabela 4.
- b. A apreciação petrográfica indica a natureza mineralógica potencial reativa ou não do agregado. Agregados potencialmente reativos devem ser ensaiados pelo método ASTM C 1260, não devendo apresentar expansão maior que a estabelecida na Tabela 4. Agregados com expansão superior a 0,10% só podem ser utilizados em concretos com teor total de álcalis menor ou igual a 3 kg/m^3 ou quando for comprovado que o cimento utilizado atua como inibidor da reação álcali-agregado, como ocorre em alguns cimentos com adições minerais. Alternativamente pode-se verificar a reatividade do agregado de acordo com a NBR 9773. Se a apreciação petrográfica fornecer indicações de que o agregado não é reativo e não houver histórico do comportamento danoso do material, pode-se prescindir do ensaio de reatividade.

Tabela 4 – Limites máximos de substâncias nocivas no agregado, em relação à massa do material (%).

Substância	Método de ensaio		Porcentagem máxima	
			Agregado miúdo	Agregado graúdo
Torrões de argila e materiais friáveis	NBR 7218	Concreto aparente	3,0	1,0
		Concreto sujeito a desgaste superficial	3,0	2,0
		Outros concretos	3,0	3,0
Materiais carbonosos ¹⁾	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5	0,5
		Concreto não aparente	1,0	1,0
Material fino que passa através da peneira 75 µm	NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0	1,0 ^{2) 3)}
		Concreto protegido de desgaste superficial	5,0	1,0 ^{2) 3)}
Impurezas orgânicas ⁴⁾	NBR NM 49		Solução obtida deve ser mais clara que a padrão	-
<p>1) Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos.</p> <p>2) Para o agregado total, o limite pode ser composto até 6,5% desde que se comprove por apreciação petrográfica que os grãos não interferem nas propriedades do concreto.</p> <p>3) Para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1% o limite pode ser de 2%.</p> <p>4) Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura que a solução padrão, a diferença máxima entre os resultados de resistência à compressão previstos na NBR 7221 deve ser de 10%.</p>				

Tabela 5 - Limites máximos para a expansão devida à reação álcali-agregado e teores de cloretos e sulfatos presentes nos agregados

Determinação	Método de ensaio	Limites
Reatividade álcali-agregado	ASTM C 1260	Expansão máxima de 0,10% aos 14 dias de cura agressiva
	NBR 9773 ¹⁾	Expansão máxima de 0,05% aos 3 meses
		Expansão máxima de 0,10% aos 6 meses
Teor de cloretos ²⁾	NBR 9917 NBR 14832 ³⁾	0,2% concreto simples
		0,1 % concreto armado
		0,01% concreto protendido
Teor de sulfatos ⁴⁾	NBR 9917	0,1%

1) Ensaio facultativo.

2) Agregados que excedam os limites podem ser utilizados em concreto, desde que o teor total trazido por todos os componentes, verificado pela NBR 14832 ou ASTM C 1218, não exceda os limites: 0,06% para concreto protendido, 0,15% para concreto armado exposto a cloretos, 0,40% para concreto armado em condições não severas e 0,30% para outros tipos de construção em concreto armado.

3) Método para determinação de cloretos em clínquer e cimento Portland, pode ser utilizado para agregados.

4) Agregados que excedam o limite podem ser utilizados em concreto, desde que o teor total trazido pelos demais componentes não exceda 0,2% ou que fique comprovado o uso de cimento Portland resistente a sulfatos, conforme NBR 5737.

AMOSTRAGEM DE AGREGADOS E REDUÇÃO PARA ENSAIOS DE LABORATÓRIO (NBR NM 26: 2009 E NBR NM 27:2001)

1. INTRODUÇÃO

A amostragem é tão importante quanto o ensaio, por isso deve ser tomado todas as precauções para que se obtenham amostras representativas quanto às suas natureza e características. Para evitar segregação da parte pulverulenta, a extração da amostra deve ser feita com o material úmido.

2. AMOSTRAGEM EM JAZIDAS E DEPÓSITOS NATURAIS

Amostragens em jazidas e depósitos naturais necessitam de uma prévia inspeção visual, para identificação nas variações no material. As extrações devem ser feitas em diferentes locais e profundidades, a cada 20 m, aproximadamente.

3. AMOSTRAGEM EM PILHAS

a. Para agregado graúdo, quando não houver equipamento mecânico, as amostras devem ser formadas por pelo menos três amostras parciais, obtidas no topo, meio e base da pilha, tanto na superfície quanto no seu interior.

b. Nas pilhas de agregados miúdos, aproximadamente 30 cm da camada exterior devem ser removidos para a coleta de amostra abaixo dessa camada.

c. Podem ser introduzidos nas pilhas tubos de amostragem de aproximadamente 30 mm de diâmetro por 2 m de comprimento, no mínimo, a fim de extrair cinco ou mais amostras parciais para formar a amostra composta.

4. AMOSTRAGEM EM CAMINHÕES

a. Se não houver equipamento mecânico para amostragem do agregado graúdo, deve-se escavar três ou mais trincheiras de pelo menos 30 cm de largura e 30 cm de profundidade, de onde se devem coletar amostras parciais com uma pá.

b. A amostragem de agregados miúdos pode ser feita com tubos de amostragem, já descritos anteriormente, retirando-se o número apropriado de amostras parciais.

5. AMOSTRAGEM EM SILOS E CORREIAS DE TRANSPORTE

- a. Três amostras parciais devem ser obtidas de descargas intermitentes após a descarga de pelo menos 1 m³ e, se possível, da parte superior do silo.
- b. Correias devem estar paradas para a coleta de três amostras, tomando-se cuidados para evitar perda de finos.

6. NÚMERO E DIMENSÃO DAS AMOSTRAS

Tabela 1 - Quantidade de amostras a serem coletadas para ensaios físicos ou químicos.

Dimensão característica do agregado (mm)	Número mínimo de amostras parciais	Quantidade total da amostra de campo	
		Em massa (kg)	Em volume (litros)
≤ 9,5	3	25	40
> 9,5 ≤ 19		25	40
> 19 ≤ 37,5		50	75
> 37,5 ≤ 75		100	150
> 75 ≤ 125		150	225

Tabela 2 - Quantidade de amostras a serem coletadas para estudos de dosagem de concreto.

Tipo de agregado	Emprego	Massa mínima da amostra de campo (kg)
Agregado miúdo	apenas um agregado	200
	dois ou mais agregados	150 por agregado
Agregado graúdo	apenas uma graduação	300
	duas ou mais graduações	200 por agregado

7. IDENTIFICAÇÃO E REMESSA DAS AMOSTRAS

- a. Os recipientes devem estar limpos, não podendo ter sido utilizados com outros materiais capazes de interferir nos ensaios, como açúcar ou fertilizantes.
- b. Em cada amostra devem ser identificados: designação do material; procedência; massa da amostra; local e data da amostragem; responsável pela coleta.

8. REDUÇÃO POR QUARTEAMENTO

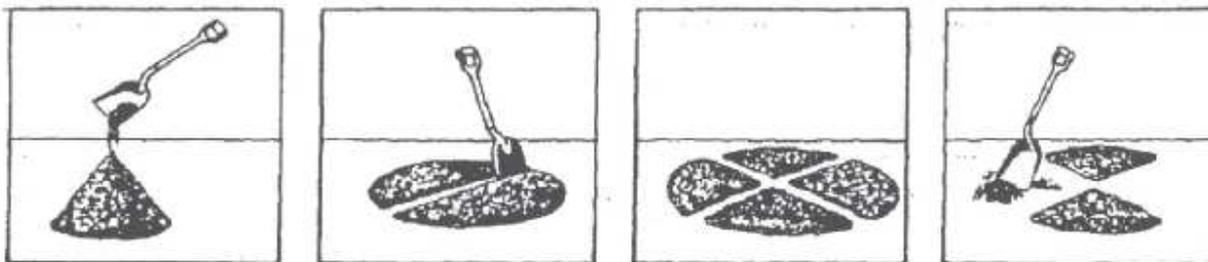
Os agregados devem estar levemente úmidos para evitar a perda de finos. Os equipamentos necessários são:

- a. Pá côncava e reta.
- b. Colher de pedreiro.
- c. Vassoura ou escova.
- d. Lona plástica de aproximadamente 2,0 x 2,5m.

O procedimento para quarteamento obedece aos seguintes passos:

- a. Revolver a amostra três vezes sobre superfície limpa e plana;
- b. Formar um tronco de cone com ajuda da pá, de diâmetro 4 a 8 vezes maior que sua altura, conforme a Figura 1;
- c. Dividir em quatro partes iguais, eliminando duas em sentido diagonal;
- d. Com o material restante, repetir o quarteamento até reduzir a amostra à quantidade necessária para ensaio.

Figura 1 - Quarteamento sobre superfície rígida, limpa e plana.



COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS (NBR NM 248:2003)

1. INTRODUÇÃO

A granulometria é um método de análise que visa classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho. A composição granulométrica é a característica de um agregado de maior aplicação na prática, principalmente para:

- a. determinação do módulo de finura e dimensão máxima característica da curva granulométrica.
- b. A curva granulométrica permite planejar um melhor empacotamento dos grãos de agregados, com isso reduzir vazios e melhorar a interface pasta agregado.
- c. controlar a homogeneidade dos lotes recebidos na obra;
- d. elaborar a dosagem do concreto.

A classificação de um agregado é determinada comparando sua composição granulométrica com as faixas granulométricas especificadas em normas.

2. QUANTIDADE DE MATERIAL

A amostra deve ser coletada conforme NBR NM 26 e formar duas sub-amostras para ensaio conforme NBR NM 27. A quantidade mínima de material para cada determinação da composição granulométrica de um agregado encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade mínima por amostra, por ensaio

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima da amostra (kg)
<4,75	0,3*
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300
* Depois de seco.	

3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Balança (resolução de 0,1% da massa da amostra de ensaio).
- b. Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de (105 +- 5) °C.
- c. Peneiras das séries normal e intermediárias, fundo e tampa.
- d. Agitador mecânico de peneiras (facultativo).
- e. Escovas ou pincéis de cerdas de náilon e de cerdas de latão.
- f. Bandejas plásticas ou metálicas para a determinação de massa.

4. PROCEDIMENTO

- a. Secar as amostras em estufa (100°C a 110°C), esfriar à temperatura ambiente e determinar suas massas (m_1 e m_2). Tomar a amostra m_1 e reservar a m_2 .
- b. Encaixar as peneiras limpas, formando um conjunto, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo, encaixando o fundo na base.
- c. Colocar a amostra ou partes dela na peneira superior, de modo a evitar a formação de uma camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras, para evitar a deformação da tela e prejuízos ao peneiramento. As quantidades máximas em cada peneira estão na Tabela

Tabela 2 - Máxima quantidade de material sobre as peneiras

Abertura da malha (mm)	Máxima quantidade de material sobre a tela (peneiras redondas de 203 mm de diâmetro)
50	3,6
37,5	2,7
25,0	1,8
19,0	1,4
12,5	0,89
9,5	0,67
4,75	0,33
<4,75	0,20

Se o material apresenta quantidade significativa de materiais pulverulentos, ensaiar previamente conforme a NBR NM 46 e considerar o teor de finos no cálculo da composição granulométrica.

e. Promover a agitação mecânica do conjunto por 10 a 15 minutos. Se não houver agitador mecânico, proceder conforme o item “j”.

f. Destacar e agitar manualmente a peneira superior do conjunto, com tampa e fundo, até que após 1 min. o material passante seja inferior a 1% do material retido na peneira.

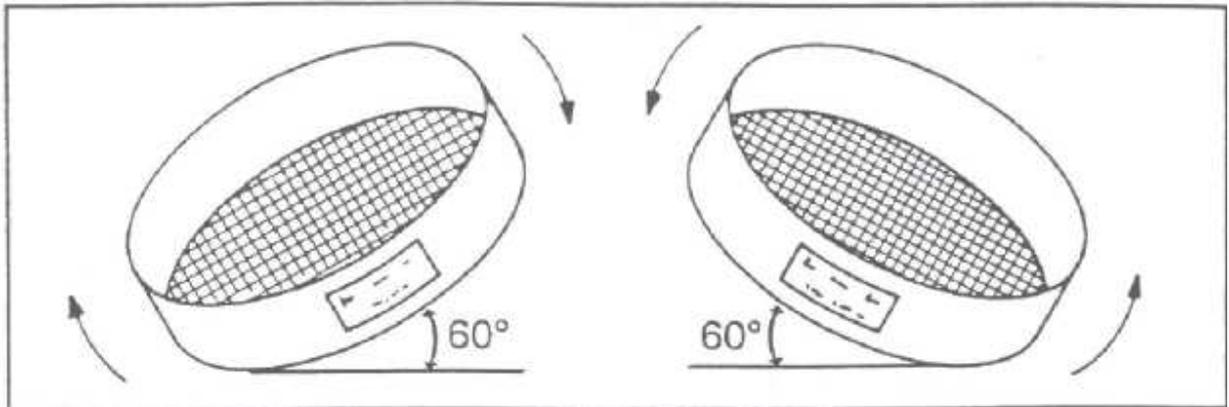
g. Colocar o material retido em bandeja identificada. Escovar a peneira dos dois lados, colocando o resíduo interno na bandeja e o externo no fundo. Todo material do fundo deve ser acrescentado à peneira seguinte.

h. Proceder a partir do item “f” para as demais peneiras. Caso a amostra inicial tenha sido dividida, tomar nova porção e proceder como descrito a partir do item “e”.

i. Determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. A soma das massas não deve diferir mais de 0,3% da massa inicial.

j. Caso não seja possível a agitação mecânica do conjunto, classificar manualmente toda a amostra em uma peneira para depois passar à seguinte. O movimento deve permitir que o material corra sobre a malha (Figura 1). Agitar cada peneira por pelo menos 2 min. e proceder a partir do item “f”.

Figura 1 - Movimento do peneiramento manual.



- k. Peneirar a segunda amostra conforme o procedimento descrito.
- l. Para cada uma das amostras, calcular a porcentagem retida em cada peneira, com aproximação de 0,1%.
- m. As duas amostras devem apresentar a mesma dimensão máxima característica e as porcentagens retidas na mesma peneira não devem diferir em mais de 4%. Caso isto ocorra, repetir o peneiramento para outras amostras.
- n. Calcular as porcentagens médias, retida e acumulada, em cada peneira, com aproximação de 1%.
- o. Determinar a dimensão máxima característica ($D_{m\acute{a}x}$), em mm, como sendo a abertura da malha da peneira na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%.
- p. Determinar o m3dulo de finura (MF), com aproximação de 0,01, que 3 a soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras da s3rie normal, dividida por 100. O valor 3 tanto maior quanto maior o tamanho do agregado.

5. RELAT3RIO DE ENSAIO

O relat3rio de ensaio deve conter:

- a. Porcentagem m3dia retida em cada peneira;
- b. Porcentagem m3dia retida acumulada em cada peneira;
- c. Dimens3o caracter3stica e o m3dulo de finura.

A distribuição granulométrica deve atender aos limites estabelecidos pela NBR 7211. Caso o agregado não se enquadre, só poderá ser utilizado mediante estudos de dosagem que comprovem sua aplicabilidade no concreto.

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO (NBR NM 46:2003)

1. INTRODUÇÃO

O método permite determinar, por lavagem, a quantidade de material mais fino que a abertura da malha da peneira de 0,075 mm presente nos agregados graúdos ou miúdos. O excesso deste material prejudica a aderência entre a pasta de cimento e a argamassa, aumenta o consumo de água devido à alta superfície específica, acarretando retração e diminuição da resistência de concretos e argamassa.

2. EQUIPAMENTOS

- a. Balança com resolução de 0,1 g ou 0,1% da massa da amostra.
- b. Peneiras de 0,075 mm e 1,18 mm.
- c. Recipiente para agitação do material.
- d. Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de 100 a 110 °C.
- e. Dois béqueres de vidro transparente.
- f. Haste para agitação.

3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

- a. Reduzir a amostra de acordo com os procedimentos da NBR NM 27, respeitando a massa mínima apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Massa mínima de amostra de ensaio

Dimensão máxima característica (mm)	Massa mínima (g)
2,36	100
4,75	500
9,5	1000
19,0	2500
≥ 37,5	5000

4. PROCEDIMENTO

- Secar a amostra em estufa (100°C a 110°C) até massa constante (aproximadamente 24 horas) e registrar a massa (A), conforme Tabela 1.
- Colocar a amostra no recipiente e adicionar água até cobri-la. Agitar a amostra vigorosamente até que o material pulverulento fique em suspensão.
- Imediatamente, escoar a água de lavagem sobre as peneiras, colocadas em ordem de diâmetro crescente, de baixo para cima.
- Adicionar uma segunda quantidade de água ao recipiente, agitar e verter a água sobre as peneiras.
- Repetir a operação até que a água de lavagem fique clara, comparando-se visualmente a sua limpidez com uma água limpa, usando os dois béqueres.
- Retornar todo o material retido nas peneiras sobre a amostra lavada.
- Secar o agregado lavado em estufa e determinar a massa restante (B).
- Calcular o teor de material pulverulento do agregado (m):

$$m = \frac{A - B}{A} \times 100(\%)$$

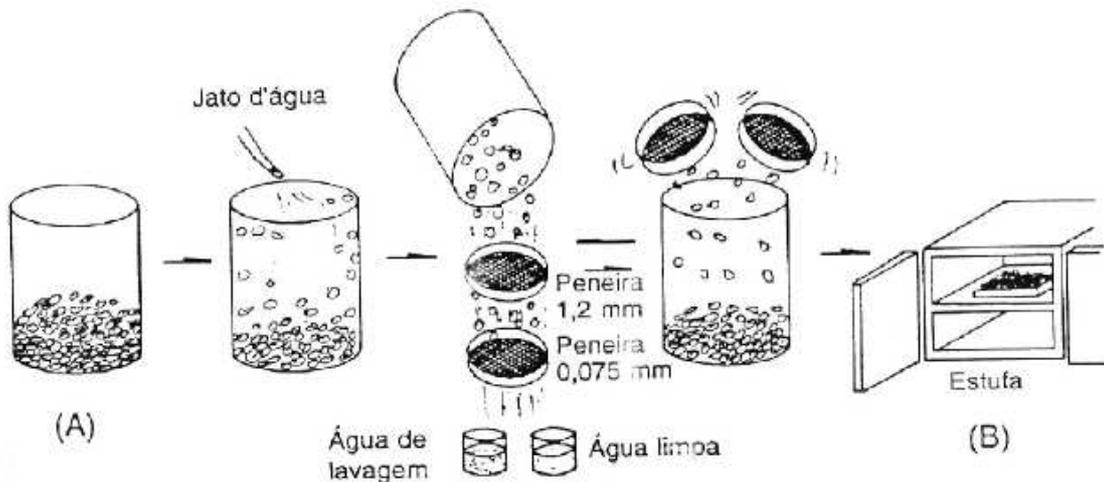


Figura 1 - Seqüência do ensaio

Nota: Quando o material possuir altíssimo teor de finos aderente nas partículas maiores, deve ser usado agente umectante dissolvido em água para dispensar o material fino.

5. RELATÓRIO

- a. O resultado do ensaio é a média de duas determinações.
- b. Informar os resultados de absorção de água com aproximação de 0,1%.
- c. A variação máxima permitida para duas determinações é de 0,5% para agregado graúdo e 1,0% para agregado miúdo.

6. CUIDADOS ESPECIAIS

- a. Durante toda a operação, cuidar para não perder material, o que alterará completamente o resultado.
- b. Após o retorno do material retido nas peneiras ao recipiente, só é permitido retirar água através da peneira 0,075 mm, para evitar perda de material. O excesso de água deve ser evaporado pelo processo de secagem.

TEOR DE ARGILA EM TORRÕES E MATERIAIS FRIÁVEIS (NBR 7218:2010)

1. INTRODUÇÃO

A metodologia permite avaliar a qualidade de um agregado, com relação à contaminação com grãos pouco resistentes, que trarão prejuízo à resistência do concreto e também à sua aparência, uma vez que eles, no caso de concreto aparente, poderão produzir manchas na superfície. Os torrões de argila são detectados no agregado por diferença de coloração, como tem baixa resistência são facilmente esmagados pela pressão do dedo.

2. QUANTIDADE DE MATERIAL

A amostra deve ser coletada conforme NBR 7216; a quantidade mínima de material deve ser tal que, após peneiramento nas peneiras de 76, 38, 19, 4,8 e 1,2 mm, se consiga obter as massas mínimas para cada fração indicada na Tabela 1.

Tabela 1 – Massas Mínimas

Material retido entre as peneiras (mm)	Massa mínima (g)
$\geq 1,2$ e $< 4,8$	200
$\geq 4,8$ e $< 9,5$	1000
$\geq 9,5$ e $< 19,0$	2000
$\geq 19,0$ e < 38	3000
> 38	5000

3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Série normal de peneiras.
- b. Bandejas de ferro ou alumínio.
- c. Balança (resolução de 0,1 g).
- d. Escova com cerdas de latão
- e. Estufa para 105°C a 110°C.

4. PROCEDIMENTO

- a. Secar previamente o material em estufa.
- b. Determinar a composição granulométrica conforme NBR NM 248
- c. Agregado miúdo areia, passar o material na peneira 4,8 mm, e 1,2 mm, determinar uma massa de 200 gramas do material retido na peneira 1,2 mm.
- d. Agregado graúdo brita $d \geq 4,8$ mm, passar o material na peneira 9,5 mm e 4,8 mm, determinar uma massa de 1000 gramas do material retido na peneira 4,8 mm.
- e. Agregado graúdo brita $d \geq 9,5$ mm, passar o material na peneira 19,0 mm, e 9,5 mm, determinar uma massa de 2000 gramas do material retido na peneira 9,5 mm.
- f. Agregado graúdo brita ≥ 19 mm passar o material na peneira 38 mm, e 19 mm, determinar uma massa de 3000 gramas do material retido na peneira 19 mm.

Notas: Uma vez preparado as frações conforme Tabela 1, descartando aquelas que não representam pelo menos 5% da amostra inicial.

O agregado com diâmetro acima de 38 mm praticamente não será realizado ensaio, uma vez que é visível os torrões de argila e materiais friáveis devido ao tamanho do grão.

Tomar cuidado, nessas operações ao manusear os agregados de modo a não triturar os torrões de argila e grãos friáveis presentes.

g. Na seqüência, espalhar a massa de amostra de cada intervalo granulométrico (m_i) em bandejas apropriadas, de maneira a formar uma camada fina. Cobrir a amostra com água destilada, deionizada ou da rede de abastecimento e deixar em repouso durante (24 ± 4) h.

h. Transcorrido esse tempo, identificar as partículas com aparência de torrões de argila ou materiais friáveis e pressionar entre os dedos, de modo a desfazer (quebrar). Não usar as unhas, as paredes ou o fundo do recipiente para quebrar as partículas.

I Em seguida, transferir a massa de amostra de cada intervalo granulométrico das bandejas para as peneiras com abertura indicadas na tabela 2. Proceder ao peneiramento por via úmida para remoção das partículas de argila e materiais friáveis, agitando com as mãos cuidadosamente sem perder parte da amostra com a torneira aberta mantendo o fluxo de água de lavagem.

Tabela 2 – Peneiras para remoção dos resíduos

Material retido entre as peneiras (mm)	Peneira para remoção dos resíduos dos torrões (mm)
>1,2 e < 4,8	0,6
>4,8 e < 9,5	2,4
≥9,5 e < 19,0	4,8
> 19,0 e < 38	4,8
> 38	4,8

Calcular a percentagem de material destorroado de cada fração:

$$\text{Material destorroado (mt)} = \frac{\text{Massa inicial fração (mi)} - \text{massa fração após repeneirada (mf)}}{\text{Massa inicial da fração (mi)}} \times 100(\%)$$

Onde:

mt = teor de argila em torrões e materiais friáveis, em percentagem (%). O resultado deve ser arredondado ao décimo mais próximo;

mi = massa inicial do intervalo granulométrico, em gramas (g)

mf = massa após peneiramento via úmida, em gramas (g)

Calcular o teor parcial de argila em torrões e materiais friáveis:

$$\text{Teor parcial} = \% \text{ material destorroado} \times \% \text{ retida individual} (\%)$$

Calcular o teor global de argila em torrões e grãos friáveis do material:

$$\text{Teor global} = \Sigma \text{ teores parciais}$$

5. RESULTADOS

A amostra deve apresentar os seguintes limites máximos de teor de argila ou materiais friáveis em relação à massa do material.

a. Agregado miúdo: 3,0 %.

b. Agregado graúdo

- concreto aparente: 1,0%.
- concreto submetido a desgaste superficial: 2,0%.
- demais concretos: 3,0%.

ÍNDICE DE FORMA DE AGREGADO GRAÚDO PELO MÉTODO DO PAQUÍMETRO (NBR 7809:2006) versão corrigida 2008

1. INTRODUÇÃO

É o índice que permite avaliar a qualidade de um agregado graúdo em relação à forma dos grãos, considerando que os agregados com grãos de forma cúbica tida como forma ótima para agregados britados, terão índice próximo de 1; os grãos lamelares apresentarão valores bem mais altos, sendo considerado aceitável o limite de 3. O índice se baseia na medida da relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado.

2. QUANTIDADE DE MATERIAL

A amostra deve ser coletada conforme NBR NM 26 e NBR NM 27. A quantidade de material em relação à dimensão máxima é a da Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade mínima de material para ensaio

Dimensão máxima (mm)	Dimensão mínima (kg)
$D_{m\acute{a}x} \leq 19$	5
$19 < D_{m\acute{a}x} \leq 25$	10
$25 < D_{m\acute{a}x} \leq 37,5$	15
$D_{m\acute{a}x} > 37,5$	20

3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Paquímetro.
- b. Balança.
- c. Série normal e intermediária de peneiras.
- d. Estufa para $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$.

4. PROCEDIMENTO

- a. Secar o material na estufa até a constância de peso.
- b. Determinar a composição granulométrica do agregado de acordo com NBR NM 248.

c. Calcular, para cada fração, o número de grãos necessários para o ensaio:

$$N_i = \frac{200}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

Onde:

200 = número de grãos necessários para o ensaio.

N_i = número de grãos a serem medidos na fração i ;

F_i = é a porcentagem de massa retida individual da fração i ;

Nota: Quando N_i for fracionário, deve ser arredondado ao inteiro mais próximo.

d. Quartear cada fração até obter a quantidade necessária de material.

e. Determinar, com aproximação de 0,1 mm, as dimensões “C” e “e” de cada grão (Figura 1), sendo:

C = comprimento de um grão: é a maior dimensão possível de ser medida e define a direção do comprimento;

e = espessura de um grão: é a maior distância possível entre dois planos paralelos à direção do comprimento do grão.

f. Calcular, com aproximação de 0,1 o fator C/e para cada grão.

g. Calcular C/e de cada uma das frações e calcular a média ponderada da amostra.

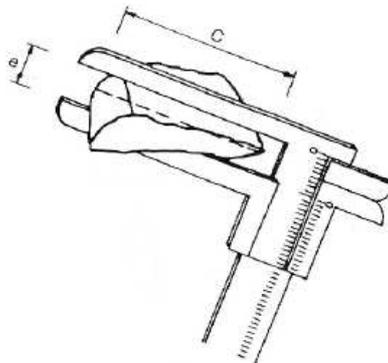


Figura 1 – Dimensões do grão

5. RELATÓRIO

No relatório, identificar a amostra e apresentar a granulometria da amostra, o índice de forma, além dos resultados de medições individuais e cálculo da média ponderada.

AGREGADOS – DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA E VOLUME DE VAZIOS (NBR NM 45:2006)

1. INTRODUÇÃO

Massa unitária de um agregado é a relação entre sua massa e seu volume sem compactar, considerando-se também os vazios entre os grãos. É utilizada para transformar massa em volume e vice-versa. Massa unitária compactada é a relação entre sua massa e seu volume compactado segundo um determinado processo, considerando-se também os vazios entre os grãos. Pode ser feita com um único agregado ou com uma composição destes.

2. FINALIDADE

Utilizado na transformação de massa para volume com vazios entre os grãos de agregados. Aplicação em concreto dosado em volume e para controle de recebimento e estocagem de agregados em volumes. A massa unitária também serve como parâmetro para classificação do agregado quanto à densidade.

3. AMOSTRA

- a. Separar amostra com aproximadamente 150 % do volume do recipiente de ensaio.
- b. Secar em estufa a $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

4. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Balança com resolução de 50 g.
- b. Concha de agregados, de fundo plano.
- c. Estufa para $105 (\pm 5) ^\circ\text{C}$.
- d. Haste de adensamento com extremidade semi-esférica (16 x 600 mm).
- e. Régua metálica com comprimento mínimo de 50 cm.
- f. Recipiente metálico cilíndrico, rígido e com alças, com o volume de acordo com a Tabela

Tabela 1 – Dimensões dos recipientes cilíndricos

Dimensão máxima do agregado (mm)	Capacidade mínima do recipiente (dm ³)	Diâmetro interno do recipiente (mm)	Altura interna do recipiente (mm)
$D_{m\acute{a}x} \leq 37,5$	10	220	268
$37,5 < D_{m\acute{a}x} \leq 50$	15	260	282
$50 < D_{m\acute{a}x} \leq 75$	30	360	294

5. METODO A - MASSA UNITÁRIA COMPACTADA DE AGREGADO COM $D_{M\acute{A}X} \leq 37,5$ MM

- Determinar a massa do recipiente vazio (m_r), em kg.
- Secar o material na estufa (100°C a 110°C), até massa constante (aproximadamente 24 horas).
- Com o material seco enchê-lo em 3 camadas de 1/3 da sua altura e, em cada camada, aplicar 25 golpes com a haste, distribuídos uniformemente. Na primeira camada, evitar atingir o fundo do recipiente e nas demais evitar atingir a camada inferior.
- Nivelar a superfície com a régua metálica.
- Determinar a massa do conjunto recipiente e agregado (m_{ar}), em kg.

6. MÉTODO B - MASSA UNITÁRIA COMPACTADA DE AGREGADO COM $D_{M\acute{A}X} > 37,5$ MM

- Determinar a massa do recipiente vazio (m_r), em kg.
- Com o material seco enchê-lo em 3 camadas de mesma altura. Adensar cada camada elevando os lados opostos do recipiente cerca de 5 cm e deixando-o cair, sendo 25 vezes de cada lado.
- Nivelar a superfície final com a régua metálica.
- Determinar a massa do conjunto (m_{ar}), em kg.

7. MÉTODO C - MASSA UNITÁRIA SOLTA DE AGREGADO SECO OU ÚMIDO

- Determinar a massa do recipiente vazio (m_r), em kg.
- Enchê-lo até transbordar, usando concha de agregados e despejando o material de uma altura de 5 cm da borda superior do recipiente. Evitar a segregação do agregado.

- c. Nivelar a camada superior com a régua metálica (m_{ar}), em kg.
- d. Nota: Ensaio com o material seco, o mesmo deverá ser secado na estufa até massa constante normalmente 24 ± 4 horas

8. CÁLCULO DA MASSA UNITÁRIA

- a. Calcular as massas unitárias pela fórmula:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V} \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

onde: ρ_{ap} = massa unitária do agregado, em kg/m³.

V = volume do recipiente, em m³.

- b. Se necessário calcular a massa unitária na condição saturada superfície seca, usar a seguinte fórmula:

$$\rho_{as} = \rho_{ar} \times \left[1 + \frac{A}{100} \right] \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

onde: ρ_{as} = massa unitária do agregado, em kg/m³.

A unidade poderá ser apresentada em kg/dm³ ou T/m³.

A = absorção do agregado, determinada de acordo com a NM 30 ou a NM 53.

9. Cálculo do índice de vazios

- a) Calcular o índice de vazios empregando a fórmula seguinte:

$$E_v = \frac{100 \times [(d_1 \times \rho_w) - \rho_{ap}]}{d_1 \times \rho_w} \text{ (\%)}$$

onde: E_v = índice de volume de vazios nos agregados, em porcentagem.

d_1 = massa específica relativa do agregado seco, determinada conforme NM 52 ou NM

ρ_w = massa específica da água, em kg/m^3 .

ρ_{ap} = massa unitária média do agregado, em kg/m^3 .

10. RESULTADOS E RELATÓRIO

- a. A média dos resultados é calculada com pelo menos 3 determinações, com desvio menor que 1%.
- b. No relatório, informar os resultados de massa unitária com aproximação de 10 kg/m^3 .
- c. Informar os resultados de índice de vazios com aproximação de 1%.

AGREGADO GRAÚDO - ENSAIO DE ABRASÃO "LOS ANGELES" (NBR NM 51:2001)

1. INTRODUÇÃO

A resistência à abrasão é a resistência ao desgaste superficial dos grãos de agregado quando é submetido ao atrito. Mede, portanto a capacidade do agregado não se alterar (quebrar) quando manuseado. É medida na máquina "Los Angeles" composto por um tambor cilíndrico que gira durante um tempo estabelecido com agregado mais bolas de ferro fundido no seu interior, o impacto das bolas com o agregado provoca o desgaste dos grãos. A amostra entra no ensaio com uma granulometria definida e depois do atrito, peneira novamente para medir o desgaste. A especificação de agregado para concreto NBR 7211:2009 estabelece que o índice de desgaste por abrasão não deve ser inferior a 50% em massa do material inicial.

2. APARELHAGEM

- a) Máquina "Los Angeles" completa conforme especificação composta por um tambor de aço cilíndrico oco de aproximadamente 500 mm de comprimento e 700 mm de diâmetro, eixo horizontal fixado em dispositivo externo que transmite um movimento de rotação ao redor dele próprio. A velocidade deve ser periférica e uniforme;
- b) Carga abrasiva que consiste em esferas de ferro ou aço fundido, com aproximadamente 48 mm de diâmetro e massa entre 390 g e 445 g;
- c) A máquina possui abertura com tampa para introduzir o agregado a ser ensaiado e as bolas de aço, a tampa deve ter trava forte, boa vedação para não permitir perda de pó e de fácil abertura;
- d) Balança com resolução de 0,5 g;
- e) Estufa capaz de manter a temperatura entre $(107,5 \pm 2,5)^{\circ}\text{C}$;
- f) Jogo de peneiras com as seguintes aberturas: 75 mm – 63 mm – 50 mm – 37,5 mm – 25 mm – 19 mm – 12,5 mm – 9,5 mm – 6,3 mm - 4,75 mm – 2,36 mm e 1,7 mm;
- g) Bandeja metálica de aproximadamente 70 x 50 x 50 cm;
- h) Colher retangular ou pá de cabo curto;
 - i) Escova de fibra para limpeza das esferas (carga abrasiva) depois do ensaio.

Tabela 1 - Carga abrasiva

Gradação	Número de esferas	Massa da carga
A	12	5000 ± 25
B	11	4484 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15
E	12	5000 ± 25
F	12	5000 ± 25
G	12	5000 ± 25

Verificar periodicamente se as esferas satisfazem às condições físicas quanto à massa, dimensões e unidade da superfície.

3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

- j) A amostra para ensaio será obtida separando, por peneiramento, as diferentes frações dos agregados, conforme a tabela 2;
- k) Lavar e secar separadamente cada fração do agregado em estufa ($107 \pm 2,5$)°C até massa constante;
- l) Verificar qual o tipo de granulometria do material definido na tabela II que mais se aproxima do agregado em estudo; pesar as quantidades correspondentes das frações obtidas no item b, até completar a massa total da amostra, nas proporções estabelecidas na tabela II e misturá-las muito bem entre si.

4. PROCEDIMENTO DO ENSAIO

- m) Determinar a massa da amostra (M) com precisão de 1 g conforme obtido no item 3 C, secar em estufa e depois colocar a amostra dentro do tambor mais as esferas de aço (carga abrasiva).
- n) Ligar a máquina com a mostra mais a carga abrasiva, o tambor deve girar a uma velocidade entre 30 a 33 r.p.m., até completar 1000 rotações para as graduações E, F e G conforme dados da tabela II.
- o) Retirar o material do tambor e peneirá-lo na peneira de abertura de malha 1,7 mm;
- p) Lavar a amostra retida na peneira de malha 1,7 mm e secar em estufa a ($107,5 \pm 2,5$)°C.
- q) Após o período na estufa, pesar a amostra (M1) com precisão de 1g.

Tabela 2 – Graduação para ensaio

Peneiras # (mm)		Amostra – massa parcial						
Material		Graduação						
Passa	Retido	A	B	C	D	E	F	G
75	63					2500 ₊₅₀		
63	50					2500 ₊₅₀		
50	37,5					5000 ₊₅₀	5000 ₊₅₀	
37,5	25	1250 ₊₂₅					5000 ₊₂₅	5000 ₊₂₅
25	19	1250 ₊₂₅						5000 ₊₂₅
19	12,5	1250 ₊₁₀	1250 ₊₁₀					
12,5	9,5	1250 ₊₁₀	1250 ₊₁₀					
9,5	6,3			1250 ₊₁₀				
6,3	4,75			1250 ₊₁₀				
4,75	2,36				1250 ₊₁₀			
Massa totais (g)		5000 ₊₁₀	5000 ₊₁₀	5000 ₊₁₀	5000 ₊₁₀	10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
Número de rotações do tambor		500	500	500	500	1000	1000	1000

Nota: Antes de colocar a amostra na máquina, verificar a limpeza interna do tambor para evitar contaminação do agregado.

CÁLCULOS:

Calcular a porcentagem de perda por abrasão através da fórmula seguinte:

$$P = \frac{M - M_1}{M}$$

P = Perda por abrasão em porcentagem;

M = Massa do material seco do material obtido;

M1 = Massa do material obtido em 4e.

MASSA ESPECÍFICA, MASSA ESPECÍFICA APARENTE E ABSORÇÃO DO AGREGADO GRAÚDO (NBR NM 53:2009)

1. INTRODUÇÃO

Massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água.

Massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis à água. As determinações de volume são feitas na balança hidrostática, pela diferença de massa do material ao ar e submerso.

Absorção é o aumento de massa do agregado devido ao preenchimento de seus poros permeáveis por água, expressa em porcentagem de sua massa seca. Todas as propriedades são importantes na dosagem de concretos.

2. FINALIDADE

Todas as propriedades são importantes na dosagem de concreto. A massa específica absoluta é utilizada na transformação de massa para volume absoluta sem vazios. Na fórmula de cálculo do consumo de cimento em peso por metro cúbico de concreto utilizamos a massa específica absoluta.

A massa específica também é utilizada para classificação do agregado quanto à densidade.

3. EQUIPAMENTOS

- a. Balança hidrostática com capacidade mínima de 10 kg (resolução 0,1 a 1 g).
- b. Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de 100 a 110°C.
- c. Cesto de arame com abertura de malha 3,35 mm e capacidade de 4 a 7 litros.
- d. Recipiente para conter água onde será imerso o cesto.
- e. Bandeja para determinação da massa de agregado ao ar.
- f. Peneira de malha 4,75 mm.
- g. Panos e concha.

4. AMOSTRAGEM DO MATERIAL

- a. Obter amostra do agregado conforme procedimento da NBR NM 26 e NBR NM 27.
- b. Lavar o material na peneira 4,75 mm, rejeitando o que passar.
- c. Secar em estufa (100°C a 110°C) até massa constante, aproximadamente 24 horas.
- d. Deixar esfriar à temperatura ambiente e pesar a amostra de acordo com a Tabela 1 (A Figura 1).

Tabela 1 - Massa mínima de amostra de ensaio.

Dimensão máxima característica (mm)	Massa mínima de amostra de ensaio (kg)
12,5	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125

5. PROCEDIMENTO

- a. Submergir o agregado em água à temperatura ambiente num período de 20 a 28 horas.
- b. Retirar a amostra da água e envolvê-la em pano absorvente até que o brilho da água seja eliminado da superfície, mas evitando que a água dos poros também evapore.
- c. Determinar, imediatamente, a massa da amostra saturada superfície seca (sss) com precisão de 1 g (C – Figura 1).
- d. Colocar a amostra no cesto de arame, submergi-la em água a temperatura de (23 +- 2) °C e pesar em água utilizando a balança hidrostática (B – Figura 1).

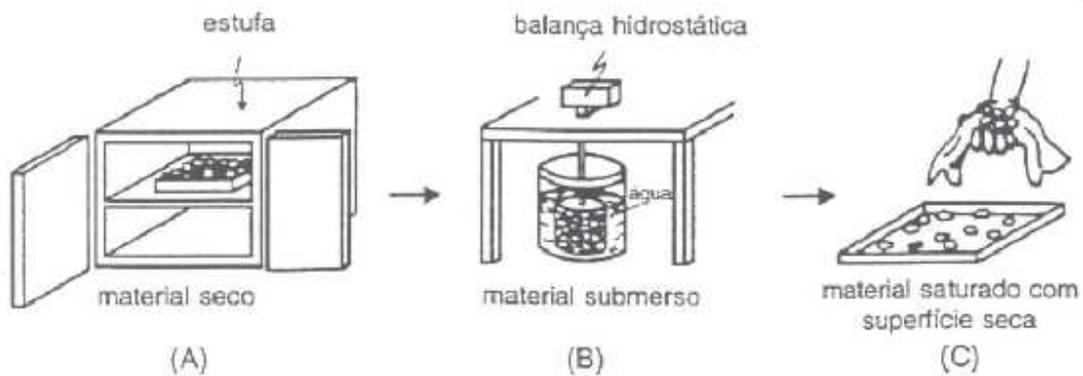


Figura 1 - Seqüência esquemática do ensaio.

e. Determinar a massa específica do agregado seco (d_s):

$$d_s = \frac{A}{C - B} (g / cm^3)$$

f. Determinar a massa específica do agregado na condição saturado superfície seca (d_s):

$$d_s = \frac{C}{C - B} (g / cm^3)$$

g. Determinar a massa específica aparente do agregado (d_a):

$$d_a = \frac{A}{A - B} (g / cm^3)$$

h. Calcular a absorção de água do agregado (a):

$$a = \frac{C - A}{A} \times 100(\%)$$

6. RELATÓRIO

- a. O resultado do ensaio é a média de duas determinações.
- b. Informar os resultados de massa específica com aproximação de 0,01 g/cm³.
- c. Informar os resultados de absorção de água com aproximação de 0,1%.
- d. A variação máxima permitida para duas determinações é de 0,02 g/cm para a massa específica e de 0,3% para a absorção.

7. CUIDADOS ESPECIAIS

- a. Realizar todo o ensaio em ambiente com temperatura controlada: (23 +- 2) °C. Em regiões de clima quente, as temperaturas da água e do ambiente podem ser mantidas no intervalo de (25 +- 2)°C, porém devem ser registradas no relatório.
- b. A balança deve ser previamente zerada antes de todas as determinações de massa. No caso da determinação de massa submersa, a balança deve ser zerada, com o cesto de arame vazio e imerso em água.
- c. Ao determinar a massa do agregado submerso, agitar o cesto para eliminar todo o ar preso entre os grãos.
- d. Recomenda-se que o fio de sustentação do cesto do balde tenha o menor diâmetro possível e que a variação do comprimento submerso, antes e depois da colocação da amostra, não ultrapasse 10 mm, sendo tal variação verificada através de uma marca prévia no fio.

MASSA ESPECÍFICA, MASSA ESPECÍFICA APARENTE E ABSORÇÃO DO AGREGADO MIÚDO (NBR NM 52: 2009 E NBR NM 30:2001)

1. INTRODUÇÃO

- a. Massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água.
- b. Massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis à água. As determinações de volume são feitas na balança, pela massa de água deslocada pelo agregado no frasco.
- c. Absorção é o aumento de massa do agregado devido ao preenchimento de seus poros permeáveis por água, expressa em porcentagem de sua massa seca. Todas as propriedades são importantes na dosagem de concretos.

2. FINALIDADE

Todas as propriedades são importantes na dosagem de concreto. A massa específica absoluta é utilizada na transformação de massa para volume absoluta sem vazios. Na fórmula de cálculo do consumo de cimento em peso por metro cúbico de concreto utilizamos a massa específica absoluta.

A massa específica também é utilizada para classificação do agregado quanto à densidade.

3. EQUIPAMENTOS

- a. Balança com capacidade mínima de 1 kg (resolução 0,1 g).
- b. Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de 100 a 110°C.
- c. Bandejas para pesagem.
- d. Frasco aferido de 500 ml de capacidade (Figura 1).
- e. Molde tronco-cônico, de 40 mm de diâmetro superior, 90 mm de diâmetro inferior e 75 mm de altura.
- f. Soquete metálico com 340 g de massa e superfície de compactação circular plana, com 25 mm de diâmetro.
- g. Espátula de aço.
- h. Ventilador ou secador regulável.

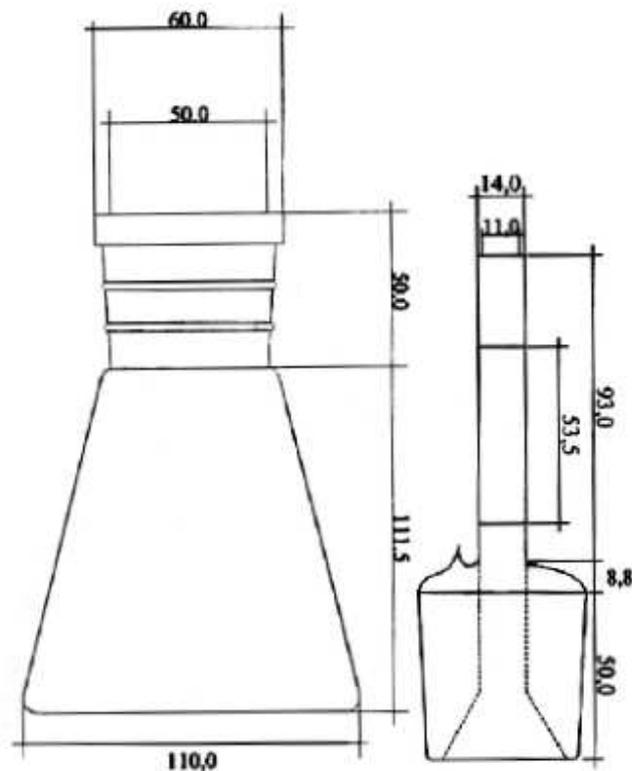


Figura 1 - Frasco para ensaio da Massa Específica

4. VOLUME DO FRASCO (VF)

- a. Determinar a massa do frasco limpo vazio, mais tampa e seco (MF).
- b. Determinar a massa do frasco cheio de água, com as faces externas secas (Ma).

5. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

- a. Obter duas amostras de aproximadamente 1 kg de agregado por quarteamento.
- b. Submergir o agregado em água por 24h.
- c. Retirar as amostras da água, com cuidado para não perder finos, e estendê-las sobre uma bandeja.
- d. Secar as amostras naturalmente ou com auxílio do ventilador, remexendo-as periodicamente, até que os grãos de agregado não fiquem fortemente aderidos entre si.

- e. Colocar o agregado no molde, sem comprimi-lo; compactar sua superfície suavemente com 25 golpes e retirar o molde e verificar se ocorreu desmoronamento ou se permanece o formato de cone.
- f. Continuar a secagem da amostra e repetir a moldagem até que o tronco de cone desmorone parcialmente ao retirar o molde; neste momento o agregado está na condição saturado superfície seca.

6. PROCEDIMENTO PARA MASSA ESPECÍFICA

- a. Determinar imediatamente a massa de 500g da amostra saturada superfície seca (sss).
- b. Colocar rapidamente a amostra (sss) no frasco de vidro.
- c. Colocar parcelas de água no frasco com amostra (sss), e em seguida mover o frasco de forma a eliminar bolhas de ar. Repetir esta operação até completar totalmente com água escoando pelo orifício da tampa.
- d. Colocar o frasco, a água e a amostra (sss) no banho com temperatura de 19°C a 23°C por um período mínimo de 1 hora.

Nota: A temperatura da sala deve estar entre $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ ou $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$.

- e. Secar, com um pano, as paredes externas do frasco. Se baixar o nível de água no orifício da tampa, completar novamente com água.
- f. Determinar a massa do frasco, mais água, agregado e tampa (M_2).
- g. Retirar o agregado do frasco, em seguida secá-lo em estufa $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ até constância de massa, em aproximadamente 24 horas.
- h. Determinar a massa do agregado seco (M).
- i. Calcular a massa do frasco, mais agregado sss (M_1):

$$M_1 = M_S + M_F$$

- j. Calcular o volume de água adicionada no frasco (V_a):

$$V_a = \frac{M_2 - M_1}{\gamma_a}$$

- k. Calcular a massa específica aparente do agregado seco (γ_1)

$$\gamma_1 = \frac{M}{V_F - V_a} (g / cm^3)$$

- l. Calcular a massa específica do agregado saturado superfície seca (γ_2)

$$\gamma_2 = \frac{M_s}{V_F - V_a} (g / cm^3)$$

- m. Calcular a massa específica do agregado (γ_3):

$$\gamma_3 = \frac{M}{(V_F - V_a) - \frac{(M_s - M)}{\gamma_a}} (g / cm^3)$$

7. PROCEDIMENTO PARA CÁLCULO DA ABSORÇÃO

- M_s = Massa ao ar do agregado na condição saturado superfície seca.
- M = Massa da amostra seca na estufa.
- Determinar a absorção de água do agregado miúdo (a):

$$a = \frac{M_s - M}{M} \times 100(\%)$$

8. RELATÓRIO

- O resultado do ensaio é a média de duas determinações.
- Informar os resultados de massa específica com aproximação de 0,01 g/cm³.
- Informar os resultados de absorção de água com aproximação de 0,1%.

- d. A variação máxima permitida para duas determinações é de $0,02 \text{ g/cm}^3$ para a massa específica e de 0,05% para a absorção.

9. CUIDADOS ESPECIAIS

- a. Realizar todo o ensaio em ambiente com temperatura controlada: $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Em regiões de clima quente, as temperaturas da água e do ambiente podem ser mantidas no intervalo de $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ ou $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$, porém devem ser registradas no relatório.
- b. Retirar cuidadosamente o agregado do frasco para não haver perda de material.
- c. É importante que durante a secagem ao ar o material seja mexido periodicamente, para que os grãos da superfície não sequem internamente, mas superficialmente.

IMPUREZAS ORGÂNICAS EM AGREGADOS MIÚDOS (NBR NM 49:2001)

1. INTRODUÇÃO

A metodologia permite avaliar a qualidade de uma areia em relação à contaminação com impurezas orgânicas, as quais, conforme sua natureza e teor podem inibir a hidratação do cimento, prejudicar a resistência do concreto, principalmente nas primeiras idades e aparecer fissuras e pontos escuros no concreto depois de endurecido.

2. EQUIPAMENTOS

- a. Balança com resolução de 0,01 g e capacidade mínima de 1 kg.
- b. Béqueres de vidro de 1 litro.
- c. Provetas graduadas de 10 ml e 100 ml.
- d. Frascos Erlenmeyer com rolha esmerilhada, de 250 ml.
- e. Funil de haste longa
- f. Papel filtro qualitativo.
- g. Dois tubos de ensaio de mesmo volume.
- h. Água destilada ou deionizada.
- i. Hidróxido de sódio com 90 a 95 % de pureza.
- j. Ácido tânico.
- k. Álcool a 95%

3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

- a. Reduzir a amostra de acordo com os procedimentos da NBR NM 27.
- b. Formar amostra com 200 g, se possível com material úmido para evitar perda de finos.

4. CUIDADOS ESPECIAIS

Preparar as soluções com antecedência e em quantidade suficiente para vários ensaios. As soluções, identificadas, devem ser estocadas em frascos de vidro escuro, em local protegido da luz.

a. Preparar a solução de hidróxido de sódio a 3%, misturando:

- 30 g de hidróxido de sódio;
- 970 ml de água.

b. Preparar a solução de ácido tânico a 2%:

- 2 g de ácido tânico;
- 10 ml de álcool;
- 90 ml de água.

5. PROCEDIMENTO

a. Colocar 200 g do agregado seco ao ar em um frasco Erlenmeyer e acrescentar 100 ml da solução de hidróxido de sódio. Agitar vigorosamente.

b. Preparar uma solução padrão com 97 ml da solução de hidróxido de sódio e 3 ml da solução de ácido tânico.

c. Deixar ambos preparados em repouso por 24 h, em ambiente sem raios de luz e sol.

d. Filtrar, em papel filtro, a solução que esteve em contato com o agregado e transferi-la para um tubo de ensaio.

e. Transferir a solução padrão para outro tubo de ensaio e comparar as cores das duas soluções.

6. RELATÓRIO

a. Informar se a solução obtida em “d” é mais clara, de mesma coloração ou mais escura que a solução padrão.

b. Caso a coloração seja mais escura que a da solução padrão, é necessário verificar a qualidade da areia, conforme a NBR 7221.

ENSAIO DE QUALIDADE DA AREIA (NBR 7221:1987)

1. INTRODUÇÃO

Este ensaio é indicado para areia com teor de impurezas orgânicas maiores do que o especificado nas normas brasileiras (intensidade de cor maior que a solução padrão). Ele compara a resistência à compressão de duas argamassas preparadas com o agregado miúdo suspeito, nas condições de lavado e no estado original, para que se possa verificar se a impureza orgânica que o contamina é ou não prejudicial à resistência.

2. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Balança (resolução 0,1 g), com capacidade mínima 1 kg.
- b. Mesa de fluidez.
- c. Fôrma tronco-cônica.
- d. Paquímetro.
- e. Soquete normal para ensaio de cimento.
- f. Argamassadeira.
- g. Espátula com lâmina de metal (10 mm x 150 mm).
- h. Molde cilíndrico (50 mm x 100 mm).
- i. Régua metálica não flexível.
- j. Placas de vidro retangulares 70 mm x 100 mm x 5 mm de espessura.

3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Separar a amostra em duas porções, imergir uma das porções do agregado miúdo numa solução de hidróxido de sódio a 3% por aproximadamente 24 horas e lavar com água até que o seu teor de matéria orgânica esteja com coloração mais clara que a solução padrão.
- b. Lavar com água para retirar completamente o hidróxido de sódio, o que se verifica pela determinação do PH da água de lavagem, que deve ser, então, o mesmo da água limpa.

Nota: Evitar a perda de finos para que o módulo de finura das areias lavada e não lavada não difiram mais que 0,1.

- c. Levar as porções de amostra à condição de saturada com a superfície seca, conforme o método ASTM C 128 e prepara uma quantidade de material ligeiramente maior que a necessária.
- d. Utilizar água e cimento em quantidades tais que resultem numa relação água/cimento de 0,6 em massa. Sugere-se utilizar 620 g de cimento e 372 g de água para cada mistura.
- e. Colocar a água de mistura na cuba e adicionar o cimento. Ligar o misturador em baixa velocidade (140 ± 5 r.p.m.) por 30 segundos.
Colocar o agregado nos 15 segundos seguintes, de modo que se alcance a consistência desejada (220 a 230 mm), conforme o ensaio de fluidez especificado a seguir:
Preencher a fôrma tronco-cônica com 3 camadas de alturas iguais dando 15 golpes na primeira camada, 10 golpes na segunda camada e 5 golpes na terceira camada, sendo que a mesa de fluidez deve cair 30 vezes em 30 segundos.
- f. Mudar para velocidade alta (285 ± 10 r.p.m.) e misturar por 30 segundos.
- g. Parar o misturador e deixar a argamassa descansar por 1,5 minutos. Nos primeiros 15 segundos deste intervalo, raspar rapidamente para baixo as porções de argamassa aderida nas paredes internas da cuba e cobri-la com pano úmido no restante do intervalo.
- h. Finalizar misturando por 1 minuto em velocidade alta.
- i. Se a argamassa estiver muito plástica, devolve-la à cuba, adicionar mais areia e misturar por mais 30 segundos. Anotar a nova quantidade de areia e determinar novamente a consistência.
- j. Fazer várias tentativas de determinação da fluidez e adicionar areia até encontrar o traço correspondente à consistência especificada. Caso a consistência especificada seja encontrada em apenas 1 ou 2 tentativas, pode-se usar a mesma mistura na moldagem; caso contrário, deve-se preparar nova mistura.

Nota: Em qualquer caso que exigir intervalo na mistura, raspar rapidamente para baixo com uma espátula as porções de argamassas aderidas nas paredes internas da cuba antes do prosseguimento do ensaio.

- k. Uma vez encontrado o traço, preparar novas misturas de argamassa, com o mesmo procedimento, mas sem determinar a fluidez.
- l. Preparar, para cada idade, duas misturas de três corpos-de-prova cada, com a areia lavada e não lavada.

Nota: A idade comum de ensaio é de 7 dias; porém outras poderão ser especificadas.

- m. Moldar o corpo-de-prova em quatro camadas, golpeando cada camada 30 vezes com o soquete.
- n. Após o adensamento da última camada, colocar um excesso de argamassa sobre os moldes levá-los à câmara úmida e, após 3 a 4 horas, rasá-los e cobri-los com placa de vidro.
- o. Desmoldar os corpos-de-prova após 20 a 24 horas e imergi-los em água a $23 \pm 2^\circ\text{C}$, exceto os que devam ser ensaiados nessa idade.
- p. Capear os corpos-de-prova com mistura de enxofre e quartzo.
- q. No ensaio de compressão, a velocidade de carregamento deve estar entre 0,20 e 0,30 MPa/s.
- r. Calcular a resistência à compressão de cada corpo-de-prova, arredondando-a ao décimo mais próximo:

$$\text{Resistência à Compressão} = \frac{\text{Carga Máxima}}{\text{Área da seção transversal}} \times \left(\begin{array}{l} \text{N} \\ \text{ou MPa} \\ \text{mm}^2 \end{array} \right)$$

- s. Calcular a média das resistências individuais, em MPa, dos seis corpos de prova de cada série ensaiados na mesma idade.

Arredondar a resistência média ao décimo mais próximo.

- t. Calcular o desvio relativo máximo da série de seis resultados, arredondando a porcentagem obtida ao décimo mais próximo:

$$\text{Desvio relativo máximo} = \frac{\text{Res. Média} - \text{Res. Ind. Que mais se afasta da média}}{\text{Resistência média}} \times 100 (\%)$$

Nota: Desconsiderar a série de seis corpos-de-prova (2 misturas de 3 cps) de uma idade sempre que o desvio relativo máximo for superior a 8%; nesse caso, repetir integralmente o ensaio na mesma idade até obter o desvio relativo máximo menor ou igual a 8 %.

- u. Calcular, para cada idade, a resistência relativa da argamassa;

$$\text{Resistência relativa} = \frac{\text{Resistência média correspondente agreg. original}}{\text{Resistência média correspondente agreg. Lavado}} \times 100 (\%)$$

4. CUIDADOS ESPECIAIS

Contar a idade do corpo-de-prova a partir do instante em que o cimento é posto em contato com a água de mistura.

5. INTERPRETAÇÃO

A NBR 7211:2004 indica que a diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão é de 10%.

ENSAIO DE INCHAMENTO DA AREIA (NBR 6467:2006)

1. INTRODUÇÃO

Os agregados miúdos têm grande capacidade de retenção de água, portanto, na preparação de concretos em que o agregado é proporcionado em volume, é importante considerar o inchamento devido à absorção de água do agregado miúdo conforme a granulometria, podendo variar de 20 a 40%. O inchamento varia com a umidade e, conhecendo-se a curva de inchamento (inchamento em função da umidade), basta que se determine a umidade para que se obtenha essa característica. Em linhas gerais a tensão superficial da película de água aumenta a bolha, os grãos de areia se separam. Depois de certa umidade a água toma os esforços e os grãos descem por adensamento.

O inchamento se aplica na correção do agregado miúdo do concreto dosado em volume e na aquisição de agregado miúdo em volume.

2. AMOSTRA DE MATERIAL

- a. A amostra deve ser coletada conforme NBR NM 26 e NBR NM 27. A quantidade deve ser no mínimo, o dobro do volume do recipiente a ser utilizado.
- b. Secar a amostra por 24 horas ou até massa constante, em estufa a temperatura de $(105 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$.

3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Balança (resolução 100 g) e capacidade mínima 50 kg.
- b. Balança (resolução 0,01 g) e capacidade mínima 200 g.
- c. Recipiente em forma de paralelepípedo conforme NBR 7251.
- d. Régua metálica rígida.
- e. Estufa para 100 a 110°C.
- f. Concha ou pá.
- g. Cápsulas com tampa com capacidade de 50 ml.
- h. Proveta graduada.
- i. Misturador mecânico.
- j. Encerado de lona com dimensões mínimas 2,0 m x 2,5 m.

4. PROCEDIMENTO

- a. Secar o material na estufa até massa constante, aproximadamente 24 horas;
- b. Determinar o volume do recipiente (**V**)
- c. Determinar a tara que é a massa do recipiente seco e vazio (**T**)
- d. Colocar o material seco sobre o encerado de lona ou piso limpo não aderente, homogeneizar e determinar a massa unitária do material seco e solto, conforme NBR 7251.
- e. Determinar massa unitária do material solto e seco (**γ_s**), enchendo o recipiente com a concha até transbordar, despejando o agregado de uma altura de aproximadamente 12 cm, evitando segregação dos grãos. Com a régua de aço rígida, retirar o excesso de agregado por razamento deixando no mesmo nível das bordas superiores do recipiente e determinar a massa do recipiente mais agregados (**Ma**)
- f. Determinar uma massa (peso) do material seco que ultrapasse um pouco ao volume do mesmo recipiente utilizado no ensaio da massa unitária seca. Este material é utilizado para realizar todas as massas unitárias úmidas (**γ_h**);
- g. Sobre esta massa obtida de material seco, adicionar 0,5% de água, homogeneizar cuidadosamente a amostra úmida manualmente no encerado ou através do misturador mecânico, evitando perdas de material.
- h. Determinar a massa unitária do material com 0,5% de umidade (**γ_h**) enchendo o recipiente com a concha até transbordar, despejando o agregado de uma altura de aproximadamente 12 cm. Com a régua de aço, rígida, retirar o excesso de material, por razamento, deixar no mesmo nível das bordas superiores do recipiente e determinar a massa do recipiente mais agregados (**Mh**).
- i. Coletar o material úmido e homogêneo na cápsula e determinar a massa da cápsula com o material úmido e colocar na estufa até constância de massa, aproximadamente 24 horas
- j. Repetir sucessivamente (**γ_h**) aplicando os mesmos procedimentos, com a mesma amostra obtida no item C, com todos os teores de umidades previstos na Tabela 1.
- k. Nota: Não esquecer de retirar a cápsula com material úmido de cada ensaio, pesar e colocar na estufa para determinação da umidade.

Tabela 1 – Massa unitária

MASSAS UNITÁRIAS PARA CURVA DO ENSAIO DE INCHAMENTO	
Média de 03 ensaios	Teor de umidade
1º	0,0 %
2º	0,5 %
3º	1,0 %
4º	2,0 %
5º	3,0 %
6º	4,0 %
7º	5,0 %
8º	7,0 %
9º	9,0 %
10º	12,0 %

l. Calcular a massa unitária do material seco (γ_s)

$$\gamma_s = \frac{Ma - T}{V}$$

m. Calcular a massa unitária do material úmido (γ_h)

$$\gamma_h = \frac{Mh - T}{V}$$

n. Determinar a umidade, com aproximação de 0,1%, pesando a cápsula com material coletado (M_h) e depois com material seco em estufa a $(100 \pm 5)^\circ\text{C}$ por 24 horas ou até constância de massa (M_f):

$$h = \frac{Mh - M_f}{M_f - M_c} \times 100(\%)$$

Onde:

h = teor de umidade do agregado, em %.

M_c = massa da cápsula vazia, em g.

f. Para cada teor de umidade, calcular o coeficiente de inchamento:

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

Sendo:

V_h = volume do agregado com h% de umidade, em cm^3 .

V_s = volume do agregado seco em estufa, em cm^3 .

$\frac{V_h}{V_s}$ = coeficiente de inchamento do agregado.

γ_h = massa unitária do agregado com h% de umidade, em g/cm^3 .

γ_s = massa unitária do agregado seco em estufa, em g/cm^3 .

g. Determinar a umidade crítica na curva de inchamento (Fig.1)

pela seguinte construção gráfica:

- Traçar a curva de inchamento de modo a obter uma representação aproximada do fenômeno.
 - Traçar a reta tangente à curva paralela ao eixo das umidades (RETA A).
 - Traçar do ponto A reta que une a origem ao ponto de tangência da RETA A traçada obtém a RETA B.
 - Traçar nova tangente à curva, paralela à reta obtém a RETA C.
 - A umidade crítica é a abscissa correspondente ao ponto de interseção das duas tangentes.
- h. Expressar o coeficiente de inchamento médio (CIM) como a média aritmética entre o coeficiente de inchamento máximo (ponto A) e aquele correspondente à umidade crítica (ponto B).

5. RESULTADOS E RELATÓRIO

a. Apresentar no certificado a curva de inchamento traçada em gráfico, conforme a Fig.1, o valor da umidade crítica e o valor do coeficiente de inchamento médio.

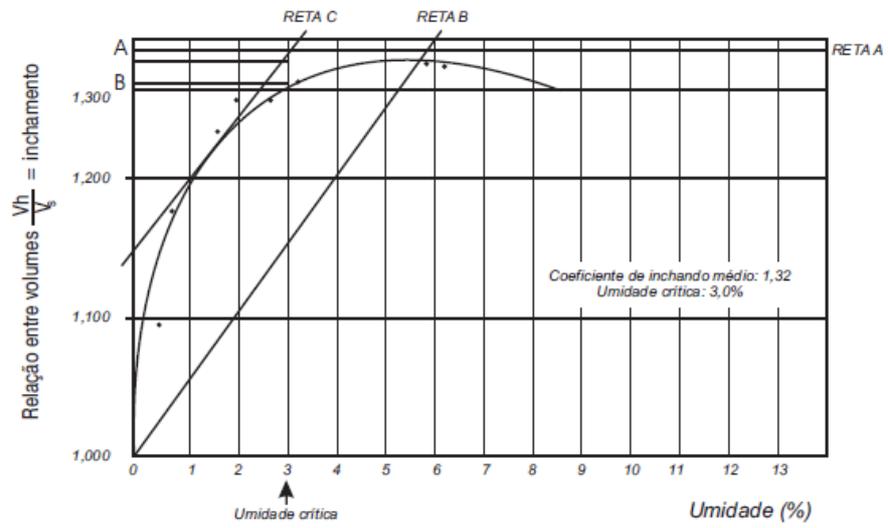


FIGURA 1 - Gráfico para traçado da curva de inchamento

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE SUPERFICIAL EM AGREGADO MIÚDO - MÉTODO DO FRASCO DE CHAPMAN (NBR 9775:1987)

1. INTRODUÇÃO

Umidade é a água aderente na superfície dos grãos do agregado. Esta água deve ser medida para corrigir a quantidade de areia no traço e descontar da água de amassamento assim confirma a relação água/cimento com exatidão do concreto ou argamassa.

2. APARELHAGEM

- a) Balança de capacidade mínima de 1kg e sensibilidade $\leq 1g$,
- b) Frasco de Chapman conforme especificado na NBR 9775,
- c) Espátula para manuseio da amostra,
- d) Recipiente para coleta de amostra.

3. AMOSTRA

- a) A mostra de 500g de material úmido destinado ao ensaio deve ser coletada no depósito em vários pontos procurando uma porção bem representativa.
- b) Entre a coleta de amostra e a pesagem deve ser o mais rápido possível para evitar perda de água por evaporação.

4. ENSAIO

- a) Coletar água no frasco até a divisão de 200 cm³ e deixar em repouso até que a água aderida nas paredes interna escorra totalmente. Em seguida, introduzir cuidadosamente 500g de agregado miúdo úmido no frasco, o qual deve ser devidamente agitado para eliminar todas as bolhas de ar.
- b) A Leitura do nível atingido pela água no gargalo do frasco indica o volume, em cm³ da água mais o agregado úmido. As faces internas das paredes devem estar limpas e sem grãos aderentes.

5. RESULTADOS

A umidade superficial no agregado miúdo expressa em porcentagem da massa do material seco será calculada pela expressão:

$$H = \frac{100[500 - (L - 200)\gamma]}{\gamma(L - 700)}$$

Onde:

H = Umidade do agregado em porcentagem;

500 = amostra úmida para ensaio;

200 = Nível de água inicial adicionado no frasco

γ = Massa específica do material seco;

L = Leitura em cm^3 da água mais agregado registrado na escala do frasco;

700 = Somatória do nível inicial de água + o agregado úmido

AGREGADOS - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE TOTAL, POR SECAGEM, EM AGREGADO GRAÚDO (NBR 9939:1987)

1. INTRODUÇÃO

Teor de umidade do agregado é por definição a relação expressa em porcentagem entre a massa total da água envolvida na superfície dos grãos dos agregados a qual preenche os poros permeáveis do agregado em relação a sua massa seca. É realizado para corrigir a água de amassamento do concreto e informar a relação água/cimento com exatidão.

2. MÉTODOS

- Estufa
- Fogareiro
- Speedy

3. MÉTODO DA ESTUFA

APARELHAGEM

- a. Balança com resolução $\leq 1,0^9$ e capacidade mínima de 1,0 kg.
- b. Estufa elétrica ou a gás capaz de manter a temperatura entre 100°C a 110°C.
- c. Recipiente resistente ao calor e adequado a quantidade do volume da amostra ensaiada.
- d. Espátula ou colher de jardineiro para coleta da amostra.

AMOSTRAGEM

- a. Coletar a amostra do agregado úmido em vários pontos, o mais homogêneo possível, tomando cuidado para não perder umidade.
- b. Para agregado miúdo (areia) amostra mínima de 100 g. Quanto maior a amostra mais precisão no ensaio.
- c. Agregado Graúdo (Tabela 1).

Tabela 1 – Dimensões dos agregados

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima de amostra de ensaio (g)
9,5	1500
12,5	2000
19	3000
25	4000
38	6000
50	8000
76	13000

Nota: Para agregados graúdos leves, a massa mínima da amostra de ensaio é obtida dividindo-se os valores desta tabela por 1.60 e multiplicando-se pelo valor da massa unitária do agregado leve, seco e solto.

EXECUÇÃO DO ENSAIO

- Determinar a massa da amostra úmida M_u .
- Coloque o recipiente com a amostra úmida na estufa até constância de massa (secagem total) no mínimo 12 horas na temperatura entre 100 °C a 110°C. O tempo na estufa vai depender do teor de umidade que se encontra a amostra.
- Após o tempo na estufa, determine a massa do agregado seco (M_s).

$$(\% \text{umidade}) = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100$$

4. MÉTODO FOGAREIRO

INTRODUÇÃO

Neste método o material será secado rápido, até constância de massa, através de calor transmitido pelo fogareiro.

APARELHAGEM

- Balança com resolução $\leq 1.0g$ e capacidade mínima de 1.0 kg.

- b. Fogareiro a gás ou elétrico para aquecimento de amostra.
- c. Colher de jardineiro para coleta da amostra.
- d. Espátula para homogeneização da amostra durante a secagem.
- e. Recipiente para secagem da amostra, de material capaz de resistir a altas temperaturas, geralmente frigideira de cozinha.

AMOSTRAGEM

O mesmo processo de coleta do método da Estufa.

EXECUÇÃO DO ENSAIO

- a. Determinar a massa da amostra úmida (M_u).
- b. Colocar a amostra para secagem no fogareiro.
- c. Deixar esfriar próximo da temperatura ambiente.
- d. Determinar a massa da amostra seca (M_s).

$$(\%)umidade = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100$$

5. MÉTODO DO SPEEDY

INTRODUÇÃO

Neste método a umidade é determinada pela pressão do gás, resultante de ação da água contida na amostra sobre o carbureto de cálcio que se introduz no aparelho. Este método é mais utilizado no campo por ser fácil o transporte e devido obter resultados imediatos.

APARELHAGEM

- a. Conjunto completo – Speedy.
- b. Caixa de ampolas com 6,5 g de carbureto de cálcio.

AMOSTRA

- a. Processo de coleta utiliza o mesmo processo do método da Estufa.

EXECUÇÃO DO ENSAIO

- a. Determine a massa úmida da amostra conforme a tabela do Speedy.

Tabela 2 - Umidade

Umidade estimada (%)	Peso da amostra (g)
Até 10%	20
de 10 a 20%	10
de 20 a 30%	5

- b. Introduza a amostra úmida na câmara do aparelho Speedy.
- c. Introduza na câmara do aparelho Speedy uma ampola de carbureto de cálcio, deixando a câmara inclinada de modo que a ampola deslize pelas paredes da câmara com cuidado para não quebrar.
- d. Feche o aparelho e agite-o repetidas vezes para quebrar a ampola e misturar o carbureto de cálcio.
- e. Ao misturar-se com a amostra úmida, o carbureto de cálcio sofre uma reação no interior da câmara que será percebido pelo aumento de pressão no manômetro do aparelho.
- f. Continua a agitação até a estabilização da pressão, uma vez estabilizado anote o valor da pressão em kg/cm^2 .
- g. Determine o teor de umidade na tabela do aparelho em função da leitura em kg/cm^2 e do peso utilizado no ensaio.

Tabela 3 - Speedy

Tabela para uso do umidímetro "Tipo Speedy"			
Leitura do manômetro kg/cm ²	Porcentagem de água contida nas amostras		
	20 g	10 g	5 g
0,1	-	1,2	2,5
0,2	-	2,3	4,8
0,3	2,5	3,5	7,0
0,4	3,1	4,6	9,3
0,5	3,7	5,8	11,6
0,6	4,2	6,9	13,8
0,7	4,7	8,1	16,1
0,8	5,3	9,3	18,5
0,9	5,9	10,4	20,6
1,0	6,5	11,5	23,0
1,1	7,1	12,7	25,2
1,2	7,7	13,8	27,4
1,3	8,3	15,0	29,5
1,4	8,9	16,2	31,8
1,5	9,4	17,3	33,0
1,6	10,0	18,4	35,2
1,7	10,6	19,5	37,5
1,8	11,2	20,7	39,7
1,9	11,8	21,8	42,0
2,0	12,4	23,0	44,3

CAPÍTULO II- ENSAIOS DE CONCRETO FRESCO

AMOSTRAGEM DE CONCRETO FRESCO (NBR NM 33:2003)

1. INTRODUÇÃO

O objetivo é estabelecer um procedimento para a coleta e preparação de amostras de concreto fresco para ensaios de diferentes propriedades. As amostras devem ser obtidas aleatoriamente, logo após terem sido completadas as misturas de todos os componentes do concreto, principalmente da água. O volume deve ser de pelo menos 1,5 vezes a quantidade necessária para os ensaios; para ensaios de resistência à compressão a amostra mínima é de 30 litros. O intervalo máximo entre a retirada da primeira e a última amostra é de 15 min.

2. EQUIPAMENTOS

- a. Recipiente metálico com forma e volume adequados.
- b. Concha de concreto ou pá.

3. PROCEDIMENTO PARA BETONEIRAS ESTACIONÁRIAS E CAMINHÕES BETONEIRA

- a. Desviar completamente o fluxo de descarga para dentro do recipiente.
- b. Retirar amostra após a descarga de 15% e antes da descarga de 85% do volume da betonada.
- c. Retirar ao menos duas amostras parciais dentro deste limite.
- d. No caso de caminhões betoneira, descarregar o concreto na velocidade normal de operação e atentar para que a tampa da calha esteja completamente aberta.

4. PROCEDIMENTO PARA PAVIMENTOS

Coletar as amostras imediatamente após a descarga, evitando contaminação pelo material da sub-base.

5. PROCEDIMENTO PARA CAMINHÕES ABERTOS E MISTURADORES COM AGITADOR

Adotar o método mais adequado entre os anteriores.

6. PROCEDIMENTO PARA TUBULAÇÕES DE BOMBEAMENTO

- a. Coletar a amostra em uma só porção, interceptando o fluxo de descarga no final da tubulação.
- b. Evitar o início e o fim do bombeamento.

7. PREPARO DAS AMOSTRAS

- a. Transportar as amostras individuais até o local onde serão moldados os corpos-de-prova ou realizados os ensaios.
- b. Misturar as diferentes porções da mesma amostra com a concha ou pá.
- c. O tempo decorrido entre a coleta da amostra e o início do ensaio de abatimento deve ser no máximo de 5 minutos e de no máximo 15 minutos para o início da moldagem de corpos - de- prova.
- d. Durante o intervalo de tempo entre a extração e utilização, a amostra deve ser protegida do sol, do vento e de qualquer outra fonte de evaporação ou contaminação.

ÁGUA PARA AMASSAMENTO DO CONCRETO (ABNT NBR 15900)

1. INTRODUÇÃO

A água utilizada na mistura do concreto e argamassa não deve conter substâncias que alterem propriedades químicas e físicas do concreto, como hidratação do cimento, resistência, alteração na pega ou coloração. Alguns ensaios só poderão ser realizados em laboratórios especializados, sendo importante conhecer as características, uma vez que a água representa aproximadamente 10% em relação à soma dos demais materiais componentes do concreto.

ABNT NBR 15900 -1 PARTE 1: REQUISITOS

2. CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE ÁGUAS

- a) **ORIGEM:** através da origem é o primeiro passo para analisar se a água é adequada ou não para a preparação de concreto e argamassa.
- b) **ÁGUA POTÁVEL DE ABASTECIMENTO PÚBLICO:** a apropriada para o consumo humano que atende a portaria nº 518 do ministério da saúde, pode **ser utilizada sem restrição para concreto e argamassa.**
- c) **ÁGUA RECUPERADA DA FABRICAÇÃO DE CONCRETO:** geralmente contém concentrações de partículas muito finas. Portanto a massa deste material sólido deve ser menor que 1% da massa total dos agregados **presentes no concreto.**
- d) **ÁGUA DE FONTES SUBTERRÂNEAS:** pode ser adequada para uso em concreto, mas a recomendação antes de utilizar é ensaiar no laboratório.
- e) **ÁGUA NATURAL DE SUPERFÍCIE:** antes da utilização deverá passar por ensaios no laboratório, uma vez que até a captação pode contaminar com óleo, asfalto, ácidos, tintas e outros resíduos etc.

- f) **ÁGUAS CAPTADAS POR TUBULAÇÕES DE ESCOAMENTO PLUVIAIS:** tendo em vista que pode sofrer vários tipos de contaminação, portanto também deve ser ensaiada no laboratório antes da utilização.
- g) **ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS:** são exemplos de águas recuperadas de processos de resfriamentos, jateamento, corte, fresagem e polimento de concretos, a exemplo das demais deverá ser ensaiada em laboratório antes da utilização.
- h) **GELO:** se não conhece a sua origem, deve ser ensaiado no laboratório adotando os mesmos critérios da água.
- i) **ÁGUA SALOBRA:** a recomendação é a mesma, antes de usar ensaiar no laboratório. Somente usar em concreto não armado. Não é adequada a utilização em concreto protendido ou armado.
- j) **ÁGUA DE ESGOTO E ÁGUA PROVENIENTE DE ESGOTO TRATADO:** Esta água não é adequada para uso em concreto e argamassa.
- k) **ÁGUA DE REUSO PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO:** água tratada por diversos processos, como filtração, em estação de tratamento de esgotos, a partir do afluyente já tratado para usos não potáveis. Segundo considerações da ABNT-NBR 15900-1:2009 até o momento não há antecedentes suficientes capaz de garantir e viabilizar o uso, em concreto e argamassa. Portanto o uso está condicionado a aplicações específicas e de comum acordo entre o **fornecedor da água e o responsável pelo concreto.**

3. AVALIAÇÃO PRELIMINAR

- a) A água deve ser examinada de acordo com os procedimentos de ensaios

Tabela 1 - Procedimentos de ensaios para inspeção preliminar da água para concreto

Parâmetro	Requisito	Procedimento de ensaio
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis	ANBT NBR 15900 - 3
Detergentes	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 minutos	
Cor	A cor deve ser comparada qualitativamente com água potável devendo ser claro a incolor	
Material sólido	Máximo de 50000 mg/litro	Água recuperada da preparação de concreto, utilizar a metodologia do anexo A ou ABNT NBR 15900 – 3 Para demais tipos de água aplica-se o Projeto ABNT NBR 15900 – 3
Odor	Água de fontes de recuperadas de preparo de concreto não devem apresentar cheiro, exceto um leve odor de cimento e, onde houver escória, um leve odor de sulfeto de hidrogênio após a adição de ácido clorídrico	ABNT NBR 15900 – 3
Ácidos	A água de outras fontes deve ser inodora e sem odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico	
Matéria orgânica	A cor da água deve ser mais clara ou igual a solução padrão após a adição de Na OH	

4. PROPRIEDADE QUIMICAS

- a) **CLORETO:** o teor de cloreto expresso como CL não deve exceder os limites estabelecidos na Tabela 2 a menos que o teor de cloreto do concreto não excede o valor máximo permitido na ABNT NBR 12655.

Tabela 2 - Teor máximo de cloreto em água para concreto

Uso Final	Teor máximo de cloreto mg/L	Ensaio
Concreto protendido ou graute	500	ABNT NBR 15900-6
Concreto armado	1000	
Concreto simples (sem armadura)	4500	

- b) **SULFATOS:** o teor de sulfato na água, ensaiada de acordo com ABNT NBR 15900-7, expresso como SO_4^{2-} não deve exceder 2000 miligramas/litros.
- c) **ÁLCALIS:** se agregados potencialmente reativos com álcalis forem usados no concreto, a água deve ser ensaiada quanto aos teores de álcalis conforme ABNT NBR 15900-9. O equivalente alcalino de óxido de sódio não deve exceder 1500 miligramas/litros. Se esse limite for excedido, a água pode ser usada apenas se for comprovado que foram tomadas ações preventivas quanto às reações álcali-agregado na ABNT NBR 15577-1.
- d) **CONTAMINAÇÃO PREJUDICIAL:** contaminação de água utilizada no amassamento de concreto por substâncias como açúcares, fosfatos, nitratos, chumbo e zinco podem alterar os tempos de pega e resistências do concreto. Para aprovação da água quanto a esses contaminantes, podem ser executados ensaios químicos quantitativos de detecção destas substâncias prejudiciais a qualidade do concreto. Caso os limites estabelecidos na ABNT NBR 15900-1 não forem atendidos, deverão ser realizados ensaios de tempo de pega inicial e final, e resistência à compressão conforme indicação no item 5 abaixo..

5. REQUISITOS

- a) A água que não estiver de acordo com todas as exigências da tabelas 1, 2 e 3, somente será considerada adequada para uso em concreto, mediante a comprovação de ensaios de início e fim de pega com amostras da água em estudo, comparativos com os de amostra preparada com água destilada ou água deionizada.
- b) Outro quesito a ser levado em consideração é a resistência média à compressão aos 7 e 28 dias, de corpos-de-prova de concreto ou de argamassa, preparados com a água em estudo devem alcançar pelo menos 90% da resistência à compressão média de corpos-de-prova preparados com água destilada ou deionizada.

Tabela 3 – Requisitos para substâncias prejudiciais

Substância	Teor máximo
Açúcares	100
Fosfato, expressos como $P_2 O_5$	100
Nitratos, expressos como NO_3^-	500
Chumbo, expresso como Pb^{2+}	100
Zinco, expresso como Zn^{2+}	100

ABNT NBR 15900 - 2 PARTE 2: COLETA DE AMOSTRAS DE ENSAIOS

6. AMOSTRAGEM

- a) Os recipientes para coleta devem ser de vidro ou plástico, com tampa e perfeitamente limpos e enxaguados com a mesma água que irão conter. (A tampa pode ser de rolha de borracha ou cortiça, desde que seja envolta em papel manilha ou filme plástico de polietileno).
- b) Em se tratando de curso de água, a abertura do recipiente deve ser voltada para a jusante, evitando contaminação pela mão do operador. Fontes (rios, lagos, arroios, açudes, etc.) coletar a aproximadamente 15 cm abaixo do nível da corrente.
- c) No caso de sistema de distribuição, devem ser escolhidas diversas torneiras e a coleta deve iniciar após 3 a 5 minutos depois da sua abertura.
- d) Águas subterrâneas devem ser coletadas com auxílio de bomba, após fluxo da água, que permita a lavagem completa dos dutos.
- e) Se não houver bomba para coleta de águas subterrâneas, pode-se utilizar dispositivo que permita sua abertura dentro da água, na metade da altura do poço ou reservatório.
- f) Armazenar amostras extraídas de diferentes fontes em recipientes distintos e identificar em todos: número da amostra, quantidade, procedência, local de coleta (rio, lago, poço, reservatório, etc.)
- g) Enviar a amostra ao laboratório antes de completar 24h da coleta. Deverá ser ensaiada em até duas semanas após a coleta, sendo que a avaliação preliminar NBR 15900-3 deve ser o mais rápido possível.

Tabela 4 – Amostragem mínima

Ensaio	Volume em litros
Avaliação preliminar e ensaios químicos	3.0
Ensaio em argamassa	3.0
Ensaio em concreto	30.0

ABNT NBR 15900 – 3 PARTE: 3 – AVALIAÇÃO PRELIMINAR

7. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE ENSAIOS PRELIMINARES

Devem ser realizados em amostras representativas de água, visando sua utilização em concreto de cimento Portland.

a) AMOSTRAGEM

Devem ser obtida conforme ABNT NBR 15900-2

b) APARELHAGEM

- Balança com resolução de 1g.
- Dispositivo para banho-maria.
- Estufa que mantenha a temperatura no intervalo de $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Cápsula de porcelana ou platina, de massa conhecida, determinada com precisão de 1 mg.
- Béquer com capacidade para 500 ml;
- Vidrarias e demais utensílios utilizados em laboratório;

c) GENERALIDADES

- Tão logo após a coleta, mediante observação criteriosa a amostra de água deverá ser avaliada com relação à presença de óleos, gorduras, detergentes, cor, material sólido, odor e matéria orgânica.

d) ODOR

- Agitar a amostra de modo a misturar qualquer material que esteja no fundo do recipiente. Despejar aproximadamente 80 ml da amostra numa proveta de 100 ml. Lacrar com uma tampa apropriada e agitar a proveta vigorosamente por 30 segundos.

- Verificar o odor da amostra em relação à água potável, classificando-a como inodora ou não inodora. Se houver dúvidas, testar a água quanto ao odor em relação à regulamentação nacional para água potável.

e) DETERGENTE, ÓLEO OU GORDURA E COR

- Na seqüência, observar a superfície da amostra de água se há presença visível de espuma.

- Colocar a proveta sobre uma superfície sem vibrações e deixá-la em repouso por aproximadamente 30 minutos. Nos primeiros 2 minutos. Verificar se ainda há espuma e procurar por indícios de óleo ou gordura. No final dos 30 minutos, verificar a cor e a tonalidade da amostra em relação à água potável. Exemplo. Amarelo claro, verde escuro.

f) MEDIDA DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

- Medir o pH, imergindo o papel indicador na proveta. Alternativamente, pode ser utilizado o medidor de pH, conforme instruções do fabricante. O resultado deve ser expresso com aproximação ao inteiro.

g) ODOR EM RELAÇÃO AO SULFETO

- Adicionar 0,5 ml de ácido clorídrico, misturar e verificar se há odor típico de sulfeto de hidrogênio. Alternativamente, pode ser utilizado outro método qualitativo de detecção da presença de sulfeto.

Exemplo: método por acetato de chumbo.

h) MATÉRIA ORGÂNICA

Regentes: Solução de hidróxido de sódio a 3%

- Pesar 30g de hidróxido de sódio e diluir em 970 ml de água destilada.

Solução-padrão: Ácido tânico 2%

- Pesar 2 g de ácido tânico e dissolver em 10 ml de álcool; após dissolução, adicionar 90 ml de água destilada.

Procedimento:

- Colocar 47,5 ml da amostra no tubo de ensaio. Manter a temperatura da amostra e do ambiente entre 15°C e 25°C. Adicionar 2,5 ml de uma solução de 3% de hidróxido de sódio, agitar e deixar em repouso por 1 hora.
- Preparar juntamente uma solução-padrão com 1,5 ml de ácido tânico (preparada no item anterior e 48,5 ml de uma solução de 3% de hidróxido de sódio (preparada anterior).

Resultado da impureza orgânica

Avaliar qualitativamente a presença de matéria orgânica, comparando a cor da solução obtida da amostra, com a solução padrão. Anotar se a cor é mais clara ou mais escura que a solução-padrão.

i) PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE MATERIAL SÓLIDO

- Agitar a amostra e transferir aproximadamente 250 ml da amostra para uma proveta graduada.
- Transferir quantitativa e progressivamente a amostra para a cápsula de porcelana ou béquer, agitando sempre e mantendo-a em banho-maria.
- Completar a evaporação, levar a cápsula ou béquer à estufa e secar o material sólido à temperatura compreendida entre $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$, durante 1 h.
- Esfriar a cápsula ou béquer no dessecador, pesar com precisão de 0,001g

Cálculo

A quantidade de material sólido, expresso em miligrama por litro (mg/L), arredondado ao inteiro, é calculada através da fórmula:

$$R = \left[\left(\frac{m_2 - m_1}{v} \right) \times 10^6 \right]$$

Onde:

R é a quantidade de sólidos totais, expressa em miligramas por litro (mg/L)

m_1 é a massa da cápsula ou béquer, expressa em gramas (g)

m_2 é a massa da cápsula ou béquer mais a amostra após secagem, exp. em gramas (g)

v é o volume da amostra utilizada no ensaio, aproximadamente 250 mililitros (ml)

8. REFERÊNCIA

A ANBT NBR 15900, sob o título geral “ÁGUA PARA AMASSAMENTO DO CONCRETO” contém as seguintes partes:

- Parte 1: Requisitos;
- Parte 2: Coleta de amostras para ensaios;
- Parte 3: Avaliação preliminar;
- Parte 4: Análise química – Determinação de zinco solúvel em água;
- Parte 5: Análise química – Determinação de chumbo solúvel em água;
- Parte 6: Análise química – Determinação de cloreto solúvel em água;
- Parte 7: Análise química – Determinação de sulfato solúvel em água;
- Parte 8: Análise química – Determinação de fosfato solúvel em água;
- Parte 9: Análise química – Determinação de álcalis solúvel em água;
- Parte 10: Análise química – Determinação de nitrato solúvel em água;
- Parte 11: Análise química – Determinação de açúcar solúvel em água;

DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE (ABNT NM 67:1998)

1. INTRODUÇÃO

Este ensaio tem como objetivo verificar a uniformidade do abatimento entre uma remessa e outra do concreto. Este ensaio aplica-se aos concretos cuja consistência seja plástica, com abatimento igual ou superior a 10 mm. O fato de requerer equipamentos simples e de fácil transporte torna-o prático para aplicação de canteiros de obras. Se o agregado do concreto possuir dimensão máxima maior que 38 mm, o procedimento sofre alterações, o ensaio deve ser realizado sobre a fração do concreto que passa pela peneira de 38 mm.

2. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Molde tronco-cônico (100 mm x 200 mm x 300 mm).
- b. Colarinho metálico.
- c. Placa metálica quadrada (500 mm x 500 mm).
- 1. Haste de socamento com extremidade semi-esférica (16 mm x 600 mm).
- e. Régua metálica graduada (300 mm).
- f. Concha.

3. CUIDADOS ESPECIAIS

- a. Umedecer as paredes internas do molde e da placa.
- b. Montar o equipamento (placa, molde e colarinho), apoiar os pés sobre as aletas do molde e preenchê-lo em 3 camadas de mesma altura, adensando cada camada antes da colocação da camada seguinte.
- c. Adensar cada camada com 25 golpes uniformes distribuídos pela haste de socamento, de modo que atinja a camada anteriormente adensada.
- d. Manter um excesso constante de concreto na borda superior ao adensar a última camada.
- e. Retirar o colarinho e rasar a superfície.
- f. Pressionar as alças do molde para baixo, retirar os pés das aletas e, num tempo de 5 a 10s, levantar cuidadosamente o molde, na direção vertical.

- g. Determinar a diferença entre a altura do molde e a altura média da amostra assentada e expressá-la em milímetros, com aproximação de 5 mm.

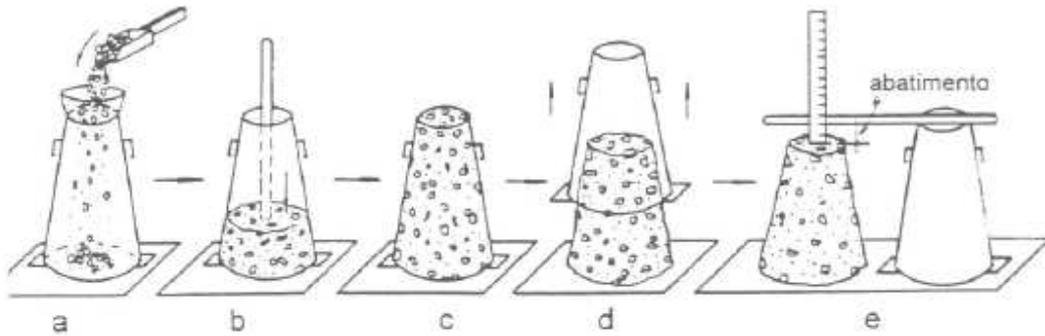


Figura 1 - Seqüência esquemática do ensaio

4. CUIDADOS ESPECIAIS

- Inclinar levemente a haste de socamento para efetuar golpes próximos à parede interna do molde, permitindo o adensamento uniforme das camadas.
- Montar o equipamento (placa, molde e colarinho), apoiar os pés sobre as aletas do molde e preenchê-lo em 3 camadas de mesma altura, adensando cada camada antes da colocação da camada seguinte.
- Evitar que o concreto sofra trepidação durante o ensaio.
- Se ocorrer desmoronamento do tronco de cone de concreto, repetir o ensaio com nova amostra.
- Executar todas as operações ininterruptamente, num tempo máximo de 25 minutos.

**MOLDAGEM E CURA DE CORPOS-DE-PROVA DE CONCRETO (NBR 5738:2003 –
Emenda 1:2008)**

1. INTRODUÇÃO

Este procedimento se aplica à moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos, utilizados nos ensaios de compressão e de tração por compressão diametral, e corpos-de-prova prismáticos, utilizados no ensaio de tração por flexão. Não se aplica aos concretos com abatimento igual a zero ou misturas relativamente secas, como as usadas na fabricação de tubos ou blocos.

2. EQUIPAMENTOS

- a. Moldes cilíndricos de altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm.
- b. Moldes prismáticos de seção transversal quadrada de no mínimo 150 mm, com comprimento pelo menos 50 mm maior que o vão de ensaio e 50 mm maior que três vezes a dimensão da seção transversal.
- c. Haste de adensamento em aço, com extremidade semi-esférica de 16 mm de diâmetro e 60 a 80 mm de comprimento.
- d. Vibrador de imersão, com agulha de diâmetro entre 19 mm e 1/4 do diâmetro ou 1/3 da seção transversal do corpo-de-prova, comprimento 80 mm maior que a altura do corpo - de - prova e frequência de vibração superior a 100 Hz.
- e. Vibrador externo ou mesa vibratória com frequência de vibração superior a 50Hz.
- f. Concha para concreto.
- g. Colher de pedreiro.
- h. Colarinho metálico para os moldes.

3. PROCEDIMENTOS

- a. Aplicar fina camada de óleo mineral nas faces internas dos moldes e verificar seu fechamento e vedação.
- b. O lado ou diâmetro do corpo-de-prova deve ser no mínimo quatro vezes a dimensão característica do agregado.

- c. Obter a amostra de concreto de acordo com a NBR NM 33 e determinar o seu abatimento.
- d. Colocar o concreto dentro dos moldes em número de camadas de igual altura, de acordo com a Tabela 2. Nivelar o concreto com a haste antes de iniciar o adensamento de cada camada.
- e. A escolha do tipo de adensamento deve obedecer aos intervalos da Tabela 1.

Tabela 1 - Processos de adensamento

Abatimento do concreto (mm)	Processo de adensamento
10 a 30	Mecânico
30 a 150	Mecânico ou Manual
≥ 150	Manual

Tabela 2 - Número de golpes e camadas para moldagem dos corpos-de-prova.

Tipo de Corpo de prova	Dimensão Diâmetro (mm)	Número de camadas		Número de golpes para adensamento Manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	-	--

Para concretos com abatimento superior a 160 mm, o número de camadas deve ser reduzido à metade da estabelecida na tabela. Caso o número resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

- f. No adensamento manual, os golpes devem ser distribuídos uniformemente em toda a seção. A primeira camada deve ser atravessada em toda sua altura; nas demais camadas, a haste deve atingir 20mm da camada inferior. A última camada deve ser moldada com excesso de concreto; não é permitido completar o volume do molde após o seu adensamento.
- g. Se for utilizado vibrador externo, a vibração de cada camada deve ser interrompida até que a superfície se apresente relativamente plana e brilhante. A última camada deve ser

moldada com excesso de concreto; não é permitido completar o volume do molde após o seu adensamento.

- h. O vibrador de imersão deve ser introduzido apenas uma vez em cada camada do molde cilíndrico, no centro da seção. Para moldes prismáticos, o vibrador deve ser colocado no centro e nas extremidades de seu eixo. Evitar que o vibrador toque o fundo e as laterais do molde. A partir da segunda camada, o vibrador deve atingir 20 mm da camada inferior. Interromper quando a superfície se apresentar relativamente plana e brilhante. O concreto da última camada pode ficar até 5 mm abaixo do topo do molde, preenchendo totalmente durante a vibração.
- i. Após o adensamento de cada camada, bater levemente na face externa do molde para fechar vazios.
- j. Rasar a superfície com colher de pedreiro ou haste e cobrir com plástico.
- k. Colocar os corpos-de-prova sobre superfície plana, protegido de vibrações e de intempéries por 24h (cilíndricos) ou 48h (prismáticos).
- l. Desmoldar, identificar os corpos-de-prova e armazenar em tanque ou câmara de cura, de acordo com a NBR 9479.

Nota: Para concretos especiais, o procedimento de moldagem pode ser modificado de modo a similar o adensamento a ser empregado na obra, de acordo com o responsável pela obra.

4. CAPEAMENTO

Antes de ensaiar os corpos-de-prova é preciso preparar suas bases, para que se tornem planas e perpendiculares à altura. O capeamento de até 3 mm pode ser feito com uma mistura quente de enxofre e areia muito fina, na proporção de 2:1, em massa. Podem ser usadas borrachas de neoprene, que são reutilizáveis.

RECONSTITUIÇÃO DE TRAÇO DE CONCRETO FRESCO (NBR 9605: 1992)

1. INTRODUÇÃO

A reconstituição dos materiais que compõem o concreto é feita por processos físicos (peneiramento dos sólidos e secagem da água). Reconstituem-se as quantidades de agregado miúdo, gráudo, cimento e água, sendo impossível distinguir se os agregados de qualquer tipo são compostos por dois ou mais materiais. O Ensaio aplica-se principalmente no controle do recebimento de concreto preparado em central e pode ser utilizado em estudos de verificação da homogeneidade de lotes de concreto.

2. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Recipiente cilíndrico de 3 dm³, para concretos com agregado gráudo com dimensão até 19 mm.
- b. Recipiente cilíndrico de 6 dm³, para concretos com agregado gráudo com dimensão máxima superior a 19 mm.
- c. Placa de vidro.
- d. Balança (resolução 0,5 g).
- e. Peneiras ABNT 4,8 mm e 0,15 mm.
- f. Bandeja.
- g. Bico de Bunsen.
- h. Estufa elétrica.

3. PROCEDIMENTO PARA CONCRETOS COM AGREGADO GRAÚDO DE $D_{MÁX} \leq 38$ mm

- 3.1. Determinações do volume do concreto fresco, das massas dos agregados e do teor de água** (executar estas operações até 2 horas após a adição da água de amassamento aos outros constituintes do concreto).

- a. Quartear a amostra de concreto em duas porções iguais, de 8 a 9 kg se o agregado do concreto possuir dimensão máxima até 19 mm e de 16 a 18 kg, se essa dimensão for de 19 mm a 38 mm.
- b. Pesar uma das porções, secar em bandeja, aquecendo com o bico de Bunsen e pesar novamente, determinando o teor da água (A), com aproximação de 0,01:

$$A = \frac{\text{massa inicial} - \text{massa seca}}{\text{massa inicial}} \times 100$$

Nota: Mexer constantemente a amostra durante o processo, para facilitar a evaporação da água.

- c. Encher o recipiente cilíndrico de água de maneira que o nível ultrapasse a borda dele.
- d. Retirar o excesso, pressionando a placa de vidro sobre o recipiente, não deixando bolhas de ar presas sob a placa.
- e. Enxugar a parede externa a pesar (P_a).
- f. Colocar outra porção de concreto dentro do recipiente cilíndrico e pesar (M).
- g. Adicionar água até 3 cm abaixo da borda do recipiente cilíndrico e misturar com espátula para eliminar completamente o ar.
- h. Completar com água, até o menisco ultrapassar a borda do cilindro.
- i. Deixar decantar os finos.
- j. Rasar de modo que não fiquem bolhas de ar presas sob placa de vidro.
- k. Enxugar a parede externa e pesar (P_b) determinando o volume de concreto, com aproximação de 1 cm^3 .

$$V = P_a + M - P_b$$

- l. Peneirar e lavar a mesma porção de concreto sobre as peneiras 4,8 mm e 0,15 mm sobrepostas.
- m. Secar o material retido nas peneiras em estufa ou aquecendo em bico de Bunsen e pesar com aproximação de 1g ($M'g$ e $M'm$).

3.2. Determinação da porcentagem de materiais retidos nas peneiras de 4,8 mm e 0,15 mm de amostras dos agregados do concreto

a. Coletar amostras representativas dos agregados que vão compor concreto, com um mínimo de 10 kg de agregado miúdo e 20 kg de agregado graúdo.

Nota: Se forem utilizados dois ou mais tipos de agregados graúdos ou miúdos, as quantidades acima devem ser compostas na mesma proporção em que os agregados foram utilizados no concreto.

b. Homogeneizar separadamente as duas amostras e quartear até reduzir a 1 kg de agregado miúdo e 2 kg de agregado graúdo.

c. Secar por aquecimento com o bico de Bunsen ou na estufa.

d. Pesar e peneirar com água sobre as peneiras 4,8 mm e 0,15 mm.

e. Secar o material retido e pesar, determinando os índices abaixo, com aproximação de 0,01:

$$c'g = \frac{\text{massa do agregado graúdo retido na \# 4,8 mm}}{\text{massa inicial do agregado graúdo}} \times 100$$

$$c''g = \frac{\text{massa do agregado graúdo passando na \# 4,8 mm e retida na \# 0,15 mm}}{\text{massa inicial do agregado graúdo}} \times 100$$

$$c'm = \frac{\text{massa do agregado miúdo retido na \# 4,8 mm}}{\text{massa inicial do agregado miúdo}} \times 100$$

$$c''m = \frac{\text{massa do agregado miúdo passando na \# 4,8 mm e retida na \# 0,15 mm}}{\text{massa inicial do agregado miúdo}} \times 100$$

4. PROCEDIMENTO PARA CONCRETOS COM AGREGADO DE $D_{MAX} > 38$ mm

- Quartear a amostra de concreto em duas porções iguais, em quantidade tal que, quando peneirada na peneira de 38 mm, passem de 8 a 9 kg de concreto.
- Utilizar uma das porções para determinar o teor de água de acordo com a seção 3.1, alínea “b”.
- Pesar outra porção (M) e peneirar na peneira de 38 mm diretamente sobre o recipiente cilíndrico.
- Lavar os grãos maiores que 38 mm, de modo que o material aderido aos grãos fique dentro do recipiente.
- Determinar o volume, de acordo com a seção 3.1, alínea “c”.
- Determinar o volume dos grãos maiores que 38 mm; se o volume total de material (maior e menor que 38 mm) não ultrapassar 2/3 do volume do recipiente, deve colocar-se os grãos maiores que 38 mm junto com o concreto, depois de misturado com a espátula, e antes de o recipiente ser completado com água.
- Uma vez determinado o volume total do concreto (V), o ensaio deve prosseguir de acordo com a seção 3.1, alínea “f”.

5. CÁLCULOS FINAIS

- Determinação da massa de agregado graúdo (M_g) e miúdo (M_m), com aproximação de 1g.

$$\begin{aligned}M_g \times c'g + M_m \times c'm &= M' \times 100 \\M_g \times c''g + M_m \times c''m &= M' \times 100\end{aligned}$$

- Determinação da massa de água (M_a), com aproximação de 1 g:

$$M_a = \frac{M \times A}{100}$$

- Determinação da massa de cimento (M_c), com aproximação de 1 g:

$$M_c = M - M_g - M_m - M_a$$

d. Determinação do traço, com aproximação de 0,01:

$$\frac{M_c}{M_c} : \frac{M_m}{M_c} : \frac{M_g}{M_c}$$

e. Relação água/cimento, com aproximação de 0,01:

$$a/c = \frac{M_a}{M_c}$$

f. Consumo de cimento, com aproximação de 1 kg/m³:

$$C_c = \frac{M_c}{V} \times 100$$

Nota: O consumo de cimento calculado desta maneira não considera o teor de ar aprisionado ou retido no concreto.

Simbologia:

C'g = percentagem de agregado graúdo que fica retido na peneira de 4,8 mm.

C''g = percentagem de agregado graúdo que passa na peneira de 4,8 mm e fica retido na peneira de 0,15 mm.

C'm = percentagem de agregado miúdo que fica retido na peneira de 4,8 mm.

C''m = percentagem de agregado miúdo que passa na peneira de 4,8 mm e fica retido na peneira de 0,15 mm.

A = percentagem de água no concreto.

P_a = massa de água no concreto.

P_b = massa de concreto e água necessária para preencher o recipiente cilíndrico.

M = massa de concreto.

V = volume de concreto.

M'_g = massa de agregado, do concreto, retido na peneira de 4,8 mm.

MASSA ESPECÍFICA, DO RENDIMENTO E DO TEOR DE AR PELO MÉTODO GRAVIMÉTRICO (NBR 9833:2008 - Corrigida 2009)

1. INTRODUÇÃO

A massa específica é determinada pela relação entre a massa de concreto e o seu volume após adensamento, incluindo neste volume o ar eventualmente retido ou propositalmente incorporado a ele. O teor de ar é calculado pela diferença entre o volume real de concreto (volume considerando ar) e o volume teórico (sem considerar o ar e calculado com base nas massas específicas dos componentes), expresso em porcentagem do volume real. A precisão do valor obtido irá depender da precisão dos valores de massa específica dos componentes.

2. DEFINIÇÃO

- a. O teor de ar é menor: se a granulometria dos agregados for homogênea, grãos não lamelares, não alongados, cimento na temperatura ambiente, não hidratado, ordem de colocação dos materiais no misturador, processo de homogeneização adequado, transporte eficiente, tipo de lançamento, altura de queda e distribuição do concreto na forma, escolha correta da frequência do vibrador de adensamento, tempo e técnica de adensamento, materiais não contaminados, temperatura da forma no momento do lançamento e tipo de aditivo;
- b. O teor de ar aprisionado é o somatório do ar que não foi eliminado durante o processo de mistura, homogeneização, transporte, lançamento e adensamento;
- c. O teor de ar incorporado é aquele que foi introduzido por meio de aditivo.

3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Recipiente metálico conforme estabelecido na (Tabela 1).
- b. Balança (resolução 1 g).
- c. Balança (resolução 100 g).
- d. Haste de adensamento diâmetro de 16 mm e comprimento entre (600 mm e 800 mm).
- e. Vibrador de imersão ≥ 100 Hz (6000 vibrações por minuto).

- f. Martelo de Borracha de 300 g (Para recipiente até 15 dm³)
- g. Martelo de Borracha de 1000 g (Para recipiente superior a 15 dm³)
- h. Régua metálica. Concha.
- i. Placas de vidro plano, para cobrir o recipiente.

Tabela 1 – Dimensões dos recipientes metálicos

Agregado	Recipiente					
	Dimensão máxima (mm)	Capacidade (dm ³)	Diâmetro interno (mm)	Altura interna (mm)	Espessura da chapa (mm)	
					Fundo	Parede
D _{máx} ≤ 37,5	7,5	200	240	5	3	
37,5 < D _{máx} ≤ 50	15	260	283	5	3	
50 < D _{máx} ≤ 75	30	360	295	5	3	
75 < D _{máx} ≤ 152	90	450	566	5	3	

4. AFERIÇÃO DO RECIPIENTE

- a. Pesar o recipiente limpo e seco, denominado tara (T),
- b. Pesar a placa de vidro limpa e seca, as pesagens devem ter aproximação de $\pm 0,2\%$ das massas a determinar;
- c. Encher o recipiente com água à temperatura ambiente e cobri-lo com a placa de vidro plana, de modo que não fiquem bolhas de ar;
- d. A capacidade do recipiente, expressa em dm³, é dada pelo quociente das diferenças das massas determinadas, expressas em kg, pelo valor da massa específica da água, considerando igual a 1 kg/dm³, na faixa de variação de temperatura de $(22 \pm 10)^\circ\text{C}$.
- e. Dividindo a massa de água que encheu o recipiente por sua massa específica em função da temperatura na tabela 2. Obtém o volume do recipiente (**V**)

5. PROCEDIMENTO

- a. Determinar a consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone e adensá-lo adotando o processo de acordo com a consistência obtida na Tabela 3.
- b. **Adensamento mecânico:** de acordo com a especificação pelo número de camadas e volume do recipiente na tabela 4.
- c. **Adensamento manual:** a energia será aplicada de acordo com a especificação pelo número de golpes e de camadas na Tabela 5.

d. **Adensamento manual:** deve ser realizado com a haste em três camadas de altura iguais aplicando energia contínua, aproximadamente um golpe por segundo distribuídos uniformemente sobre toda a superfície de cada camada de modo a penetrar no máximo 25 mm na camada anterior.

e. Ao final do adensamento manual de cada camada, golpear suavemente com o martelo de borracha nas paredes externas do recipiente até o fechamento das marcas deixadas pela haste de adensamento.

Nota: Martelo de 300g em recipiente até 15 dm³, martelo de 1000 g para vol. entre 15 e 30 dm³;

f. Adensamento mecânico será realizado em duas camadas de alturas iguais, antes de iniciar a vibração de cada camada, o recipiente deve conter a quantidade total de concreto correspondente a cada camada, portanto a primeira camada até o meio a segunda completa o volume total do recipiente.

g. Adensamento mecânico, adensar cada camada inserindo o vibrador em três pontos uniformemente distribuídos sobre a superfície do concreto, penetrando aproximadamente 20 mm na camada anterior, evitando tocar nas paredes e no fundo da forma.

h. O vibrador deve ser inserido no concreto penetrando verticalmente na camada descendo e subindo (vai-e-vem). A vibração deverá ser interrompida ou passar o vibrador para outro lugar quando a superfície do concreto se torna lisa, nivelada e com aparência vítrea; deve evitar a formação de espuma, presença de espuma indica excesso de vibração. O excesso provoca segregação e acúmulo de ar aprisionado.

i. Finalizando o adensamento, completar o recipiente, rasar a superfície do concreto com a régua, assentar a placa de vidro exercendo pressão sobre a superfície procurando arrastar a placa com movimentos de vai-e-vem até que desapareçam todas as bolhas de ar.

j. Concluído o rasamento, limpar a superfície externa do recipiente e determinar a massa recipiente mais concreto. **(Mrc)**

k. Tabela 2 – Massa específica da água

Temperatura ° c	Massa específica kg/m ³
15,6	999,01
18,3	998,54
21,1	997,97
23,0	997,54
23,9	997,32
26,7	996,59
29,4	995,83

Tabela 3 – Escolha do método de adensamento

Abatimento "a" (mm)	Processo de adensamento
> 150	Manual
< 30	Vibrado
Entre 30 e 150 mm	Manual ou Vibrado

Tabela 4 – Adensamento Mecânico

Volume de recipiente (dm ³)	Tipo de adensamento	Nº de camadas
≤ 15	Vibrado	2
Entre 15 e 30	Vibrado	2

Tabela 5 – Adensamento Manual

Volume do recipiente (dm ³)	Tipo de adensamento	Nº de camadas	Nº de golpes
≤ 15	Manual	3	25
Entre 15 e 30	Manual	3	50

- L. Calcular a massa específica aparente do concreto fresco (Pap) em quilograma por metro cúbico kg/dm³.

$$Pap = \frac{Mrc - T}{V} \times 1000$$

Onde:

Pap = Massa Específica aparente do concreto fresco, expressa em kg/m³

Mrc = Massa do concreto, determinada em quilogramas (kg) no item 5.j

T = Tara do recipiente (peso do recipiente seco e vazio) realizado no item 4.a

V = Volume do recipiente em decímetros cúbicos (dm³) calculado em 4.e

Nota: o resultado deverá ser a média de, pelo menos, duas determinações.

6. RENDIMENTO

Calcular o rendimento utilizando a equação seguinte:

$$R = \frac{Mc + Mt + Mg + Ma}{Pap}$$

Onde:

R – Rendimento, expresso em metros cúbicos (m³);

Mc – Massa de cimento utilizado na dosagem por betonada, expressa em quilogramas (kg);

Mt – Massa total de agregado miúdo utilizado na dosagem por betonada, na condição de umidade em que foi utilizado para o preparo do concreto, expressa em quilogramas (kg);

Mg – Massa total de agregado graúdo utilizado na dosagem por betonada, na condição de umidade em que foi utilizado para o preparo do concreto, expressa em quilogramas (kg);

Ma – Massa total de água adicionada na dosagem por betonada, expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);

Pap – Massa específica aparente do concreto, determinada no item 5. L expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m³).

7. CONSUMO DE CIMENTO

Calcular o consumo de cimento utilizando a equação seguinte:

$$C = \frac{Mc}{R}$$

Onde:

C – Consumo de cimento, expresso em quilogramas por metro cúbico de concreto (kg/m³)

Mc – Massa do cimento utilizado na dosagem por betonada, expressa em quilogramas (kg)

R – Rendimento do concreto, determinado no item 6 expresso em metros cúbicos (m³)

8. VOLUME TOTAL DOS COMPONENTES DA BETONADA

Calcular utilizando a equação seguinte:

$$V_t = \frac{M_c}{P_c} + \frac{M_f}{P_f} + \frac{M_g}{P_g} + \frac{M_a}{P_a}$$

Onde:

V_t – Volume total dos componentes da betonada, expresso em metros cúbicos (m^3);

P_c – Massa específica do cimento, que deve ser determinada de acordo com a ABNT NBR NM 23, expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3);

P_f - Massa específica do agregado miúdo, determinada de acordo com a ABNT NBR NM 52, expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3);

P_g - Massa específica do agregado graúdo, determinada de acordo com a ABNT NBR NM 53, expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3);

P_a - Massa específica da água, que deve ser adotada como sendo igual a 1000, expressa em

quilogramas por metro cúbico (kg/m^3);

Nota: M_c , M_f , M_g e M_a São as mesmas dos componentes do concreto, indicadas no item 6, expressas em quilograma por metro cúbico (kg/m^3).

Nota: Quando no preparo do concreto forem utilizados aditivos ou outros materiais, estes devem ser incluídos no cálculo, assim como as demais frações dos agregados.

9. ÍNDICE DE AR

Calcular utilizando a equação abaixo:

$$I_a = \frac{R}{V_t}$$

Onde:

I_a – Índice de ar presente na mistura;

R – Rendimento, de acordo com o item 6, expresso em metros cúbicos (m^3);

Vt – Volume total dos componentes da betonada, de acordo com o item 8. Expresso em metros cúbicos (m³)

10. TEOR DE AR

Calcular com aproximação de 0,1%, utilizando a equação abaixo:

$$A = \left(1 - \frac{1}{Ia}\right) \times 100$$

Onde:

A – Teor de ar do concreto, expresso em porcentagem (%)

Ia – Índice de ar presente na mistura conforme o item 10 acima.

CAPÍTULO III - ENSAIOS DE CONCRETO ENDURECIDO

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL (NBR 5739:2007)

1. INTRODUÇÃO

Na maior parte das estruturas, o concreto está submetido a esforços que resultam em tensões de compressão. Este fator, somado à simplicidade e precisão do ensaio, faz com que a resistência axial seja a propriedade mais avaliada para a verificação da qualidade de um concreto.

2. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Prensa Classe 1 para laboratórios (conforme ABNT NB NM ISO 7500-1);
- b. Prensa Classe 2 para obras e centrais de concreto (conforme ABNT NB NM ISO 7500-1);
- c. Paquímetro.

CAPEAMENTO COM ENXOFRE:

- d. Gabarito faceador para garantir o ângulo reto do capeamento CP 15 x 30 cm ou 10 x 20 cm;
- e. Argamassa Gabarito faceador para garantir o ângulo reto do CP 5 x 10 cm;
- f. Tacho de ferro fundido para derreter o enxofre;
- g. Concha de ferro para coletar o enxofre quente e colocar no prato do capeador;
- h. Fogareiro a gás de alta pressão para derretimento do enxofre;
- i. Bujão de gás;

Nota: Imprescindível a instalação de exaustor no laboratório para sugar o gás tóxico;

CAPEAMENTO COM BORRACHA NEOPRENE:

- j. Par de prato adaptador inferior e superior para encaixe do neoprene, CP 10 x 20 cm ou 15 x 30 cm de diâmetro. (Material do prato em aço)

REGULARIZAÇÃO DA BASE DO CP ATRAVÉS DE POLIMENTO

k. Máquina retificadora para corpo de prova cilíndrico $\phi 10 \times 20$ cm ou $\phi 15 \times 30$ cm, com rebolo diamantado para polimento;

CAPEAMENTO COM PASTA DE CIMENTO OU GESSO ESTUQUE

- l. Placa de vidro para alisar e nivelar a superfície;
- m. Nível de bolha
- n. Espátula e taxo para mistura da pasta.

3. PROCEDIMENTO

- a. Os corpos-de-prova devem ter relação altura/diâmetro máxima de 2,02.
- b. Manter os corpos-de-prova em cura úmida ou saturada até o momento do ensaio. Podem ser retirados para a preparação das suas bases, retornando assim que possível.
- c. Determinar a média de duas medidas ortogonais do diâmetro do corpo-de-prova, na metade da sua altura, com precisão de 0,1 mm.
- d. Determinar altura do corpo-de-prova no eixo longitudinal, incluindo o capeamento.
- e. O rompimento deve acontecer na idade especificada, dentro das tolerâncias da Tabela 1. Para idades diferentes, obter a tolerância por interpolação.
- f. Apoiar o corpo-de-prova no prato inferior da prensa, centrado e com o topo de moldagem para cima.
- g. Escolher a escala de força de maneira que o rompimento ocorra no intervalo de calibração da prensa.
- h. Aplicar o carregamento continuamente e sem choques, na velocidade entre $(0,30 \pm 0,60)$ MPa/segundo, até a ruptura.
- i. Calcular a resistência à compressão (f_c) com três algarismos significativos, pela expressão:

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

Onde:

f_c = Resistência à compressão, em megapascals (MPa);

F = força máxima, em N;

D = diâmetro do corpo-de-prova, em milímetros.

Tabela 1 – Tolerância para a idade de rompimento.

Idade de ensaio	24 h	3 d	7 d	28 d	63 d	91 d
Tolerância (h)	0,5	2	6	24	36	48

Se a relação altura/diâmetro (h/d) for menor que 1,94, a força F deve ser multiplicada pelo fator correspondente, da Tabela 2. Os valores não indicados podem ser obtidos por interpolação.

Tabela 2 – Fator de correção h/d

Relação h/d	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Fator de correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87
Nota: Os índices correspondentes á relação h/d não indicada podem ser obtidos por interpolação linear, com aproximação de centésimos					

4. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

a. A avaliação da eficiência das operações de ensaio é realizada a partir do coeficiente de variação dos resultados (cv_e). Recomenda-se que a amostra tenha ao menos 10 exemplares de 2 ou mais corpos-de-prova cada.

b. Obter o desvio-padrão do ensaio pela média das amplitudes dos resultados dos exemplares:

$$S_e = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{d_2 \times n}$$

Onde:

A_i = amplitude dos resultados, diferença entre o maior e menor resultado do exemplar, em megapascals (MPa);

n = número de exemplares da amostra;

d_2 = coeficiente da Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficiente d_2

Nº corpos-de-prova do exemplar	2	3	4	5	6
Coeficiente d_2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534

Calcular o coeficiente de variação do ensaio (cv_e) pela equação:

$$cv_e = \frac{S_e}{f_{cm}}$$

Onde:

CV_e = Coeficiente de variação do ensaio

S_e = Desvio padrão calculado no item 4

f_{cm} = resistência média dos exemplares, em MPa;

Avaliar a eficiência do ensaio, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4

Nível 1 Excelente	Nível 2 Muito Bom	Nível 3 Bom	Nível 4 Razoável	Nível 5 Deficiente
$cv_e \leq 3,0$	$3,0 < cv_e \leq 4,0$	$4,0 < cv_e \leq 5,0$	$5,0 < cv_e \leq 6,0$	$cv_e \geq 6,0$

Nota: A Calibração da máquina de ensaio deve ser feita conforme prescrito na ABNT NBR NM ISO 7500-1, sob condições normais, em intervalos não maiores que 12 meses. Deverá ser calibrado todas as vezes que forem realizadas operações de manutenção, ou transporte da máquina para outro lugar, e sempre que ocorrer variações altas de resistência do concreto durante um período quando nada foi mudado. Exemplo: com a mesma dosagem, mesmas quantidades dos materiais, mesmos materiais, não mudaram as características dos materiais, os mesmos equipamentos de produção, transporte, lançamento e adensamento.

5. RESULTADOS

- a. Identificar no relatório os corpos-de-prova, a data de moldagem, a data de ensaio, a idade dos corpos-de-prova, suas dimensões, o tipo de capeamento empregado e a classe da prensa.
- b. Informar os resultados individuais e dos exemplares, além do tipo de ruptura dos corpos-de-prova.
- c. A divulgação da avaliação da eficiência das operações de ensaio é facultativa.

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL (NBR 7222:2010)

1. INTRODUÇÃO

Idealizado pelo brasileiro Lobo Carneiro, este ensaio mede a resistência à tração simples do concreto, baseando-se no princípio de que um cilindro, carregado diametralmente, recebe tensões de tração, além das de compressão; sendo a resistência à tração do concreto numericamente bem menor que a de compressão, ele rompe por tração.

2. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Máquina de compressão (prensa).
- b. Balança (resolução 1g).
- c. Dispositivos para compressão diametral.
- d. Paquímetro.
- e. Ripas de madeira (seção transversal de 15 mm x 5 mm).

3. OPERAÇÕES INICIAIS PARA CORPOS-DE-PROVA MOLDADOS FORA DO LABORATÓRIO

- a. Verificar que a identificação esteja correta e com material que não se deteriore durante a cura na câmara úmida.

Em caso de dúvida, marcá-los de alguma forma com lápis de cera.

- b. Determinar com o paquímetro e usando aproximação de 0,1 mm, dois diâmetros ortogonais medidos na metade da altura do corpo-de-prova, em seguida, medir os comprimentos das duas geratrizes igualmente distanciadas entre si.
- c. Pesar o corpo-de-prova e calcular o volume, com aproximação de 1 cm³, e a massa específica do concreto, com aproximação de 0,01 g/cm³.

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \frac{3,1416 \times (\text{diâmetro médio})^2 \times \text{comprimento médio}}{4}$$

$$\text{Massa específica (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{massa do corpo-de-prova}}{\text{Volume do corpo-de-prova}}$$

Nota: Determinar as dimensões e massas dos corpos-de-prova o mais próximo possível da data de ensaio.

4. PROCEDIMENTO

- a. Adaptar o dispositivo de compressão diametral na prensa.
- b. Centralizar e alinhar o corpo-de-prova no dispositivo de compressão diametral, colocando ripas de madeira nas faces de contato entre eles (Figura 1);

Nota: Se o corpo-de-prova não ficar parado na posição, calçar com madeira ou borracha e retirar os calços do carregamento.

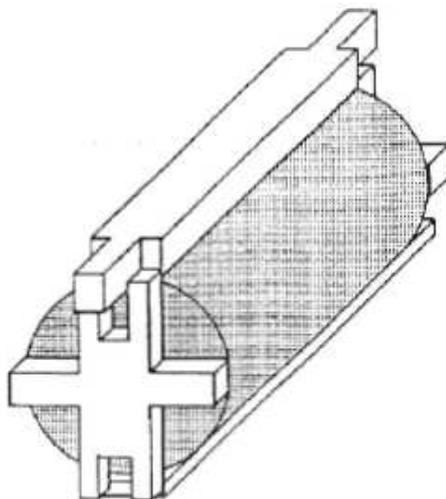


Figura 1 – Corpo-de-prova alinhado centralizando no dispositivo de compressão diametral

- c. Centralizar e alinhar, o dispositivo de compressão diametral sobre o prato inferior da prensa.

- d. Selecionar a velocidade de carregamento no dispositivo de compressão na prensa.
- e. A velocidade de carregamento no dispositivo de compressão na prensa.
- f. Acionar o dispositivo de carregamento e zerar a prensa com o pistão subindo.
- g. Anotar a carga máxima de ruptura.

Nota: Antes do carregamento, verificar se ocorre a correta centralização do conjunto corpo-de-prova e dispositivo de compressão de pratos.

- h. Anotar a carga da ruptura em N e calcular a resistência à tração por compressão diametral, com aproximação de 0,05 MPa para os resultados individuais.

$\text{Resistência (MPa)} = \frac{2 \times \text{carga de ruptura}}{3,1416 \times \text{comprimento médio} \times \text{diâmetro médio}}$

5. CUIDADOS ESPECIAIS

- a. Limpar completamente as superfícies dos corpos-de-prova e dos pratos da prensa, retirando manchas de óleo, detritos sólidos etc.
- b. Manter o corpo-de-prova e o dispositivo de compressão centralizada e alinhada.
- c. Zerar a prensa com o corpo-de-prova em posição correta e o pistão subindo.
- d. Anotar qualquer irregularidade ocorrida.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO EM CORPOS-DE-PROVA PRISMÁTICOS (NBR 12142:2010)

1. INTRODUÇÃO

Flexionando-se uma peça de material elástico, parte dela é comprimida e parte é tracionada. Neste ensaio, flexiona-se um prisma de concreto que, por possuir resistência à tração bem inferior à compressão, rompe-se por tração. Trata-se de um ensaio imprescindível para dosagem e controle de concreto de pavimento, cujo regime de sollicitação em serviço gera fadiga à tração por flexão.

2. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Máquina de compressão (prensa).
- b. Balança com capacidade para 40 kg (resolução 1 g).
- c. Paquímetro.
- d. Régua metálica (600 mm).
- e. Dispositivo de flexão.

3. OPERAÇÕES INICIAIS PARA CORPOS-DE-PROVA MOLDADOS FORA DO LABORATÓRIO.

Verificar que a identificação esteja correta e com material que não se deteriore durante a cura na câmara úmida. Em caso de dúvida, identificá-los novamente com lápis de cera.

4. PROCEDIMENTO

- a. Traçar linhas de referências nas faces de rasamento e oposta do corpo-de-prova, a fim de facilitar sua centralização no dispositivo de carregamento (Figura 1).
- b. Apoiar e centralizar o corpo-de-prova no dispositivo de carregamento, utilizando as linhas de referência, conforme Figura 1.

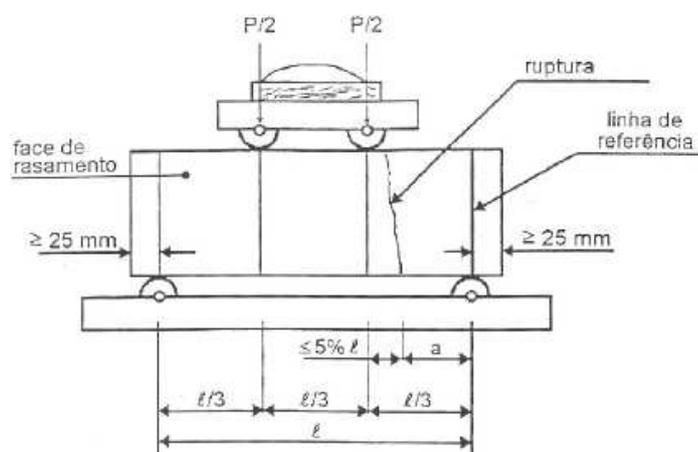


Figura 1

c. Selecionar a velocidade de carregamento na prensa, esta deve ser constante e estar entre 0,9 a 1,1 MPa/min até a ruptura.

Nota: A carga inicial pode ser aplicada com velocidade maior até atingir 50% da tensão de ruptura estimada.

d. Determinar, na seção de ruptura, a altura e a largura do corpo-de-prova executando três determinações e calculando a média destes valores.

e. Se a ruptura ocorrer no terço médio da distância entre os elementos de apoio, calcular a resistência à tração na flexão pela expressão:

$$F_{ctm} = \frac{P \times L}{B \times D^2}$$

Onde:

F_{ctm} = resistência à tração na flexão, em Megapascals (MPa).

P = carga máxima aplicada, em Newton (N).

L = distância entre cutelos de suporte, em milímetros (mm).

B = largura média do corpo-de-prova na seção de ruptura, em milímetros (mm).

D = altura média do corpo-de-prova, na seção de ruptura, em milímetros (mm).

Nota: Caso a ruptura ocorra fora do terço médio, a uma distância não superior a 5% de L (distância entre cutelos de suporte, Figura 2). Calcular a resistência à tração na flexão usando a expressão:

$$f_{ctm} = \frac{3 \times p \times a}{b \times d^2}$$

Onde:

a = distância média entre a linha de ruptura na face tracionada e a linha correspondente ao apoio mais próximo, com aproximação de 1 mm e tomada em pelo menos três medidas ($a \geq 0,283 l$).

Caso a ruptura ocorra além dos 5% de l ($a < 0,283l$), o ensaio não em validade.

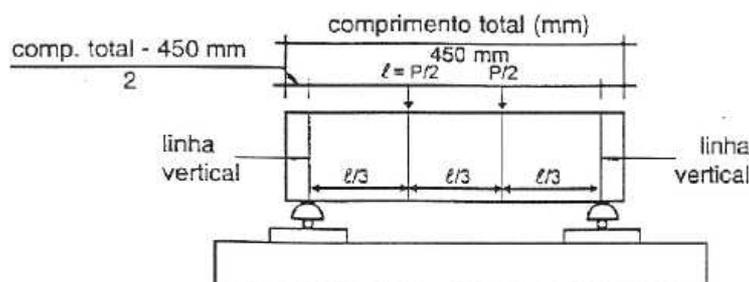


Figura 2 – Demarcação das linhas verticais.

5. CUIDADOS ESPECIAIS

- Centralizar e alinhar o corpo-de-prova sobre os cutelos inferiores.
- Caso haja irregularidade na superfície do corpo-de-prova nos locais de contato com os elementos de apoio e aplicação de cargas maiores que 25 mm de extensão e afastamento = 1 mm, devem ser capeados com material especificado na MB-2.

Nota: Se a irregularidade não ultrapassar um afastamento de 0,4 mm, permite-se utilizar tiras de couro entre os elementos de apoio e aplicação de carga e o corpo-de-prova, de espessura 0,6 a 0,7 mm, largura de 40 mm e comprimento igual à largura do corpo-de-prova.

MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO (NBR 8522:2008)

1. INTRODUÇÃO

O módulo de elasticidade estático é a relação entre a tensão aplicada e a deformação elástica corrida, aquela que deixa de existir se a tensão no concreto for eliminada. O seu valor é utilizado para caracterizar a deformabilidade do concreto no cálculo de pavimentos e estruturas, na determinação da idade de retirada de escoramentos e pode até ser indicado na especificação do material.

2. EQUIPAMENTOS

- a. Prensa de acordo com a NBR 5739, capaz de aplicar e manter a carga especificada.
- b. Medidor de deformação, mecânico ou elétrico, de resolução $\pm 1 \times 10^{-5}$.
- c. Paquímetro.
- d. Cronômetro.

3. PREPARAÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

- a. Os corpos-de-prova ou testemunhos de concreto devem ser cilíndricos, preparados de acordo com a NBR 5738 ou NBR 7680, mantendo sempre a proporção de comprimento igual a duas vezes o diâmetro.
- b. Determinar a média de duas medições ortogonais de diâmetro. Determinar a média de duas medições opostas da altura.
- c. Marcar duas geratrizes diametralmente opostas no corpo-de-prova e sobre elas fixar os medidores de deformação. Em cada geratriz, os pontos de medida devem estar afastados entre si de $2/3$ a uma medida do diâmetro e igualmente afastados da base e do topo.
- d. Determinar a resistência à compressão de dois corpos-de-prova do mesmo lote em que será medido o módulo de elasticidade. Adotar a média como a resistência estimada.

4. PROCEDIMENTO

- a. Colocar o corpo-de-prova preparado no centro dos pratos da prensa e aplicar carregamento à velocidade de $(0,25 \pm 0,05)$ MPa/s, até se atingir uma tensão de 40% da resistência estimada do concreto (T_b), que deve ser mantida por 60 s.
- b. Reduzir a carga à mesma velocidade até o nível de tensão básica, que é de 0,5 MPa (T_a). Repetir o ciclo mais duas vezes.
- c. Depois do último ciclo e do período de 60 s sob a tensão T_a , registrar as deformações lidas no medidor (D_a), em até 30 s.
- d. Carregar novamente o corpo-de-prova até a tensão T_b , esperar 60 s e registrar as deformações lidas (D_b), em até 30 s.
- e. Aumentar o carregamento à velocidade especificada até a ruptura do corpo-de-prova. Se a resistência efetiva diferir da resistência estimada em mais de 20 %, os resultados devem ser descartados.

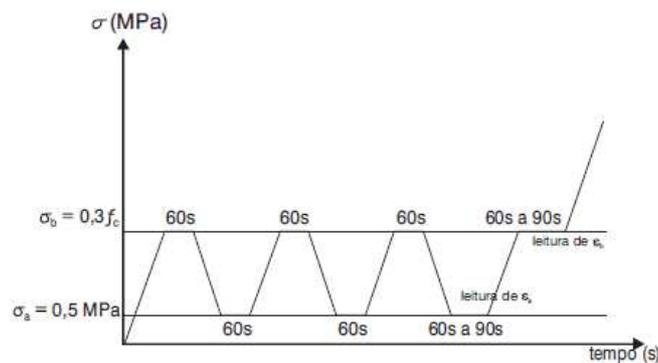


Figura 1 – Representação esquemática do carregamento para a determinação do módulo de elasticidade.

5. CÁLCULO

- a. O módulo de elasticidade, E_{ci} , é dado por:

$$E_{ci} = \frac{T_b - T_a}{D_b - D_a} \times 10^{-3} \quad (\text{GPa})$$

- b. O resultado é a média das determinações em 3 corpos-de-prova.
- c. O relatório deve conter a identificação dos corpos-de-prova, data de ensaio, data da preparação do concreto ou extração do testemunho, condições de cura e armazenamento, condições e dimensões da amostra, tipo e número dos medidores de

deformação, resistência à compressão do par inicial, resistência à compressão das amostras analisadas, resultados e média das determinações de módulo de elasticidade.

CÂMARAS ÚMIDAS E TANQUES PARA CURA DE CORPOS-DE-PROVA DE ARGAMASSA E CONCRETO (NBR 9479:2006)

1. INTRODUÇÃO

O armazenamento de corpos-de-prova de concreto deve assegurar que as suas propriedades não sejam alteradas até o momento do ensaio.

2. CONDIÇÕES EXIGIDAS

- a. A umidade relativa do ar da câmara úmida não deve ser inferior a 95 %, de modo a assegurar que as superfícies expostas dos corpos-de-prova mantenham-se úmidas. Evitar fluxo de água sobre os corpos-de-prova.
- b. As portas da câmara e do tanque devem permitir o fechamento hermético do ambiente.
- c. Para obras ou instalações provisórias, pode-se substituir a câmara por tanque de cura coberto com material isolante, com controle de temperatura da água.
- d. A temperatura do ar e da água da câmara e do tanque deve ser de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Se necessário, instalar equipamento de refrigeração ou aquecimento do ambiente. É possível manter os intervalos de $(25 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ou $(27 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, porém deve-se registrar no relatório.
- e. O tanque deve conter água saturada de cal, deve ser protegido da luz solar e ter dispositivo para troca periódica da água.
- f. Devem ser feitas 3 leituras diárias das condições climáticas do tanque ou da câmara de cura ao longo do dia, em intervalos regulares. Os valores devem ser registrados em livro de controle.

ARGAMASSA E CONCRETO ENDURECIDOS – ABSORÇÃO DE ÁGUA, ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA, (ABNT NBR 9778:2005 - Corrigida em 2009)

1. INTRODUÇÃO

Estruturas de concreto sem revestimento estão, em maior ou menor grau, sujeitas à ação de agentes agressivos como o gás carbônico existente no ar, o sal da água do mar, os gases sulfurosos de uma rede de esgoto etc. Quanto mais poroso for o concreto, mais rapidamente esses agentes prejudicam a integridade da peça. Este ensaio avalia a porosidade do concreto em corpos-de-prova extraídos de estruturas ou moldados para o ensaio.

2. DEFINIÇÕES DOS ENSAIOS

- a. **Absorção de água por imersão (A):** Processo pelo qual a água é conduzida e tende a ocupar os poros permeáveis de um sólido poroso. O concreto poroso penetra água em seus poros permeáveis, estabelece a relação com a sua massa em estado seco.
- b. **Índice de vazios (Lv):** Relação entre o volume de poros permeáveis e o volume total da amostra.
- c. **Massa específica da amostra seca (Ps):** Relação entre a massa do material seco e o volume total da amostra, incluindo os poros impermeáveis.
- d. **Massa específica da amostra saturada (Psat):** Relação entre a massa do material saturado o volume total da amostra, incluindo os poros permeáveis e impermeáveis.
- e. **Massa específica real (Pr):** Relação entre a massa do material seco e o seu volume, excluindo os poros permeáveis.

3. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Balança com dispositivo para pesagem hidrostática com resolução de 0,05 % da massa a ser determinada.
- b. Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo entre (100 a 110)°C.
- c. Recipiente, taxo ou panela de ferro resistente ao calor, para fervura da amostra.
- d. Fogão a gás de chama alta.

4. AMOSTRAS PARA ENSAIO

- a. Os corpos-de-prova para ensaio podem ser:
- pedaços de concreto ou argamassa retirados de qualquer peça, por metodologia adaptada da NBR 7680;
 - Argamassa, corpos-de-prova inteiros moldados de acordo com a NBR 7215;
 - Concreto, corpos-de-prova inteiros moldados de acordo com a NBR 5738;
- b. Ensaiar ao menos duas amostras, com volume mínimo de:
- 150 cm³ no caso de argamassas.
 - 1.500 cm³ no caso de concretos com agregado de $D_{máx}$ até 50 mm.
 - 10.000 cm³ no caso de concretos com agregado de $D_{máx}$ maior que 50 mm.
- c. As amostras devem estar íntegras, isentas de óleo ou outros materiais indesejáveis

5. PROCEDIMENTO

Secagem da amostra em estufa

- a. Secar a amostra em estufa na temperatura de $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ por um período de 72h.
- b. Determinar e registrar a massa da amostra seca (M_s), em gramas.
- c. Em casos especiais, a amostra pode permanecer na estufa até que em 2 pesagens consecutivas, no intervalo de 24 h, não haja diferença de massa de mais de 0,5%.

Saturação da amostra e determinação de sua massa na condição saturada e imersa em água.

- a. Imergir a amostra em água à temperatura de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ e mantê-la durante 72 horas nessa condição;
- b. Em casos especiais, mediante solicitação expressa, a amostra pode permanecer imersa em água até que duas pesagens sucessivas efetuados em intervalos de 24 horas, não difiram em mais de 0,5% da menor massa;
- c. Depois de saturada a amostra em água à temperatura de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, colocar a amostra em um recipiente cheio de água que deve ser progressivamente levada à ebulição, a qual deve começar depois de 15 minutos e antes de 30 minutos;
- d. Manter a ebulição por 5 horas, repondo a água que evaporar já na mesma temperatura;
- e. Deixar esfriar naturalmente até $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

- f. Determinar e registrar a massa da amostra imersa em água na balança hidrostática (M_i), em gramas;
- g. Secar a amostra com pano úmido, determinar e registrar a sua massa (M_{sat}), em gramas.

6. RESULTADOS

6.1. ABSORÇÃO

- a. Calcular a absorção (A) pela equação abaixo, com duas casas decimais.

$$A = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100\%$$

Onde:

- M_{sat} = Massa da amostra saturada em água após imersão e fervura obtido no item 5.2g
- M_s = Massa da amostra seca em estufa obtido no item 5.1b

6.2. ÍNDICE DE VAZIOS

- b. Calcular o índice de vazios (I_v), com duas casas decimais

$$I_v = \frac{M_{sat} - M_s}{M_{sat} - M_i} \times 100\%$$

Onde:

- M_i = Massa da amostra saturada imersa em água após fervura obtido no item 5.2f

6.3. MASSA ESPECÍFICA DA AMOSTRA SECA

c. Calcular a massa específica da amostra seca (P_s), com duas casas decimais.

$$P_s = \frac{M_s}{M_{sat} - M_i} (g / cm^3)$$

6.4. MASSA ESPECÍFICA DA AMOSTRA SATURADA

d. Calcular a massa específica da amostra saturada após fervura (P_{sat}), com duas casas decimais.

$$P_s = \frac{M_{sat}}{M_{sat} - M_i} (g / cm^3)$$

6.5. MASSA ESPECÍFICA REAL

e. Calcular a massa específica real (P_r) pela expressão:

$$P_r = \frac{M_s}{M_s - M_i} (g / cm^3)$$

7. RELATÓRIO

- Os resultados apresentados no relatório devem ser as médias das duas determinações;
- Identificação da amostra;
- Tipo de amostra (argamassa ou concreto; corpo-de-prova moldado ou extraído);
- Forma e dimensões da amostra;
- Idade do concreto ou da argamassa em ensaio;
- Método de cura até a ocasião do ensaio;
- Indicação de eventuais anomalias;
- Valores das massas intermediárias, se necessário;
- Resultados obtidos.

PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO (NBR 6118:2007)

1. INTRODUÇÃO

A nova NBR 6118 atualiza os procedimentos para projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, que foram usados por mais de 20 anos. É aplicável a concretos de resistência entre 10 e 50 MPa. Além de alterar alguns conceitos do cálculo estrutural, insere requisitos de qualidade que as estruturas e o concreto devem anteceder, como resistências e cobrimentos mínimos, relações água/cimento máximas, estruturas de drenagem e até um manual de utilização, inspeção e controle do edifício. As diretrizes de durabilidade aplicadas ao concreto são relacionadas a seguir.

2. MECANISMOS DE ENVELHECIMENTO E DETERIORAÇÃO

Os mecanismos a que a estrutura estará sujeita ao longo de sua vida útil devem ser levados em consideração no projeto, de maneira a tomarem-se medidas preventivas. Ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos, retração e fluência, entre outras, podem levar à sua deterioração gradual.

As armaduras estão sujeitas à despassivação, seja por carbonatação ou pela presença de íons cloreto.

Quanto ao concreto, os mecanismos preponderantes são:

- a. Lixiviação: por ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem ou carreiam os compostos hidratados da pasta de cimento.
- b. Expansão por ação de águas ou solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com pasta de cimento hidratado.
- c. Expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos.
- d. Reações deletérias de certos agregados em função de transformação de produtos ferruginosos presentes na sua constituição.
- e. Fissuração por retração térmica, hidráulica ou de secagem.

3. AGRESSIVIDADE DO AMBIENTE

Nos projetos de estruturas convencionais, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na Tabela 1 e pode ser avaliada simplificada e segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes.

Classe agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a,b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^a	
IV	Muito Forte	Industrial ^{a,c}	Elevado
		Respingos de maré	

Considerações da Tabela 1.

a. Pode-se admitir um micro-clima com uma classe de agressividade menor para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

b. Pode-se admitir uma classe de agressividade menor em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar de até 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos.

c. Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

4. QUALIDADE DO COBRIMENTO

Concreto de cobrimento é a porção que fica entre as armaduras e o ambiente externo. Tem fundamental importância para a durabilidade da estrutura, pois sua espessura e qualidade determinarão a capacidade de reter o avanço de agentes agressivos. Ensaio que comprovem o desempenho da durabilidade da estrutura frente ao tipo nível de agressividade previsto em projeto devem estabelecer os parâmetros mínimos a serem atendidos.

Na falta destes e devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permite-se adotar os requisitos mínimos expressos na Tabela 2.

Tabela 2 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	Concreto armado	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	Concreto Protendido	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (NBR 8953)	Concreto armado	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	Concreto Protendido	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

Um dos critérios de aceitação da estrutura é o respeito à espessura mínima de cobrimento. Para garantir o cobrimento mínimo (c_{\min}), o projeto e a execução devem respeitar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é c_{\min} acrescido da tolerância de execução (c). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais estabelecidos na Tabela 3.

Os cobrimentos nominais e mínimos se referem à superfície da armadura externa, em geral à face externa do estribo. Para obras convencionais, o valor de c deve ser maior ou igual a 10 mm. Se houver rígido controle de qualidade de execução, pode ser adotado valor de c igual a 5 mm. No caso de elementos pré-fabricados, os valores de cobrimento devem seguir o disposto na NBR 9062.

Em qualquer situação, o cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser:

- a. c_{nom} diâmetro da barra.
- b. c_{nom} diâmetro do feixe.
- c. c_{nom} 0,5 diâmetro da bainha.
- d. c_{nom} 0,8 dimensão máxima característica do agregado graúdo.

Tabela 3 – Cobrimento nominal (mm) em função da classe de agressividade ambiental, para $c = 10$ mm.

Tipo de Estrutura	Componente	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV ^c
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ^a	Todos	30	35	45	55

Considerações da Tabela 3:

- a. Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os cabos, sempre superior ao específico para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.
- b. Para a face superior de lajes e vigas que receberão argamassa de contrapiso, revestidos por pisos secos, as exigências da Tabela 3 podem ser substituídas pelos valores mínimos em relação ao diâmetro da armadura e do agregado, respeitando-se um cobrimento nominal de 15 mm.
- c. Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água, esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal maior ou igual a 45 mm.

EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO (NBR 14931:2004)

1. INTRODUÇÃO

Em complemento à NBR 6118, foi criada a NBR 14931, que trata dos procedimentos para a execução de estruturas de concreto. Esta norma aborda aspectos como o sistema de fôrmas e escoramento, armaduras, concretagem, cura, bem como a inspeção e documentação de como construído, incluindo a análise de resistência do concreto. Os pontos pertinentes à qualidade do concreto são relacionados a seguir.

2. SISTEMA DE FÔRMAS E ESCORAMENTO

- a. Sistemas metálicos ou de madeira devem ser projetados e construídos de acordo a NBR 7190 e a NBR 8800.
- b. O escoramento deve estar apoiado sobre cunhas ou outros apoios que facilitem a sua retirada e que evitem danos e recalques ao piso ou solo em que está apoiado.
- c. As fôrmas devem ser suficientemente estanques, de modo a impedir perda de pasta de cimento.
- d. Agentes desmoldantes devem seguir as orientações do fabricante quanto a forma e quantidade a ser aplicado. Aplicar exclusivamente na fôrma, antes da colocação da armadura, sem excesso que prejudique a qualidade ou aparência do concreto e em quantidade suficiente que assegure a retirada da fôrma. O material não deve manchar a superfície do concreto ou prejudicar a aderência com o revestimento a ser aplicado.
- e. Fôrmas em materiais absorventes ou que facilitem a evaporação devem ser molhadas até a saturação para reduzir a perda de água do concreto.

Nota: Um dos maiores índices de desperdício em uma obra está submetido na espessura das lajes, que costuma superar as especificações de projeto em função da qualidade das fôrmas.

3. CONCRETAGEM

- a. A especificação do concreto deve levar em consideração todas as propriedades requeridas em projeto, bem como as condições de preparo, lançamento, adensamento e cura.
- b. O plano de concretagem deve assegurar a altura ideal das camadas de modo que a equipe e os equipamentos tenham capacidade de lançar e adensar corretamente o concreto antes do início de pega e sem a ocorrência de juntas não previstas.
- c. A temperatura da massa do concreto, no momento do lançamento, não deve ser inferior a 5°C. A concretagem deve ser suspensa sempre que estiver prevista queda na temperatura ambiente para abaixo de 0°C nas 48 h seguintes.

Nota: Se a temperatura ambiente estiver abaixo dos 5°C no momento da concretagem, corre-se o risco de congelar a água do concreto de superfície, com sérios danos à qualidade do material.

- d. Em concretagens sob temperatura ambiente superior a 35°C, e, em especial quando a umidade for menor que 50% e a velocidade de vento superior a 30 m/s, devem ser tomadas medidas para evitar a perda de consistência e resfriar o concreto. A cura deve ser iniciada logo após o lançamento e a concretagem deve ser suspensa se a temperatura ambiente for superior a 40°C ou a velocidade do vento superior a 60m/s.
- e. O transporte do concreto não deve produzir segregação dos componentes, perda de água, pasta ou argamassa.
- f. Se durante o lançamento do concreto houver queda livre de uma altura superior a 2 m, recomenda-se tomar os seguintes cuidados: lançar previamente pequena quantidade de argamassa, ajustar o teor de argamassa e a consistência do concreto e utilizar dispositivos como funis ou calhas.
- g. Em lançamento submerso deve ser usado concreto auto-adensável, coeso e plástico com consumo de cimento mínimo de 400 kg/m³, que possa ser levado ao local de concretagem por meio de tubulação submersa, continuamente. Só deve ser realizado se a água tiver temperatura superior a 5°C e velocidade inferior a 2 m/s.
- h. No adensamento manual, as camadas de concreto devem ter altura máxima de até 20 cm.
- i. Se for utilizado vibrador de imersão, a espessura da camada deve ser de aproximadamente $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha e o equipamento deve penetrar aproximadamente 10 cm na camada inferior;

j. O vibrador de imersão deve ser usado na vertical lentamente em vai-e-vem, ser retirado lentamente ainda ligado, assim que a superfície do concreto se apresente nivelada, lisa e brilhante, evitar exsudação de água na superfície.

k. Não deve entrar em contato com a fôrma nem a armadura para que não formem vazios ao redor da barra de aço com prejuízo da aderência,

l. O adensamento deve ser no tempo certo, com o equipamento correto, quando ocorre o brilho na superfície do concreto é o momento de mudar o vibrador de lugar. Normalmente atinge o raio de ação de acordo com a sua capacidade, portanto se o adensando esta sendo realizado com um vibrador de 30 indica que o raio de ação é de 30 cm;

Nota: O adensamento do concreto é para expulsar as bolhas de ar e eliminar os vazios sem segregar os materiais e tornar o concreto impermeável.

4. JUNTAS DE CONCRETAGEM

Em caso de interrupção não prevista da concretagem, os seguintes procedimentos são necessários:

a. Adensar o concreto até a junta e contê-lo com fôrmas temporárias. Podem ser deixadas esperas de armadura ou reentrâncias no concreto mais velho.

b. Sempre que possível, executar as juntas perpendiculares aos esforços de compressão.

c. Antes da retomada do lançamento, deve ser removida a nata de cimento (vitrificada) e feita à limpeza da junta, sem permitir o acúmulo de água em cavidade.

d. Aplicar argamassa com a mesma composição da argamassa do concreto sobre a superfície da junta, para fechar vazios, ou materiais aderentes de desempenho comprovadamente superior ao do concreto usado.

Nota: Caso os esforços na região da junta sejam elevados, recomenda-se usar produtos que aumentem a aderência entre o concreto antigo e o novo.

5. CURA

a. Deve ser iniciada assim que não se deixe marcas na superfície do concreto.

b. Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deve ser curado e protegido, para evitar perda de água, assegurar resistência e durabilidade da superfície.

- c. O momento mais importante da cura é nas primeiras horas logo que se inicia a pega, neste período ocorre maior evaporação de água devido ao calor de hidratação, se impedir este fenômeno assegura maior hidratação do cimento, menos fissuras e mais resistência ao concreto.
- d. A água deve ser potável ou satisfazer às exigências da NBR 12654.
- e. A cura não deve ser interrompida antes que o concreto atinja resistência de 15 MPa ou superior.

Nota 1: A perda rápida de água em concretos de baixa relação água/cimento pode interromper a hidratação do cimento, diminuindo em até 25% a resistência do concreto.

Nota 2: Alguns concretos atingem a resistência de 15 MPa em algumas horas, o que não significa que a cura deva ser interrompida. Quanto mais prolongada for a cura, maior a garantia de qualidade e resistência do concreto.

6. RETIRADA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS

- a. Escoramentos e fôrmas devem ser mantidos até que o concreto tenha resistência para suportar as cargas atuantes neste estágio e para evitar deformações além das toleradas e danos à superfície.
- b. Os valores mínimos de resistência à compressão e módulo de elasticidade que atendem estas condições devem ser informados pelo responsável pelo projeto da estrutura.

EXECUÇÃO DE CONCRETO DOSADO EM CENTRAL (NBR 7212:1984)

1. INTRODUÇÃO

As condições para execução de concreto dosado em central, incluindo as operações de armazenamento dos materiais, dosagem, mistura, transporte, recebimento, controle de qualidade, inspeção, aceitação e rejeição são estabelecidas pela NBR 7212.

2. ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS

- a. Agregados devem ser armazenados em baias separadas, para evitar contaminação e mistura entre si.
- b. Cimentos de tipos ou procedências diferentes devem ser armazenados separadamente.
- c. Os demais componentes também devem ser armazenados de maneira a evitar contaminação.

3. DOSAGEM DOS MATERIAIS

- a. Agregados e cimento devem ser dosados em massa e nunca devem ser pesados conjuntamente.
- b. Pode ser admitida a dosagem do cimento em sacos de 50 kg; não é permitido o fracionamento dos sacos.
- c. Água e aditivos podem ser dosados em massa ou volume.
- d. Parte da água total pode ser adicionada na obra, imediatamente antes da mistura final e descarga. Neste caso, deve-se ter controle para não se ultrapassar a quantidade de água prevista no traço.
- e. Recomenda-se aferições freqüentes das balanças e medidores de volume, não se ultrapassando 5000 m³ de concreto dosado, nem períodos superiores a 3 meses.

4. ADIÇÃO SUPLEMENTAR DE ÁGUA

- a. Somente se admite adição suplementar de água para a correção de abatimento, devido à evaporação, antes do início da descarga desde que:
 - antes da adição o abatimento obtido seja maior ou igual a 10mm.

- esta correção não aumente o abatimento em mais de 25 mm.
- o abatimento após a correção não supere o limite máximo especificado.
- tenha se passado pelo menos 15 minutos desde a primeira adição de água.
- b. Esta adição mantém a responsabilidade da empresa sobre as propriedades do concreto e a autorização por representantes deve ser registrada no documento de entrega.
- c. Qualquer outra adição de água exigida pela contratante exime a empresa de serviços de concretagem de qualquer responsabilidade quanto às características do concreto exigidas no pedido e o fato deve ser registrado no documento de entrega.

5. TRANSPORTE

O tempo de transporte do concreto, entre a primeira adição de água e a sua entrega, deve ser:

- a. Fixado de forma que o fim do adensamento não ocorra após o início de pega do concreto já lançado e que tem contato com a nova remessa, de forma a evitar formação de junta fria;
- b. Inferior a 90 minutos e que o fim da descarga aconteça em, no máximo, 150 minutos no caso de veículo com equipamento de agitação.
- c. Inferior a 40 minutos e que o fim da descarga aconteça em, no máximo, 60 minutos, no caso de veículo sem equipamento de agitação.

Devem ser verificadas condições especiais, como: temperatura ambiente e umidade relativa do ar, propriedades do cimento, características dos materiais, peculiaridades da obra, uso de aditivos retardadores, refrigeração e outras, que podem alterar os prazos de transporte e descarga do concreto.

6. TEMPERATURA

As temperaturas ambientes limites para lançamento do concreto são 10°C e 32°C. Fora destes limites devem ser tomados cuidados especiais.

Nota: a NBR 14931:2003 faz referência a cuidados especiais não somente quando a temperatura é inadequada, mas também quando a umidade relativa do ar é baixa e a velocidade do vento é alta, fatores que aceleram a perda de água do concreto fresco.

7. DOCUMENTO DE ENTREGA

O documento de entrega que acompanha cada remessa de concreto, além dos itens obrigatórios de lei, deve conter:

- a. Quantidade de cada componente do concreto;
- b. Volume do concreto;
- c. Hora de início da mistura (primeira adição de água);
- d. Abatimento;
- e. Dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- f. Resistência característica do concreto à compressão;
- g. Aditivo utilizado;
- h. Quantidade de água adicionada na central;
- i. Quantidade máxima de água a ser adicionada na obra;
- j. Menção de todos os demais itens especificados no pedido.

8. ACEITAÇÃO DO CONCRETO

- a. A aceitação do concreto fresco compreende a verificação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67), ou outro método especificado, e a comprovação da dimensão máxima característica do agregado graúdo.
- b. Na fixação do abatimento de tronco de cone serão admitidas as tolerâncias da Tabela 1.
- c. A aceitação do concreto endurecido depende do atendimento às especificações do pedido, especialmente a resistência à compressão, de acordo com as respectivas normas brasileiras.
- d. No caso de outras especificações feitas no pedido, deverão ser feitas verificações segundo as respectivas normas brasileiras.

Tabela 1 – Tolerâncias na determinação do abatimento do concreto

Abatimento (mm)	Tolerância (mm)
10 a 90	± 10
100 a 150	± 20
Acima de 160	± 30

9. AVALIAÇÃO DO DESVIO-PADRÃO

- a. Devem ser retirados exemplares do concreto, constituídos de no mínimo dois corpos-de-prova para cada idade de rompimento, adotando-se o maior valor de resistência.
- b. Os exemplares devem ser tomados aleatoriamente do mesmo ou de diversos traços, de forma que se tenha pelo menos um exemplar para cada 50 m³ de concreto entregues e de acordo com a NBR NM 33.
- c. No caso de desvio-padrão desconhecido, a amostra deve ser constituída de, no mínimo, 32 exemplares. Para desvio-padrão previamente analisado, o número de exemplares pode ser reduzido de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Redução do tamanho da amostra

Desvio - padrão determinado (MPa)	Número mínimo de exemplares
$S_n > 5$	32
$5 \geq S_n > 4$	25
$S_n \leq 4$	16

- d. Quando as resistências de dosagem, f_{cj} , dos exemplares escolhidos forem iguais ou maiores que 22 MPa, a resistência efetiva de cada corpo-de-prova, f_i , deve ser transformada para f_i' :

$$f_i' = f_r + (f_i - f_{cj}) \text{ (MPa)}$$

- e. Quando as resistências de dosagem forem menores que 22 MPa, os valores de resistência a serem considerados, f_i' , são obtidos pela expressão:

$$f_i' = f_r + (f_i - f_{cj}) \times \frac{22}{f_{cj}} \text{ (MPa)}$$

- f. O desvio-padrão (S_n) é calculado pela expressão seguinte, onde n é o número de exemplares:

$$S_n = \frac{\sqrt{(f_i' - \bar{f}')^2}}{n-1}$$

g. Sendo:

$$\bar{f}' = \frac{\sum f_i'}{n'}$$

PREPARO, CONTROLE E RECEBIMENTO DO CONCRETO (NBR 12655:2006)

1. INTRODUÇÃO

As condições para o preparo, controle e recebimento do concreto destinado à execução de estruturas de concreto simples, armado e protendido são determinadas pela NBR 12655. Aplica-se tanto ao concreto preparado pelo executante da obra quanto ao preparado por empresa de serviços de concretagem. A versão de 2006 inclui critérios que consideram a durabilidade da estrutura.

2. RESPONSABILIDADE

- a. Ao profissional responsável pelo projeto estrutural cabem as seguintes responsabilidades:
- registro da resistência característica do concreto (f_{ck}) em todos os desenhos e descrições do projeto.
 - especificação dos valores de f_{cjk} para as etapas construtivas, como retirada de cimbramento, aplicação de protensão, etc.
 - especificação dos requisitos de durabilidade da estrutura durante sua vida útil, inclusive a classe de agressividade adotada em projeto (Tabela 1 da NBR 6118 e Tabela 1 desta norma).
 - especificação dos requisitos de propriedades especiais do concreto, como módulo de deformação mínimo na idade de desforma, de movimentação de elementos pré-moldados, etc.
- b. O profissional responsável pela execução da obra tem as atribuições de:
- escolher a modalidade de preparo do concreto.
 - ser o responsável pela execução do concreto em obra, quando for o caso;
 - escolher o tipo de concreto, sua consistência, dimensão máxima do agregado e demais propriedades;
 - atendimento a todos os requisitos de projeto, inclusive quanto ao tipo de cimento;
 - aceitação do concreto fresco e endurecido, quando for preparado em empresa de serviços de concretagem.
 - atender aos cuidados necessários para retirada de escoramentos.
- c. Os responsáveis pelo recebimento do concreto são o proprietário e o responsável técnico da obra.

3. REQUISITOS PARA OS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO.

- a. Os materiais componentes do concreto não devem conter substâncias prejudiciais à sua durabilidade ou das armaduras.
- b. O tipo de cimento deve ser especificado de acordo com as particularidades de execução, lançamento, cura e condições de exposição da estrutura.
- c. Agregados de concreto, recuperados por lavagem, podem ser reutilizados se forem do mesmo tipo de agregado do novo concreto.
- d. Se os agregados recuperados não forem subdivididos quanto à sua granulometria, podem ser usados em até 5% do total de agregados. Caso contrário e se atenderem aos requisitos da NBR 7211, não há restrição para o uso destes materiais.
- e. Deve-se tomar precauções especiais na escolha dos componentes do concreto exposto à umidade que empregar agregados álcali-reativos. Deve-se observar experiência anterior com a combinação específica de cimento e agregados.
- f. Aditivos empregados em dosagem menor que 0,2% da massa de cimento devem ser adicionados à água de amassamento. Para dosagens superiores a 3 l/m³, o conteúdo de água do aditivo deve ser considerado no cálculo da relação água/cimento.

4. REQUISITOS DE DURABILIDADE

- a. As classes de agressividade ambiental são estabelecidas pela NBR 6118, na Tabela 1.
- b. Na falta de ensaios comprobatórios do desempenho da estrutura frente ao nível de agressividade previsto em projeto, permite-se adotar os requisitos mínimos da Tabela 1.
- c. Para condições especiais de exposição devem ser atendidos os requisitos mínimos da Tabela 2.
- d. Concretos expostos a solos ou águas sulfatados devem usar cimento resistente a sulfatos e atender aos requisitos da Tabela 3.
- e. Concretos expostos ao ataque externo de cloretos devem ser executados de acordo com as especificações da Tabela 2. Já os limites para a incorporação de cloretos pelos materiais componentes do concreto são apresentados na Tabela 4.

Tabela 1 – Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	Concreto armado	≤ 0,65	≤ 0,6	≤ 0,55	≤ 0,45
	Concreto protendido	≤ 0,6	≤ 0,55	≤ 0,5	≤ 0,45
Classe de concreto (NBR 8953)	Concreto armado	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	Concreto protendido	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
Consumo de cimento (kg/m ³)	Concreto armado e protendido	≥ 260	≥ 280	≥ 320	≥ 360

Tabela 2 – Requisitos para o concreto em condições especiais de exposição

Condições de exposição	a/c máx para concreto com agregado normal	f _{ck} mín para concreto com agregado leve ou normal (MPa)
Condições que exigem concreto de baixa permeabilidade à água	0,5	35
Exposição a processos de gelo/degelo em condições de umidade ou agentes químicos de degelo	0,45	40
Exposição a cloretos	0,4	45

5. ARMAZENAMENTO DOS COMPONENTES

- a. Cada cimento deve ser armazenado separadamente, de acordo com marca, tipo e classe.
- b. O cimento ensacado deve ser guardado em pilhas protegidas da umidade, sobre estrados de madeira, separadas de acordo com a data de recebimento. Pilhas com altura máxima de 15 unidades para consumo em até 15 unidades para consumo em até 15 dias ou de 10 unidades para maior período.
- c. O silo para estoque do cimento a granel deve ser estanque, provido de respiradouro com filtro, tubulação de carga e descarga e janela de inspeção.

Tabela 3 – Requisitos para concreto exposto a sulfatos

Agressividade	Teor de sulfato do solo (% massa)	Teor de sulfato solúvel na água (ppm)	a/c máx para concreto com agregado normal ¹	f _{ck} mín para concreto com agregado leve ou normal (MPa)
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	-	-
Moderada ²	0,10 a 0,20	150 a 1500	0,50	35
Severa ³	> 0,2	> 1500	0,45	40

¹⁾ Baixa a/c ou elevada resistência podem ser necessárias para reduzir permeabilidade ou proteger contra corrosão da armadura e contra gelo/degelo. ²⁾ Água do mar. ³⁾ Devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

Tabela 4 – Teor máximo de cloretos incorporados ao concreto pelos seus componentes

Tipo de Estrutura	Teor máx CL ⁻ no concreto (% massa cimento)
Concreto Protendido	0,05
Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço	0,15
Concreto armado em condições de exposição não severas - seco ou protegido da umidade	0,4
Outros tipos de construção com concreto armado	0,3

- d. Os agregados devem ser separados fisicamente, de acordo com granulometria, sobre base que permita o escoamento da água e impeça o contato com o solo e contaminação por outros materiais.
- e. A água deve ser guardada em caixas estanques e tampadas, que impeçam contaminação.
- f. Os aditivos que não forem usados em suas embalagens originais devem ser transferidos para recipiente estanque e protegido de corrosão, dotado de agitador para evitar a decantação dos sólidos. Se usados em suas embalagens originais, devem ser agitados uma vez ao dia ou antes do uso.
- g. O recipiente de aditivo deve trazer a identificação de marca, lote, tipo, fabricação e validade.
- h. A sílica ativa e o metacaulim devem ser identificados e armazenados separadamente.

6. MEDIDA DOS MATERIAIS

- a. Base para medida do concreto é o metro cúbico no estado fresco;
- b. O cimento, a sílica ativa, metacaulim e a pozolana devem sempre ser medidos em massa;
- c. A medida dos agregados deverá ser em peso, só é permitido em volume quando o concreto é dosado em betoneira estacionária no canteiro de obras.

7. ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO

- a. Pode-se dosar empiricamente concretos classe C10, com consumo mínimo de cimento de 300 kg/m³.
- b. Concretos classe C15 ou superior devem ser dosados racional e experimentalmente, antes do início da obra, utilizando no estudo os mesmos materiais e condições semelhantes às da execução.
- c. O cálculo da dosagem deve ser feito cada vez que for prevista uma mudança de marca, tipo ou classe do cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais.
- d. A resistência de dosagem (f_{cj}) deve atender à variação causada pelas condições de preparo, medida pelo desvio-padrão (S_d), segundo a equação:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times S_d \text{ (MPa)}$$

- e. As condições de preparo do concreto são:
 - Condição A (concretos até 80 MPa): o cimento e os agregados são medidos em massa, a água em massa ou volume e corrigida em função da umidade dos agregados.
 - Condição B (concretos até 25 MPa): o cimento é medido em massa, a água é medida em volume e os agregados em massa combinada com volume.
 - Condição B (concretos até 20 MPa): o cimento é medido em massa, a água e os agregados são medidos em volume. A umidade do agregado miúdo é medida pelo menos 3 vezes durante o turno de concretagem. O volume do agregado miúdo é corrigido pela curva de inchamento.
 - Condição C (concretos até 15 MPa): o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água é medida em volume e sua quantidade é corrigida em função da estimativa de umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto.

- f. Quando o concreto for elaborado com os mesmos materiais, equipamentos e condições equivalentes, o desvio-padrão deve ser fixado com no mínimo 20 resultados consecutivos obtidos no intervalo de 30 dias, em período imediatamente anterior. Em nenhum caso o valor de S_d adotado deve ser menor que 2,0 MPa.
- g. Quando não se conhece o desvio-padrão das condições de execução, devem-se adotar os valores da Tabela 5, de acordo com as condições de preparo.
- h. Antes do início da concretagem, deve-se preparar uma amassada de concreto na obra, para comprovação e eventual ajuste de dosagem. Devem ser verificadas consistência e resistência à compressão.

Tabela 5 – Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto

Condição de Preparo	Desvio-Padrão (MPa)
A	4,0
B	5,5
C ¹	7,0
¹⁾ Para condição de preparo C, e enquanto não se conhece o desvio-padrão, exige-se para os concretos de classe C15 o consumo mínimo de cimento de 350 kg/m ³	

- ENSAIOS DE CONTROLE DE ACEITAÇÃO

- a. Devem ser realizados ensaios de consistência do concreto fresco, pelo abatimento de tronco de cone ou pelo espalhamento na mesa de Graff, sempre que ocorrer alteração de umidade dos agregados e nas seguintes situações:
- primeira amassada do dia;
 - ao reiniciar o preparo após uma interrupção de 2h;
 - na troca de operadores;
 - na moldagem de corpos-de-prova;
 - em toda betonada de concreto dosado em central.
- b. A amostragem do concreto para ensaios de resistência à compressão deve ser feita dividindo-se a estrutura em lotes que atendam a todos os limites da Tabela 6. De cada lote deve ser retirada uma amostra, com número de exemplares de acordo com o tipo de controle.

- c. As amostras devem ser coletadas aleatoriamente durante a concretagem, conforme a NBR NM 33. Toma-se como resistência do exemplar o maior dos dois valores obtidos.
- d. Consideram-se dois tipos de controle de resistência: controle estatístico por amostragem parcial e o controle por amostragem total.

Tabela 6 – Valores para a formação de lotes de concreto

Limites superiores	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	Flexão simples
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	3 dias de concretagem ¹	
¹⁾ Este período deve estar dentro do prazo total máximo de 7 dias, que inclui eventuais interrupções para tratamento de juntas.		

- CONTROLE ESTATÍSTICO POR AMOSTRAGEM PARCIAL

- a. Para este tipo de controle, em que são retirados exemplares de algumas betonadas do concreto, as amostras devem ser de no mínimo 6 exemplares para concretos de até 50 MPa e 12 exemplares para concretos de resistência superior a 50 MPa.
- b. Para lotes com número de exemplares entre 6 e 20, o valor estimado da resistência característica à compressão (f_{ckest}) é dado por:

$$f_{ckest} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m \text{ (MPa)}$$

Onde: $m = n/2$. Despreza-se o valor mais alto de n , se for ímpar.

f_1, f_2, \dots, f_m = valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente.

- c. Não se deve tomar para f_{ckest} valor menor que $\psi_6 \cdot f_1$, adotando-se para ψ_6 os valores da Tabela 7.

Tabela 7 – Valores de ψ_6

Condição de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,8	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02
Os valores de n 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais.											

a. Para lotes com mais de 20 exemplares, a resistência característica a compressão é dada por:

$$f_{ckest} = f_{cm} - 1,65 \times S_d \text{ (MPa)}$$

Onde: f_{cm} = resistência média dos exemplares do lote, em MPa.

S_d = desvio-padrão do lote para n-1 resultados, em MPa.

- CONTROLE DO CONCRETO POR AMOSTRAGEM TOTAL

a. Consiste no ensaio de exemplares de cada amassada de concreto e aplica-se a casos especiais, a critério do responsável técnico.

b. Para número de exemplares menor que 20, a resistência característica estimada é dada por:

$$f_{ckest} = f_1 \text{ (MPa)}$$

c. Para mais de 20 exemplares, a resistência característica estimada é dada por:

$$f_{ckest} = f_i \text{ (MPa)}$$

Onde $i = 0,05 n$. Quando o valor de i for fracionário, adota-se o número inteiro imediatamente superior.

d. Em casos excepcionais, pode-se dividir a estrutura em lotes de 10 m³ e amostrá-los com número de exemplares entre 2 e 5. Nestes casos, a resistência característica é dada por:

$$f_{ckest} = \psi_6 \times f_1 (MPa)$$

- RECEBIMENTO E ACEITAÇÃO

a. O recebimento do concreto consiste na verificação do cumprimento da NBR 12655, no que diz respeito à sua execução e aceitação. A NBR 6118 estabelece os procedimentos em caso de não conformidade no recebimento do concreto.

b. A aceitação do concreto fresco (provisória) é efetuada durante a descarga da betoneira e consiste na verificação das propriedades específicas para o concreto fresco.

c. A aceitação definitiva consiste na verificação do atendimento a todos os requisitos para o concreto endurecido. No caso da resistência à compressão, os lotes devem ser aceitos quando:

$$f_{ckest} \geq f_{ck}$$

CONCRETO ENDURECIDO - AVALIAÇÃO DA DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO (NBR 7584:1995)

1. INTRODUÇÃO

a. Ensaio não destrutivo que mede a dureza superficial do concreto endurecido através do esclerômetro de reflexão. É o primeiro ensaio a ser requisitado quando ocorre suspeita de concreto com resistência abaixo do fck estabelecido pelo calculista no projeto estrutural.

2. APARELHAGEM

Esclerômetro de reflexão:

- a. Com energia de percussão de 30 N.m, mais indicado para obras de grandes volumes tipo, concreto massa, pistas protendidas de aeroportos e concreto de alta resistência;
- b. Com energia de percussão de 2,25 N.m, com ou sem fita registradora automática, que pode ser utilizado em casos normais de construções de edifícios e postes;
- c. Com energia de percussão de 0,90 N.m, com ou sem aumento da área da calota esférica da ponta da haste, indicado para concretos de baixa resistência;
- d. Com energia de percussão de 0,75 N.m, com ou sem fita registradora automática, que é o tipo mais apropriado para elementos, componentes e peças de concreto de pequenas dimensões e sensíveis aos golpes;
- e. Bigorna de aço para aferição do esclerômetro de massa de 16 kg;
- f. Disco ou prisma de carborundum para polimento manual da área de ensaio;
- g. Máquina politriz dotada de acessórios para desgaste e polimento da superfície de concreto.

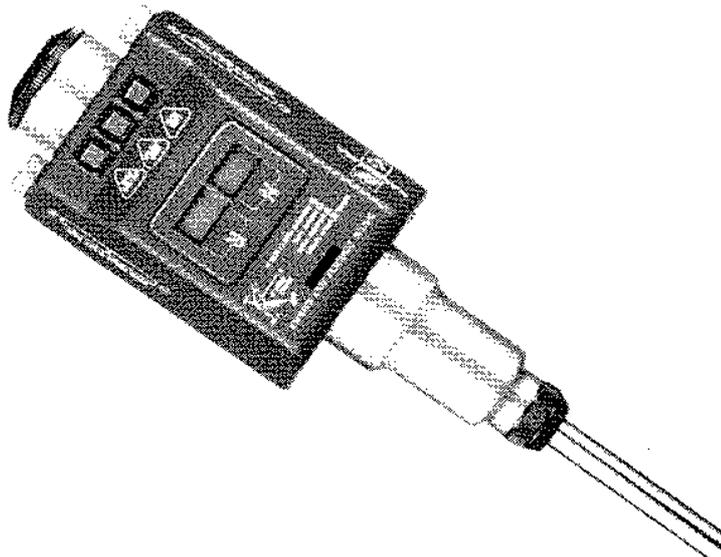
Esta máquina é utilizada quando necessita retirar uma certa camada superficial admitida como alterada em relação ao concreto que se deseja analisar.

- h. Lápis de cera para marcação da área de execução do ensaio.

Nota: Características do esclerômetro de reflexão.

Consiste fundamentalmente em uma massa-martelo que, impulsionada por mola, se choca através de uma haste, com ponta esférica na área da superfície do concreto. Quanto maior a

dureza do concreto, menor a parcela da energia que se converte em deformação permanente e, por conseguinte, maior deve ser o recuo ou a reflexão do martelo.



4.853.500

Aferição do esclerômetro:

O esclerômetro deverá ser aferido antes de sua utilização ou a cada 300 impactos realizados em uma mesma inspeção. A aferição periódica do esclerômetro de reflexão é necessária, porque o tempo e o uso do aparelho alteram as características das molas, produzindo desgastes e aumento do atrito entre as partes deslizantes e móveis internas dele e pelo uso, pode também ocorrer penetração de poeira no aparelho entre os anéis de vedação de feltro existente na barra de percussão.



1.380.001

- b. Colocar a bigorna de aço sobre uma superfície nivelada e rígida, a superfície destinada a receber o impacto deve apresentar dureza Brinell de 5000 MPa e fornecer índices esclerométricos de 80;
- c. Efetuar no mínimo 10 impactos sobre a bigorna, a cada inspeção;
- d. Quando nos impactos de aferição forem obtidos índices esclerométricos médios menores que 75, o esclerômetro só deverá ser usado após a calibração;
- e. Outra condição para utilização correta do esclerômetro, estabelece que nenhum índice esclerométrico individual obtido entre os 10 impactos deve variar do índice esclerométrico médio de ± 3 . Quando isso ocorrer, o aparelho não pode ser utilizado, antes de ser calibrado.
- f. Coeficiente de correção do índice esclerométrico deve ser obtido pela equação:

$$k = \frac{n \cdot IE_{nom}}{\sum_{i=1}^n IE_i}$$

Onde:

k = Coeficiente de correção do índice esclerométrico;

n = Número de impactos na bigorna de aço;

IE_{nom} = Índice esclerométrico nominal do aparelho na bigorna de aço, fornecido pelo fabricante

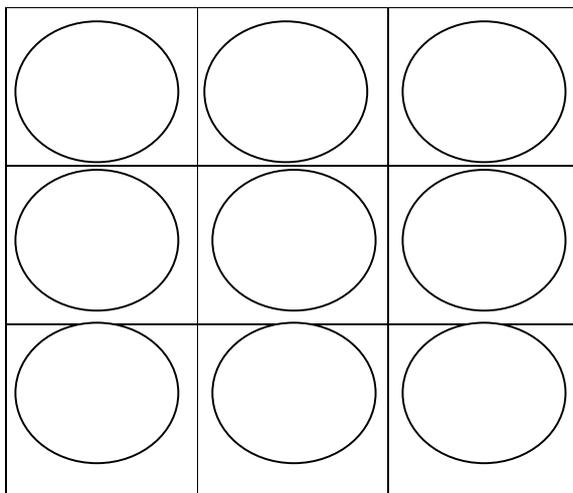
IE_i = Índice esclerométrico obtido em cada impacto do esclerômetro na bigorna de aço.

3. PROCEDIMENTOS PARA O PREPARO DA SUPERFÍCIE DO ENSAIO

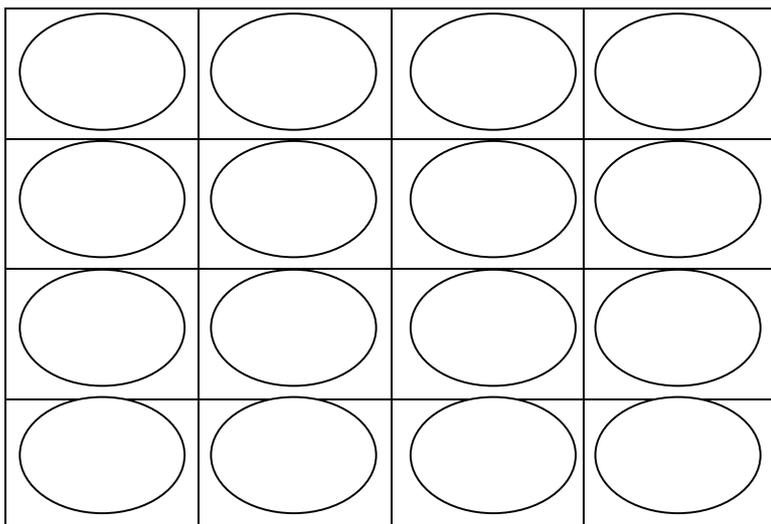
- a. A superfície do concreto para a realização do ensaio deve ser seca ao ar, limpa e preferencialmente plana. As superfícies irregulares, ásperas, curvas ou talhadas não oferecem resultado homogêneos, portanto sendo possível deve evitar este tipo de superfície. As condições da superfície é normalmente o fator que mais acarreta variabilidade dos resultados
- b. Superfícies inclinadas, horizontais ou verticais sendo lisas, fornecem índices com boa correlação com a resistência do concreto, portanto, é importante evitar superfícies irregulares, úmidas ou carbonatadas, pois estes tipos de superfícies não oferecem resultados confiáveis.
- c. Preparação da superfície para ensaio será através de polimento enérgico com prisma ou disco de carborundum, aplicando movimentos circulares. Toda a poeira, pó e resíduos superficiais devem ser removidos a seco.
- d. Preferencialmente escolher a área de ensaio nas peças que dão sustentabilidade para a estrutura, como pilares, paredes, cortinas e vigas. Evitar peças afetadas por segregação, exsudação, concentração excessiva de armadura, juntas de concretagem, cantos, arestas, bases e topos de pilares, regiões inferiores de vigas e próximas dos apoios. Enfim a área de ensaio deve estar afastada no mínimo 50 mm dos cantos e arestas das peças.

- e. A área mapeada deve estar compreendida entre 8000mm^2 ($90\text{ mm} \times 90\text{ mm}$) que corresponde a nove pontos marcados ou 40000mm^2 ($200\text{ mm} \times 200\text{ mm}$) que corresponde a dezesseis pontos marcados.
- f. A área de ensaio deve ser distribuída pela região a qual esta sendo analisada, pelo menos uma área por elemento estrutural. Peças de grande volume devem ser analisadas com duas áreas de ensaio em faces opostas.

Desenho da área para ensaio de 8000mm^2 ($90\text{mm} \times 90\text{mm}$)



Desenho da área para ensaio de 40000mm^2 ($200\text{mm} \times 200\text{mm}$)

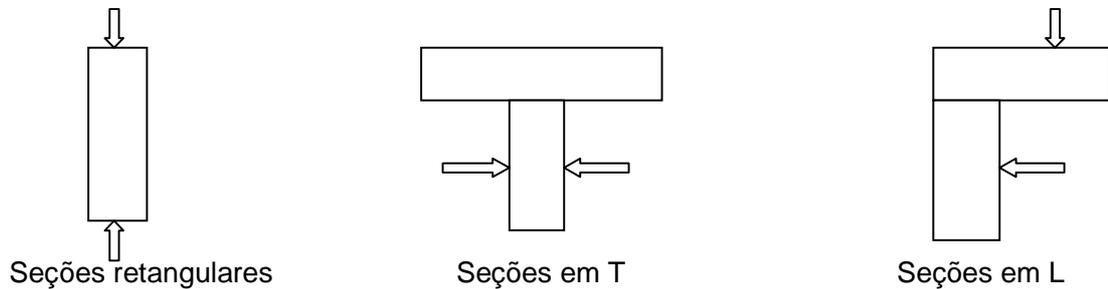


4. EXECUÇÃO DO ENSAIO

- a. Em cada área círculo, deve ser efetuado um impacto. Os impactos devem ser aplicados uniformemente distribuídos na área de ensaio. Não é permitido aplicar mais de um impacto exatamente no mesmo ponto;
- b. Nota: Como medida de segurança, para que o ensaio torne mais homogêneo e confiável, pode ser aplicado em cada círculo três impactos distribuídos em pontos diferentes afastados pelo menos 30mm. Anotar no relatório a média. Estes impactos podem apresentar resultados variáveis, uma vez que o concreto pode não ser homogêneo. Neste caso o ponto pode ser aplicado em área de maior concentração de argamassa, onde tenha ocorrido exsudação e vazio interno, sobre a barra de aço, sobre um grão de agregado graúdo ou sobre uma área segregada internamente não visível.

5. UTILIZAÇÃO CORRETA DO APARELHO

- a. Não utilizar esclerômetro quando os índices esclerométricos obtidos forem inferiores a 20;
- b. Não utilizar esclerômetro com energia de percussão de 2,25 N.m em concretos com resistência inferior a 8 MPa;
- c. As peças de concreto onde será realizado o ensaio devem ter dimensões superiores a 100 mm na direção do impacto para ser suficientemente rígido e evitar interferência de ressonância, vibração e dissipação de energia a qual influência no resultado obtido;
- d. Peças com dimensões inferiores a 100 mm na direção do impacto até podem ser ensaiadas porém, tomar cuidados especiais, de modo que atenda as informações do item c. Deve ser colocado um apoio de encontro à face oposta à área de ensaio de modo que a peça fique totalmente firme sem possibilidade de interferência no resultado.
- e. O operador deve apoiar o aparelho no corpo protegido pela palma da mão, pressionar firmemente de modo que o impacto seja aplicado na posição de maior inércia da peça ou componente estrutural do concreto;
- f. Após o impacto, travar o esclerômetro no botão e anotar no formulário a leitura obtida na escala aparelho.



Nota: Todas as posições são corrigidas com os coeficientes fornecidos pelo fabricante. Estes coeficientes levam em consideração a ação da gravidade. Normalmente um gráfico anexo ao aparelho.

6. RESULTADOS

a. Obter o índice esclerométrico médio efetivo de cada área de ensaio, usando a equação:

$$IE_{\square} = K \times IE$$

Onde:

IE_{\square} = Índice esclerométrico médio efetivo

K = Coeficiente de correção do índice esclerométrico, obtido quando da aferição do aparelho

IE = Índice esclerométrico médio obtido no ensaio

Nota: Em alguns casos, pode ser necessária a aplicação de outros coeficientes de correção devido a influências, como umidade, cura, idade, carbonatação e outras, conforme acordo dos envolvidos no estudo.

b. Calcular a média aritmética dos n 9 a 16) valores individuais dos índices esclerométricos correspondentes a uma única.

c. Desprezar todo índice esclerométrico individual que esteja afastado em mais de 10% do valor obtido e calcular a média aritmética.

d. O índice esclerométrico médio final deve ser obtido com no mínimo cinco valores individuais. Caso contrário, o ensaio desta área deve ser abandonado.

e. De cada área de ensaio é obtido um único índice esclerométrico médio efetivo;

7. RELATÓRIO DE ENSAIO

- Modelo do esclerômetro, marca tipo e nº de fabricação;
- Índices esclerométricos individuais da aferição do aparelho e de cada área de ensaio obtidos diretamente;
- Descrição dos croquis da estrutura e localização da área;
- Posição do aparelho para obtenção de cada índice esclerométrico de cada ensaio;
- Coeficientes utilizados na correção de cada um dos índices esclerométricos, em função da posição do aparelho;
- Valor do índice esclerométrico médio (IE) de cada área de ensaio;
- Coeficientes utilizados nas eventuais correções, em função de umidade, cura, idade, Carbonatação, etc;
- Valor do índice esclerométrico médio efetivo (IE_{ef}) de cada área de ensaio;
- Outras informações que os envolvidos acharem que devem informar;
- Se foi avaliado a resistência a compressão do concreto colocar as correlações.

8. CONCLUSÃO

- O método de ensaio esclerométrico não deve ser considerado substituto de outros métodos, mas um método alternativo adicional, complementar de estimativa da resistência do concreto que pode auxiliar e contribuir em um estudo.
- Os métodos esclerométricos conseguem fornecer informações da dureza superficial do concreto, se operação for realizada com esclerômetro de 2,25 N.m no máximo até 20 mm de profundidade.
- As correlações com as demais propriedades do concreto são determinadas empiricamente ou verificadas através de outros ensaios específicos.

CONCRETO – EXTRAÇÃO, PREPARO E ENSAIO DE TESTEMUNHOS DE CONCRETO (ABNT NBR 7680:2007)

1. INTRODUÇÃO

a. Extração, preparo e ensaio de testemunhos cilíndricos e prismáticos de concreto simples, armado e protendido. Este ensaio normalmente é requisitado quando ocorre resistência abaixo f_{ck} de projeto estabelecido pelo calculista das estruturas nas obras ou em fabrica de pré-moldadas em geral. Sendo realizado com critério é confiável porém, destrói parte da estrutura devido aos furos necessários para extração dos corpos-de-prova.

2. APARELHAGEM

- a. Máquina extratora elétrica com sonda até ϕ 8 polegadas ou até ϕ 4 polegadas para extrair testemunho com jogo de broca rotativa diamantado para corte de concreto;
- b. Serra com disco diamantado ou de carbureto de silício, que possibilite realizar o corte dos testemunhos;
- c. Trena e paquímetro para medição;
- d. Rastreador de metal para detectar a passagem de barras de aço na estrutura;

3. AMOSTRAGEM

- a. A estrutura examinada pode ser dividida em numero de lotos conforme identificados durante a concretagem ou em função de acordo entre as partes envolvidas. A formação do lote deve obedecer o que estabelece a ABNT NBR 12655. O lote também pode e deve ser decidido em função da segurança da estrutura.
- b. Cada lote de concreto a ser examinado deve corresponder uma amostra com o “n” numero de exemplares retirados de maneira que a amostra seja representativa do lote em exame. É conveniente que cada exemplar seja constituído de no mínimo dois testemunhos.
- c. Quando o local de aplicação do concreto na estrutura não for perfeitamente identificado, é recomendado retirar no mínimo seis testemunhos por lote.
- d. Os testemunhos devem ser íntegros e não conter materiais estranhos ao concreto, tais como pedaços de madeira e barras de aço entre outros.

- e. Podem ser aceitos testemunhos que contenham barras de aço em direção ortogonal (variando de 70° a 110°) ao seu eixo e cuja área de seção não ultrapasse 4% da área da seção transversal do testemunho.
- f. Não devem ser aceitos testemunhos que contenham barras de armaduras cruzadas, dentro do terço médio da altura do testemunho.
- g. Pode ser evitado extrair pedaços de armadura usando o detectador de metais ou através da verificação do posicionamento mediante consulta no projeto estrutural;
- h. Uma forma de eliminar as barras de aço é diminuir a altura do testemunho.

4. EXTRAÇÃO DA AMOSTRA

- a. Os testemunhos devem ser extraídos dos locais próximos ao centro do elemento estrutural e nunca a uma distância menor do que um diâmetro do testemunho com relação às bordas ou juntas de concretagem. A distância mínima entre as bordas perfurações não devem ser inferior a um diâmetro do testemunho;
- b. Nota: Em colunas, pilares, paredes, cortinas e elementos passíveis de sofrer exsudação são convenientes a extração dos testemunhos de seções situadas 30 cm abaixo da superfície (topo) de concretagem do componente estrutural;
- c. A resistência do concreto na data da extração é ideal que esteja no mínimo igual ou maior que 5,0 MPa quando usa a cerra e 8,0 MPa quando usa a sonda;
- d. Nota: É importante tomar cuidado com a segurança da estrutura, portanto toda a extração deve ser precedida de um escoramento adequado;
- e. A operação de extração deve ser realizada seguindo as recomendações gerais de uso da aparelhagem prevista pelo fabricante.
- f. Identificação dos pontos onde foram extraídas as amostras;
- g. A retirada do testemunho da estrutura deve ser feita de forma que provoque um esforço ortogonal ao eixo do testemunho. Em seu topo, rompendo o concreto à tração em sua base. Neste esforço pode ser provocado pela introdução de uma ferramenta nas interfaces entre o testemunho e o orifício, usando a ferramenta como alavanca, com cuidado para não romper as bordas do testemunho;
- h. Quando extraídas vigas para o ensaio de flexão, as lajes devem ter as dimensões necessárias para que possam ser extraídas sem que contenham concreto trincado, descascado, escavado ou com qualquer outro tipo de defeito.

5. ENSAIOS DE TESTEMUNHOS

Resistência à compressão

- a. O diâmetro do testemunho cilíndrico utilizado para determinar a resistência à compressão deve ser pelo menos três vezes maior que a dimensão nominal do agregado graúdo do concreto e preferencialmente maior ou igual a 100 mm.
- b. Os testemunhos a serem ensaiados não devem apresentar razão de dimensões h/d superior a dois nem inferior a um ou seja $1 \leq h/d \leq 2$. Quando o elemento estrutural que estiver sendo examinado tiver altura (h) menor que o diâmetro (d) deve-se fazer a montagem de corpo-de-prova previsto no final.

Preparação da superfície de ensaio do testemunho

- a. Antes de realizar o ensaio de resistência à compressão, as bases dos testemunhos devem ser preparadas conforme a especificação da ABNT NBR 5738.
- b. O diâmetro utilizado para cálculo da área da seção transversal deve ser a média de duas medidas ortogonais, realizadas na metade da altura do testemunho, com exatidão de 0,1 mm. O comprimento do testemunho deve ser a média de três determinações medido em geratrizes com exatidão de 0,1 mm.

Condições de umidade

- a. Quando o concreto da região da estrutura que está sendo examinado não tiver possibilidade de vir a ficar em contato com água, os testemunhos devem ser preparados e colocados em ambiente durante pelo menos 48 horas antes da ruptura com umidade relativa acima de 50%. Caso o concreto do lote em exame venha do ambiente úmido, os testemunhos devem ser preparados e acondicionados de acordo com a ABNT NBR 5738, no mínimo 48 horas e rompidos na condição de saturado superfície seca. Se não for possível estas condições informar no relatório.
- b. Caso os testemunhos tenham suas bases preparadas para o ensaio, devem ser retirados da água apenas no momento do ensaio. Caso as bases não estejam preparadas, a superfície lateral dos testemunhos deve ser coberta com estopa ou toalha úmida durante o tempo de preparação visando evitar perda de umidade.

Ensaio

a. Deve ser determinada a resistência de ruptura à compressão axial conforme estabelecido na ABNT NBR 5739. Cada testemunho deve ser detalhadamente observado antes e depois da ruptura, aplicar o carregamento na prensa até sua total desagregação, devendo ser anotadas todas as irregularidades observadas, se for possível documentar com fotos. Aqueles testemunhos que apresentarem falhas de concretagem não devem ser considerados para fins de avaliação da resistência à compressão do concreto em exame.

Cálculos

- a. Se a razão entre a altura e o diâmetro médio do testemunho for inferior a dois, a resistência de ruptura à compressão obtida deve ser corrigida multiplicando o valor da resistência pelo fator de correção h/d definido na tabela 1. (resultado com aproximando de 0,1 MPa mais próximo)
- b. Os valores intermediários da relação altura/diâmetro estabelecidos na tabela 1 podem ser obtidos por interpolação linear.

Tabela 1 – Fatores de correção para $1,0 \leq h/d \leq 2,0$

h/d	Fator de correção
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

Os fatores de correção estabelecidos na tabela 1 podem ser aplicados a testemunhos com densidade de massa superiores a 1600 kg/m^3

Relatório

É necessário anotar todos os itens recomendados na ABNT NBR 5739:

- a. Indicação da localização dos testemunhos nos elementos da estrutura;
- b. Dimensões do testemunho;
- c. Resistência de ruptura à compressão expressa em megapascals e aproximada ao 0,01 MPa mais próximo;
- d. Condição de umidade do testemunho no momento do ensaio, considerando se os testemunhos foram rompidos secos ao ar ou saturados com superfície seca;
- e. Tipo de estrutura se é armada, protendida ou pré-moldada
- f. Conforme previsto na ABNT NBR 6118:2003 item 12.4.1 admite-se no caso de testemunhos extraídos da estrutura, dividir o coeficiente de ponderação das resistências no estado ultimo (ELU) por 1,1.

6. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Dimensões dos testemunhos

- a. Os testemunhos cilíndricos devem ter dimensões conforme estabelecidos no item 5 de resistência a compressão.
- b. Os testemunhos cujas superfícies laterais tenham saliências ou depressões superiores a 0,5% do comprimento do testemunho não devem ser ensaiados. Quando for necessário construir uma linha de contato com as condições exigidas, deve ser aplicada uma camada de argamassa de cimento ou material similar, com a resistência necessária e com a menor espessura possível, de acordo com a ANBR NBR 5738, sobre a superfície lateral do testemunho. A figura 1 apresenta um dispositivo adequado para realizar o suplemento da superfície lateral de testemunhos cilíndricos de 150 mm de diâmetro.
- c. Condições de umidade seguem o mesmo critério estabelecido para o ensaio de resistência à compressão axial.

Ensaio

- a. O ensaio de resistência de ruptura à tração por compressão diametral deve ser realizado conforme estabelecido na ABNT NBR 7222

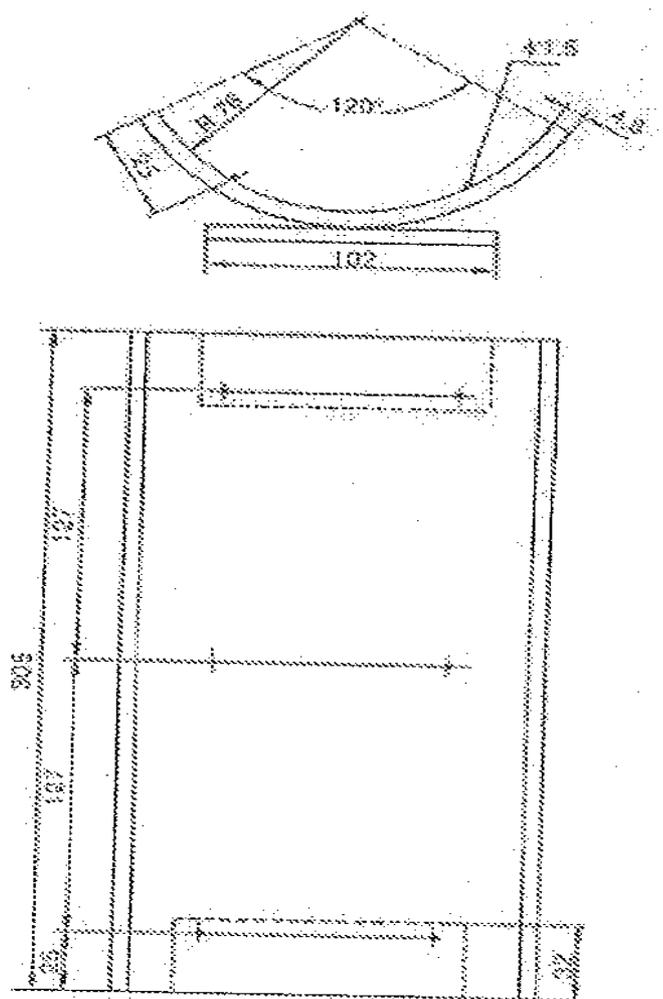
Cálculo

a. Conforme estabelecido na ABNT NBR 7222

Relatório

- a. Conforme especificação da ABNT NBR 7222;
- b. Indicação da localização dos testemunhos nos elementos da estruturas;
- c. Dimensões do testemunho;
- d. Condição de umidade dos testemunhos no momento do ensaio, considerando se os testemunhos foram ensaiados secos ao ar ou saturados com a superfície seca;
- e. Tipo de estrutura se é armada, protendida e pré-moldada

Figura 1 – Tipo de molde para preparação das superfícies laterais de testemunhos de 150 mm de diâmetro.



7. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO EM PLACAS DE PAVIMENTO NÃO ARMADAS

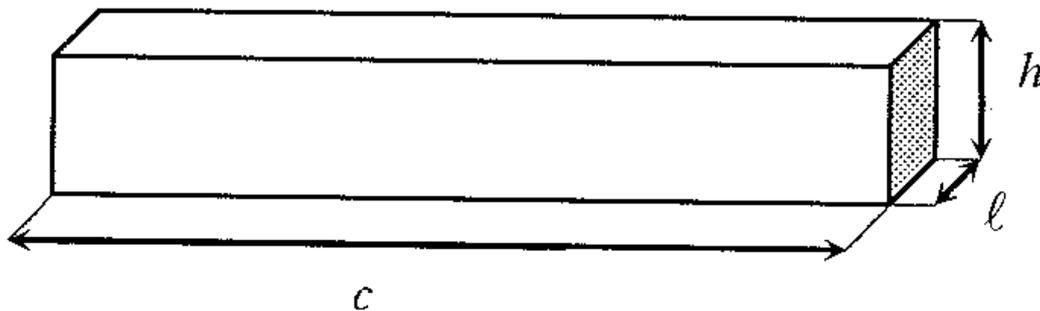
Dimensões

Os testemunhos prismáticos na realidade são vigas cortadas com serra, e são utilizadas para determinar a resistência à tração na flexão. A operação de serrar o concreto deve ser realizada com cuidado de forma a não prejudicar esse material por golpes, vibrações ou aquecimento.

A largura da viga deve ser maior ou igual a quatro vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo e sempre maior ou igual a 100 mm. A altura deve ser determinada pela espessura do pavimento. O comprimento da viga deve ser no mínimo quatro vezes sua largura.

Nota: Alternativamente, desde que se informe no relatório do ensaio, a largura do testemunho pode ser no mínimo três vezes maior que a dimensão nominal máxima do agregado graúdo do concreto.

Figura – 2: Testemunho



Onde:

L = Largura

$$L \geq 4D$$

H = altura

$$L \geq 100 \text{ mm}$$

C = Comprimento

$$C \geq L$$

D = Dimensão máxima característica do agregado

Preparação das superfícies de apoio dos testemunhos

As superfícies serradas devem ser lisas, planas, paralelas entre si e sem Saliências ou depressões. Quando for necessário regularizar a superfície de concreto. Aplicar uma camada de argamassa de cimento ou material similar, conforme a ABNT NBR 5738, sobre a superfície do testemunho.

Determinação das umidades

As medidas da altura, e largura do testemunho na seção de ruptura devem ser conforme a ABNT NBR 12142.

Condições de umidade

Adotar os mesmos critérios dos itens anteriores utilizados no testemunho cilíndrico

Ensaio

O ensaio para determinação da resistência de ruptura a atração na flexão deve ser realizado adotando o estabelecido na ABNT NBR 12142

Lembrando que durante a operação de preparação da viga para o ensaio é importante tomar todo o cuidado para evitar danos que altere resultados dos testemunhos. As superfícies em contato com os cutelos do dispositivo de ensaio devem estar contidas em planos paralelos.

Cálculos

Calcular conforme especificado na ABNT NBR 12141

Relatório

- Tudo o que está estabelecido na ABNT NBR 12142;
- Indicação da localização dos testemunhos;
- Dimensões do testemunho;
- Resistência de ruptura à compressão expressa em megapascals com aproximação de 0,1 MPa mais próximo;

- Condição de umidade do testemunho no momento do ensaio, considerando se os testemunhos foram ensaiados secos ao ar ou saturados com a superfície seca;
- Tipo de estrutura: armada, protendida ou pré-moldada;
- Posição da superfície tracionada, com relação ao corte com a serra do testemunho e também à direção de lançamento do concreto.

ANEXO PARA ESCLARECIMENTO DE MONTAGEM DO CORPO-DE-PROVA

Condições de uso

O uso dos cilindros montados deve ser aceito somente nos casos de comprovada impossibilidade de obtenção de testemunhos cilíndricos com altura mínima especificada nesta Norma, devido à exigüidade de dimensões ou à presença de defeitos no componente estrutural de concreto em estudo.

Extração de testemunho

Devem ser extraídos testemunhos cilíndricos, de acordo com esta Norma, para montagem de corpos-de-prova, respeitando as condições estabelecidas neste anexo.

Tipos de indicados de montagem

Utilizar os tipos de montagens definidos nas figuras A.1 a A.4

-Os tipos I e II (figuras A.1 e A.2) são relativos a testemunhos com diâmetro de 150 mm e altura de 30 mm.

-Os tipos III e IV (figuras A.3 e A.4) são relativos a testemunhos com diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm.

-Para testemunhos com diâmetros diferentes destes, deve ser mantida a relação $h/d = 2$ na montagem dos corpos-de-prova, sendo seguida a orientação estabelecida nas figuras A.1 a A.4 para definição das dimensões das partes de corpo-de-prova.

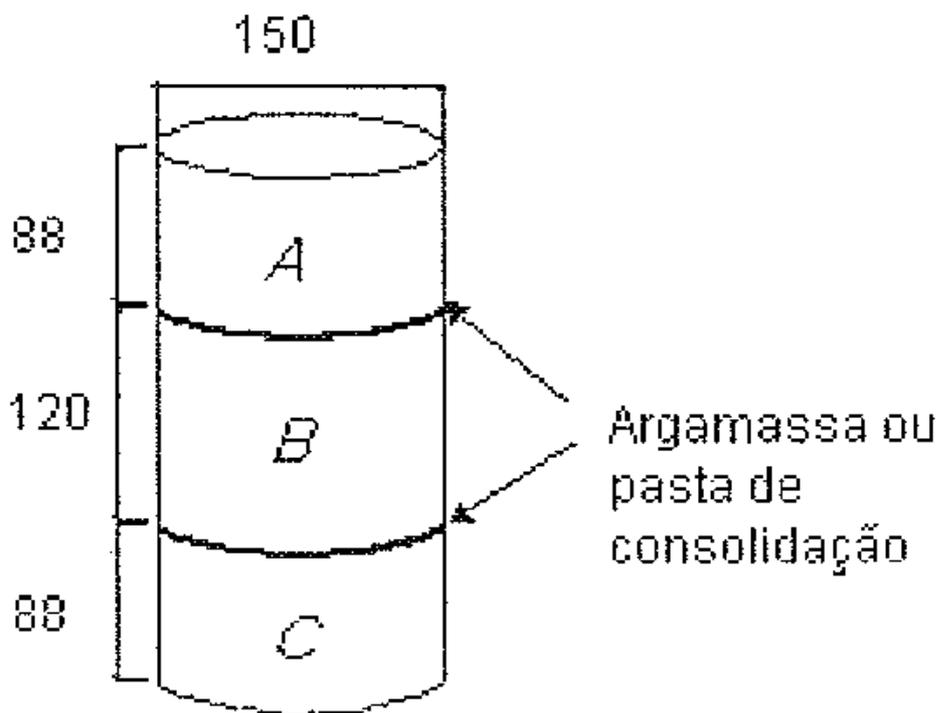


Figura A.1 – Esquema de montagem de corpo-de-prova tipo I - Dimensões em milímetros

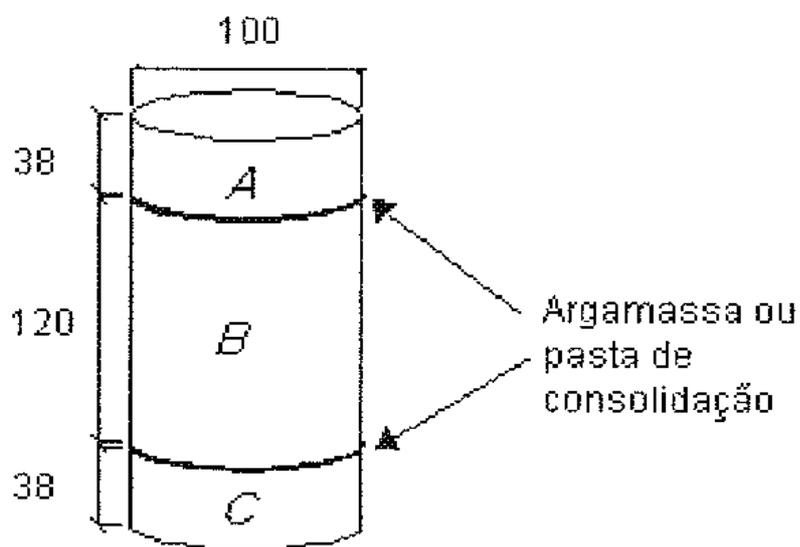


Figura A.2 – Esquema de montagem do corpo-de-prova tipo II - Errata, onde esta lendo o diâmetro de 100 mm leia 150 mm

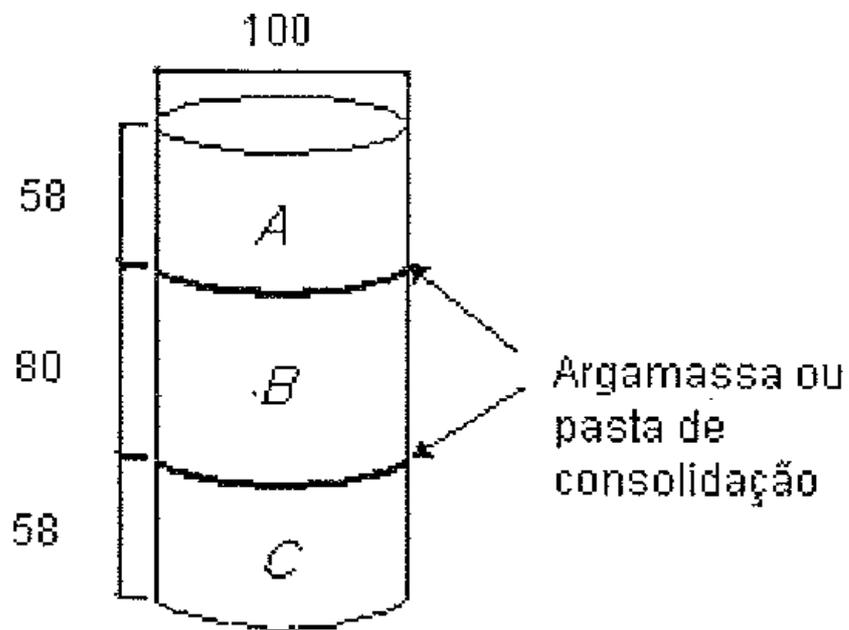


Figura A.3 – Esquema de montagem do corpo-de-prova tipo III - Dimensões em milímetros

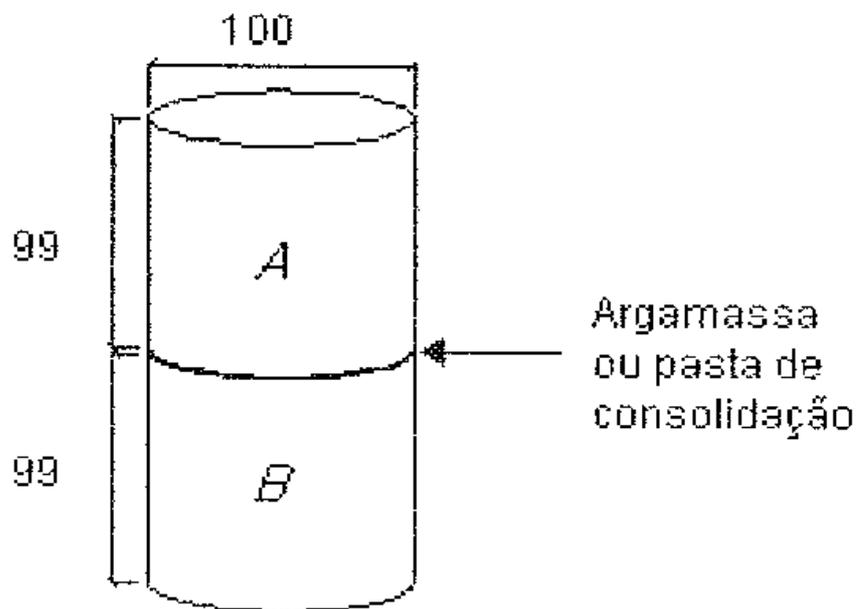


Figura A.3 – Esquema de montagem do corpo-de-prova tipo III - Dimensões em milímetros

MONTAGEM DOS CORPOS-DE-PROVAS

-Somente devem ser montados cilindros que resultem em relação altura/diâmetro igual a 2,0 (considerando inclusive a espessura das camadas de consolidação)

-A montagem dos corpos-de-prova deve ser feita utilizando argamassa ou pasta de consolidação.

Dosagem da argamassa de consolidação:

-Cimento

-Areia passante na peneira 2,36 mm

-Água

Nota: a argamassa deve ter resistência maior ou igual à resistência à compressão do concreto do testemunho. A espessura da camada de argamassa para a consolidação não deve ser maior do que 3 mm. Para montagem dos corpos-de-prova, deve ser utilizada uma guia similar à apresentada na Figura 5

- A pasta de cimento de consolidação deve ser previamente dosada com relação água-cimento menor ou igual a 0,40.

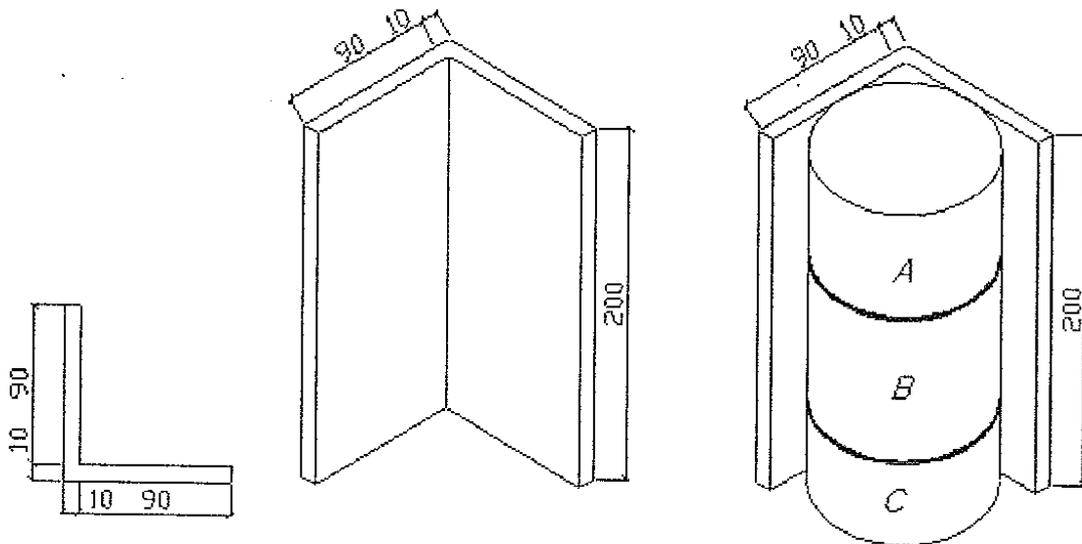


Figura 5 – Exemplo de guia metálica para montagem de corpos-de-prova

Cura das argamassas de consolidação

-O tempo de cura deve ser compatível com a data prevista para o ensaio e igual ao tempo de cura indicado pela dosagem experimental da respectiva argamassa

-As condições de umidade e temperatura devem estar iguais ao comentado nos itens anteriores.

-A resistência à compressão da argamassa deve ser realizada em corpo-de-prova cilíndrico 5 x 10 cm, seguindo as recomendações previstas na ABNT NBR 7215. Sendo a média de dois corpos-de-prova por idade.

Relatório

- Se houve necessidade de realizar a montagem de corpos-de-prova de conforme este anexo;

-Resistência média da argamassa de consolidação na idade do ensaio;

-Tipo de esquema adotado para a montagem dos corpos-de-prova.

**CAPÍTULO IV - ENSAIOS DE BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA E
PAVIMENTAÇÃO**

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA (NBR 6136:2007)

1. INTRODUÇÃO

A qualidade e resistência dos blocos para alvenaria estão entre os requisitos para uma edificação confortável e segura. De acordo com sua resistência à compressão e dimensões modulares, os blocos podem ser utilizados em alvenaria estrutural ou apenas de vedação.

2. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO USO

Classe A: bloco com função estrutural, para uso acima ou abaixo do nível do solo.

Classe B: bloco com função estrutural, para uso acima do nível do solo.

Classe C: bloco com função estrutural, para uso acima do nível do solo.

Classe D: bloco sem função estrutural, para uso acima do nível do solo.

3. DIMENSÕES

a. As dimensões dos blocos devem atender aos valores da Tabela 1, com tolerâncias de ± 2 mm para a largura e de ± 3 mm para altura e comprimento.

b. A espessura mínima de qualquer parede do bloco consta na Tabela 2, com tolerância de - 1 mm.

c. A menor dimensão do furo do bloco não deve ser inferior a:

$$D_{\text{furo}} = L_{\text{bloco}} - 2.(e_{\text{mín}} + 6) \quad (\text{mm})$$

Onde:

D_{furo} = menor dimensão do furo, em mm;

L_{bloco} = largura do bloco, em mm;

$e_{\text{mín}}$ = espessura mínima da parede longitudinal, em mm (Tabela 2).

Tabela 1 – Dimensões padronizadas

Famílias de blocos											
Designação	Nominal	20	15		12,5			10			7,5
	Módulo	M-20	M-15		M-12,5			M-10			M-7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	10x30	7,5x40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprim. (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

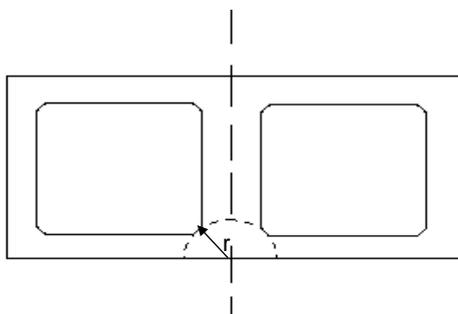
Tabela 2 - Espessura mínima das paredes dos blocos

Classe	Designação	Paredes longitudinais ¹ (mm)	Paredes transversais	
			Paredes ¹ (mm)	Espessura equivalente ² (mm/m)
A	M – 15	25	25	188
	M – 20	32	25	188
B	M – 15	25	25	188
	M – 20	32	25	188
C	M – 10 ³	18	18	135
	M – 12,5 ⁴	18	18	135
	M – 15	18	18	135
	M – 20	18	18	135
D	M – 7,5	15	15	113
	M – 10	15	15	113
	M – 12,5	15	15	113
	M – 15	15	15	113
	M – 20	15	15	113

<p>¹ Média das medidas das paredes, tomadas no ponto mais estreito.</p> <p>² Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em mm), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em m).</p> <p>³ Recomendado para edificações de no máximo 1 pavimento.</p> <p>⁴ Recomendado para edificações de no máximo 2 pavimentos.</p>

- d. Os blocos classes A e B devem ter mísulas de acomodação de raio mínimo 40 mm. Os blocos da classe C devem ter mísulas com raio mínimo de 20 mm, conforme Figura 1.
- e. Blocos que apresentem faces com textura podem ter variação dimensional superior ao estabelecido.

Figura 1 – Mísulas



4. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

- a. Os blocos devem ter arestas vivas e não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e durabilidade da construção, não sendo permitido qualquer reparo que os oculte.
- b. Os limites de resistência, absorção e retração linear por secagem são mostrados na Tabela 3.
- c. Blocos aparentes têm a permeabilidade máxima estabelecida pela ACI 530.1, determinada de acordo com a ASTM E 514.

Tabela 3 – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração.

Classe	f _{bk} (MPa)	Absorção média do bloco (%)		Retração ¹ (%)
		Agregado normal	Agregado leve	
A	≥ 6,0	≤ 10	≤ 13 (média) ≤ 16 (individual)	≤ 0,065
B	≥ 4,0			
C	≥ 3,0			
D	≥ 2,0			
¹ Facultativo				

5. INSPEÇÃO

- Os lotes devem ser constituídos a critério do comprador, formados por blocos de mesmas características, fabricante, materiais e produzidos no intervalo de até 5 dias.
- Cada lote deve corresponder a no máximo 1000 m² de parede e ter no máximo 20.000 un.
- Cabe ao fornecedor a indicação, no documento de entrega, da resistência característica à compressão e data do seu atendimento, data de fabricação e lote.
- A idade de controle dos carregamentos que compõem o lote pode ser a idade de entrega na obra ou uma idade posterior, até 28 dias após a fabricação, se for de aceitação do comprador.

6. AMOSTRAGEM

- Durante ou após o fornecimento, cabe ao comprador verificar as condições de sanidade dos blocos.
- O comprador deve colher, aleatoriamente, os tipos predominantes de bloco para constituir a amostra, na quantidade apresentada na Tabela 4.
- Todos os blocos da amostra devem ter suas dimensões verificadas.
- O ensaio de permeabilidade é obrigatório apenas para blocos aparentes. O resultado é válido por 6 meses, se mantidas as condições de produção. Quando o ensaio for solicitado, a amostra do lote deve ser acrescida de 3 blocos.

Tabela 4 – Tamanho da amostra

Nº blocos	Nº blocos da amostra	Nº mínimo blocos para ensaio de resistência à compressão	Nº blocos para

do lote	Prova	Contraprova	S _d desconhecido	S _d conhecido	ensaios de absorção e área líquida
Até 5.000	7 ou 9	7 ou 9	6	5	3
5.001 a 10.000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
10.001 a 20.000	10 ou 13	10 ou 13	10	6	3

7. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

a. Quando se desconhece o valor do desvio-padrão da fábrica, a resistência característica à compressão dos blocos (f_{bk}), referida à área bruta, deve ser estimada por:

$$f_{bkest} = 2 \cdot \frac{f_{b1} + f_{b2} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} - f_{bi} \quad (\text{MPa})$$

Onde:

$f_{b1}, f_{b2}, \dots, f_{bn}$ = valores de resistência à compressão dos blocos da amostra, ordenados em ordem crescente, isto é, f_{b1} é o menor valor obtido e f_{bn} é o maior.

n = número de blocos da amostra.

$i = n/2$, se n for par ou $i = (n-1)/2$, se n for ímpar.

b. Não se deve adotar para f_{bk} , valor menor que $\psi \cdot f_{b1}$, sendo ψ dado na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores de ψ em função da quantidade de blocos

Quantidade blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18
ψ	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,04

c. O fabricante pode solicitar, a laboratório terceirizado, o cálculo estatístico do desvio-padrão (S_d) de sua fábrica a partir do ensaio de pelo menos 30 blocos e comprovado por laudo.

d. Neste caso, o cálculo da resistência característica à compressão dos blocos (f_{bk}) é feito por:

$$f_{bk} = f_{bm} - 1,65 \cdot S_d \quad (\text{MPa})$$

onde:

f_{bm} = resistência média da amostra (MPa).

8. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

- a. O lote deve ser aceito sempre que se constatar visualmente a sanidade das peças, a conformidade das dimensões por medição e as características da Tabela 3 por ensaios.
- b. Se até 10% dos blocos forem rejeitados na inspeção visual, o fornecedor pode substituir os blocos rejeitados. Para rejeições acima deste valor, o lote todo deve ser rejeitado.
- c. Se a amostra inicial não satisfizer as exigências dimensionais e da Tabela 3, deve-se ensaiar a contraprova. Se os novos resultados satisfizerem as exigências de norma, o lote deve ser aceito.
- d. Os blocos podem ser aplicados após a inspeção visual e antes dos resultados de ensaios. Se o lote for reprovado após a sua aplicação, deve-se cumprir o contrato entre as partes. Se ainda não tiver sido aplicado, deve ser totalmente substituído.

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE PRIMAS DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA ESTRUTURAL (NBR 8215:1983)

1. OBJETIVO

Ensaio para a determinação da compressão axial de prismas de blocos de concreto para alvenaria estrutural.

Método A

Resistência a compressão de prisma construído em laboratório com diversos tipos de argamassa, graute e bloco.

Método B

Resistência a compressão de prisma construído no local da obra com os mesmos materiais e mão de obra que estão sendo usados ou serão usados em uma estrutura particular.

2. DEFINIÇÕES

Prisma Oco

Dois blocos de concreto unidos por junta de argamassa, sem preenchimento dos furos destinado ao ensaio de compressão axial.

Prisma Cheio

Dois blocos de concreto unidos por junta de argamassa, tendo seus furos preenchidos por graute destinado ao ensaio de compressão axial.

3. APARELHAGEM

- a) Prensa hidráulica capacidade de 100.000kgf com subdivisões de 10kgf, com altura entre o prato inferior e superior no mínimo duas vezes as alturas dos blocos mais espessura das argamassas de assentamento e das placas auxiliares.
- b) Nível de prumo e colher de pedreiro.
- c) Haste de adensamento de 16 mm de diâmetro e 600 mm de comprimento.

4. EXECUÇÃO

Preparar no mínimo 03 prismas método A e dois prismas método B.

Assentamento método A

- a. Os blocos deverão ser secos ao ar, o assentamento verá ocorrer em ambiente com temperatura entre 20 e 40°C e a umidade relativa de 40% a 60%.
- b. Colocar o bloco sobre uma tábua com espessura mínima de 1 cm, plana, lisa, impermeável, nivelado bem apoiado no piso. Não colocar mais de um prisma em cada tábua. A argamassa deve ser colocada sobre toda a superfície superior do bloco, em quantidade suficiente convexa e sem sulcos. O outro bloco com as mesmas características e dimensões, deve ser assentado sobre a argamassa, evitando movimentos horizontais, com auxílio de um martelo de carpinteiro aplica-se leves batidinhas e auxílio do nível de prumo colocar o bloco no nível, resultando em uma junta com aproximadamente 10 cm de espessura.
- c. A junta deve ser rasada e as rebarbas aparadas para a eventual colocação, caso o prisma seja preenchido com graute, limpar o fundo, colocar arame para posterior amarração dos prismas após cura.
- d. Efetuar o grauteamento somente após 24h do assentamento, dentro das mesmas faixas de temperatura e umidade. O graute deverá ser colocado em duas camadas e adensado camada a camada, com a haste de adensamento. Fazer acabamento com uma colher de pedreiro e imediatamente cobrir com um filme impermeável.

Cura

- a. Os prismas devem permanecer intactos nas condições de temperatura e umidade de assentamento, ao abrigo do sol e vento, durante o tempo estipulado para ruptura;

b. Variações de temperaturas e umidades fora dos limites previsto em 4.1 devem ser informadas no relatório de ensaio.

Assentamento método B

- a. O assentamento deve reproduzir fielmente as condições da obra, principalmente a mão de obra, materiais, condições do ambiente, colocação da argamassa e espessura de junta.
- b. O assentamento deverá ser efetuado sobre uma tábua conforme comentário em 4.1 item b.
- c. O grauteamento deverá ser efetuado conforme em 4.1 item c.

Cura

Os prismas devem permanecer nas condições da obra durante o tempo estipulado para ensaio.

Transporte e manuseio

Ao final do período de cura os prismas ociosos devem ser transportados sobre chapas de madeira e amarradas entre si com arames de modo a prevenir a ruptura da aderência argamassa e bloco durante o manuseio.

Ensaio de compressão

O ensaio deve ser realizado em prensa com as mesmas características da utilizada para romper bloco, porém, com altura entre os pratos superior e inferior suficiente para colocar o prisma sem dificuldade;

O capeamento dos prismas deverá ser efetuado somente com pasta de enxofre, e as interfaces, prato da prensa e topo capeado, devem ser untadas antes do ensaio com películas de pelo menos 1 mm de espessura inicial de graxa para motores.

5. RESULTADOS

Os resultados devem ser relatados como tensão obtida da divisão da carga de ruptura pela área líquida do prisma

$$\text{Resistência do prisma cheio} = \frac{\text{Carga de ruptura}}{\text{Área bruta do prisma}}$$

$$\text{Resistência do prisma oco} = \frac{\text{Carga de ruptura}}{\text{Área líquida do prisma}}$$

Os resultados devem ser informados em MPa.

6. RELATÓRIO DO ENSAIO

- a. Identificação dos prismas.
- b. Indicação dos materiais empregada (argamassa, graute, bloco).
- c. Condições de cura.
- d. Indicação do local de aplicação, no caso do método B.
- e. Seção de trabalho considerado no cálculo da tensão de ruptura em mm².
- f. Data do ensaio assentamento e ruptura.
- g. Fotografia filmagem etc.

BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA – MÉTODOS DE ENSAIO (NBR 12118:2006)

1. INTRODUÇÃO

Os ensaios de caracterização de blocos de vedação ou estruturais são estabelecidos todos pela mesma norma, exceto o ensaio de permeabilidade, obrigatório apenas para blocos aparentes e que tem os procedimentos estabelecidos pela norma americana ASTM E 514 e limites determinados pela ACI 530.1.

2. ANÁLISE DIMENSIONAL

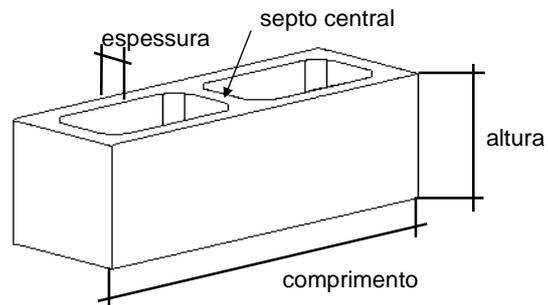
EQUIPAMENTO

- a. Escala metálica com resolução mínima de 1 mm.

PROCEDIMENTO

- a. A largura, o comprimento e a altura do bloco devem ser medidos em pelo menos 3 pontos de cada face, calculando-se as suas médias com precisão de 1 mm.
- b. A espessura das paredes longitudinais deve ser medida em pelo menos 2 pontos, do seu lado mais estreito e das transversais, em 1 ponto de cada. Calcular as médias com aproximação de 1 mm.
- c. As dimensões de cada furo do bloco devem ser tomadas em 2 pontos na direção longitudinal e 2 pontos da direção transversal, sempre no lado mais espesso da parede do bloco. Calcular cada média com a aproximação de 1 mm.
- d. Para a medida do raio das mísulas, traçar um eixo sobre o septo central, no lado de menor espessura. O cruzamento do eixo com a face externa da parede longitudinal do bloco é o centro do semicírculo.

Figura 1 – Dimensões dos blocos



RESULTADOS

- O relatório deve conter o lote das amostras e apresentar as dimensões nominais de largura, altura, comprimento e espessura mínima das paredes transversais e longitudinais, em mm.
- Deve-se calcular e apresentar o valor da área bruta do bloco, sem descontar furos ou reentrâncias:

$$A_b = b \cdot l \quad (\text{mm}^2)$$

Onde:

- b = largura média do bloco (mm);
- l = comprimento médio dos blocos (mm).

- Apresentar o raio de cada uma das mísulas de acomodação, em mm.
- Calcular e apresentar o valor da espessura equivalente mínima:

$$e_{Eq} = \frac{\sum e_t}{l} \quad (\text{mm/m})$$

Onde:

- $\sum e_t$ = somatória das espessuras de todas as paredes transversais do bloco (mm);
- l = comprimento nominal do bloco (m).

e. Classificar e avaliar a amostra de acordo com as classes de bloco estabelecidas pela NBR 6136.

1. ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÁREA LÍQUIDA

EQUIPAMENTOS

- a. Balança com resolução mínima de 10 g e capacidade mínima de 20 000 g.
- b. Balança hidrostática com resolução mínima de 10 g e precisão de 0,5%.
- c. Recipiente para imersão dos blocos.
- d. Estufa para $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.

PROCEDIMENTO

- a. Determinar a massa do bloco após 24 horas de permanência no laboratório (m_3).
- b. Secar em estufa a $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ por 24 h.
- c. Determinar a sua massa e retornar à estufa por mais 2 h. Repetir a pesagem, até que a diferença entre pesagens sucessivas seja menor que 0,5%, registrando esta última medida como m_1 .
- d. Resfriar o bloco naturalmente e imergir em água a $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ por 24 h.
- e. Drenar sobre uma tela por 1 min e retirar a água superficial com um pano seco. Determinar a massa do bloco saturado superfície seca.
- f. Retornar o bloco à água e repetir o processo de pesagem a cada 2 h, até que a diferença entre pesagens sucessivas seja inferior a 0,5%. Registrar esta última medida como m_2 .
- g. Determinar em balança hidrostática a massa aparente do bloco saturado (m_4), com água a $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$.

RESULTADOS

- a. Apresentar a média e os resultados individuais de absorção, calculada pela fórmula:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 (\%)$$

b. Apresentar a média e os resultados individuais de área líquida, calculada pela equação:

$$A_{liq} = \frac{m_2 - m_4}{h \times \gamma} \times 1000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Onde:

h = altura média do corpo-de-prova (mm);

γ = massa específica da água (g/cm³).

c. Identificar o lote e a idade dos corpos-de-prova. Avaliar os resultados de acordo com a NBR 6136.

2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

EQUIPAMENTOS

- Prensa dentro dos padrões da NBRNM 7500-1, classe II no mínimo, equipada com 2 pratos de apoio de aço, um deles articulado. Dispositivo de medida e leitura da carga máxima com precisão de $\pm 2\%$.
- Se os pratos de apoio não forem suficientes para cobrir todo o bloco, podem ser usadas placas de aço entre o bloco e os pratos, com a área necessária e espessura mínima de 50 mm.

PROCEDIMENTOS

- Ensaiar os corpos-de-prova secos ao ar, com as faces de trabalho retificadas ou regularizadas por pasta ou argamassa capaz de resistir às tensões de ensaio, com espessura máxima de 3 mm.
- Colocar os blocos na prensa, de maneira que a carga seja aplicada na mesma direção do esforço que ele vai suportar durante seu emprego, com seu centro de gravidade no eixo de carga.
- Aplicar carga sobre o bloco, de forma que a tensão se eleve à razão de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s.

RESULTADOS

- a. O relatório deve conter identificação do lote e idade de ensaio dos blocos da amostra.
- b. Apresentar os valores médios de largura e comprimento de cada um dos blocos, em mm.
- c. Apresentar carga máxima suportada por cada bloco, em N, e a respectiva resistência à compressão:

$$f_b = \frac{F}{A_b} (MPa)$$

Onde:

F = carga máxima suportada pelo bloco (N);

A_b = área bruta dos blocos (mm²).

- d. Calcular o valor da resistência característica à compressão dos blocos, de acordo com a NBR 6136.
- e. Classificar e avaliar a conformidade da amostra, de acordo com as especificações da NBR 6136.

3. RETRAÇÃO POR SECAGEM

EQUIPAMENTOS

- a. Recipiente para imersão dos blocos.
- b. Balança com resolução de 1% da massa a ser ensaiada.
- c. Estufa capaz de manter uma temperatura de (50 ± 5)°C.
- d. Dessecador para resfriamento dos blocos.
- e. Marcos cônicos metálicos, inoxidáveis, de diâmetro de 5 a 13 mm e altura de (6 ± 3) mm.
- f. Dispositivo de medida, com capacidade de determinar uma variação de no mínimo 10⁻⁵ mm/mm, com comprimento de pelo menos (300 ± 10) mm e amplitude de ± 10 mm.

PROCEDIMENTOS

- a. Ensaiai 3 blocos inteiros ou 2 pedaços das paredes externas de cada bloco, com a espessura total da parede, pelo menos 100 mm de altura e pelo menos 350 mm de comprimento.
- b. Cimentar 2 marcos metálicos sobre as extremidades do eixo longitudinal de cada face externa dos blocos, colando a base e deixando o topo do cone livre para a tomada de medidas.
- c. Após o endurecimento do agente cimentante, mergulhar os blocos em água a $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ por 48 h.
- d. Medir o comprimento dos blocos com base nos marcos fixados, trazendo-o ao nível da superfície sem retirá-los da água.
- e. Retirar os blocos da água e drená-los sobre uma tela durante 1 min. Secar a superfície com um pano seco e determinar a massa saturada superfície seca.
- f. Armazenar os blocos por 48 h em ambiente com temperatura de $(24 \pm 8)^\circ\text{C}$ e umidade relativa inferior a 80%. Neste período, mudar a posição de apoio dos blocos para permitir secagem uniforme.
- g. Levar os blocos à estufa a $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ por 72 h e depois resfriá-los em dessecador a $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$.
- h. Tomar as medidas de comprimento e as massas dos blocos.
- i. Voltar à estufa e repetir o procedimento de secagem a cada 48 h, por pelo menos 6 dias.
- j. Após este período, interromper o processo quando a variação média entre duas medições subsequentes for menor que 0,002% para o comprimento e 0,2% para a massa.

RESULTADOS

- a. Calcular a retração linear por secagem a partir das médias de todos os corpos-de-prova:

$$S = \frac{L}{G} \times 100(\%)$$

Onde:

L = variação média dos comprimentos dos corpos-de-prova, entre as condições saturadas e secas (mm);

G = comprimento médio dos corpos-de-prova (mm).

- b. Identificar no relatório a origem, o tipo de bloco e o número de corpos-de-prova ensaiados.
- c. Identificar os agregados, cimento, método produtivo e condições de cura dos blocos.
- d. Informar a idade dos blocos no início do ensaio.
- e. Informar as massas dos corpos-de-prova quando recebidos no laboratório, saturados e nos momentos de leitura de retração.
- f. Informar o tempo de secagem em cada etapa de medição do comprimento.
- g. Avaliar a conformidade dos resultados de acordo com os requisitos da NBR 6136.

PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO (NBR 9781:1987)

1. INTRODUÇÃO

Peças de concreto para pavimentação são definidas como peças pré-moldadas, de formato geométrico regular, destinadas à pavimentação de vias urbanas, pátios ou similares. Sua resistência à compressão é ensaiada de acordo com a NBR 9780.

2. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

- a. As peças devem ter formato geométrico regular, com comprimento máximo de 400 mm, largura mínima de 100 mm e altura mínima de 60 mm.
- b. As variações admissíveis são de 3 mm no comprimento e na largura e de 5 mm na altura das peças.
- c. A resistência característica à compressão deve ser de pelo menos 35 MPa para solicitações de veículos comerciais de linha ou 50 MPa para tráfego de veículos especiais ou alta abrasão.

3. INSPEÇÃO

- a. Os lotes devem ser constituídos a critério do comprador, formado por um conjunto de blocos de mesmas características, materiais e condições de produção.
- b. O lote deve ser formado por no máximo 1600 m² de pavimento.
- c. Inspeccionar visualmente as peças do lote para identificar peças com defeitos que prejudiquem o assentamento. Desempenho estrutural ou estético do pavimento.
- d. De cada lote, retirar 6 peças para até 300 m² de pavimento e uma peça adicional para cada 50 m² suplementares, até o máximo de 32 peças.

4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

- a. Ensaia as peças de acordo com a NBR 9780.
- b. Calcular o desvio-padrão da amostra:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n-1}} (MPa)$$

Onde:

s = desvio-padrão da amostra (MPa).

f_{pi} = resistência individual das peças (MPa).

f_p = resistência média das peças (MPa).

n = número de peças da amostra.

c. Calcular a resistência à compressão pela equação:

$$f_{pk} = f_p - t.s(MPa)$$

Onde:

f_{pk} = resistência característica à compressão (MPa)

t = coeficiente de Student, fornecido na Tabela 1.

Tabela 1 – Coeficiente de Student (nível de confiança de 80%)

n	t	n	t	n	t	n	t
6	0,920	10	0,883	18	0,863	26	0,856
7	0,906	11	0,876	20	0,861	28	0,855
8	0,896	12	0,870	22	0,859	30	0,854
9	0,889	13	0,886	24	0,858	≥ 32	0,842

5. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

a. Para aceitação do lote, a resistência à compressão e as variações de dimensões devem estar de acordo com o estabelecido nesta norma, além de haver no máximo 5% de peças defeituosas.

b. Ao critério do comprador, as peças defeituosas podem ser substituídas pelo fornecedor e o lote aceito, desde que cumpridas as exigências de resistência e dimensões.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO (NBR 9780:1987)

1. INTRODUÇÃO

A resistência à compressão das peças de concreto para pavimentação é importante fator de durabilidade e qualidade de rolamento de pavimentos e calçadas. A prensa é a mesma utilizada para os demais ensaios de compressão, com ajuste de velocidade e placas metálicas auxiliares.

2. EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

- a. Prensa.
- b. Duas placas de aço planas, com diâmetro de $(90 \pm 0,5)$ mm e dureza maior que 60 RC.

3. PREPARO DOS CORPOS-DE-PROVA

- a. Determinar o comprimento (b), a largura (a) e a altura (h) das peças com precisão de 1 mm.
- b. Caso a largura da peça seja superior a 140 mm, cortá-la para que não exceda este limite.
- c. As peças devem estar saturadas de água.
- d. Capear as superfícies de carregamento com argamassa de enxofre ou similar, com espessura máxima de 3 mm.

4. PROCEDIMENTO DE ENSAIO

- a. Acoplar as placas de aço nos pratos da prensa, de maneira que os eixos verticais centrais fiquem perfeitamente alinhados.
- b. Colocar as peças na prensa, com a superfície de rolamento em contato com a placa superior, de maneira que seu eixo vertical também fique alinhado ao da prensa.
- c. Carregar continuamente, com velocidade de aplicação de carga entre 300 a 800 kPa/s, até a ruptura.
- d. Calcular a resistência à compressão em MPa, dividindo a carga em N pela área em mm², multiplicando pelo fator p, conforme Tabela 1:

$$R = \frac{\text{Carga}}{\text{Área}} \times p(\text{MPa})$$

Tabela 1 – Fator multiplicativo p.

Altura nominal da peça (mm)	Fator multiplicativo p
60	0,95
80	1,00
100	1,05

5. RELATÓRIO

- a. Apresentar no relatório as dimensões e idade das peças, valor da carga de ruptura, área de carregamento em mm² e a resistência da peça em MPa.

CAPÍTULO V - ENSAIOS DE TUBOS E TELHAS DE CONCRETO

TUBOS DE CONCRETO SIMPLES E ARMADOS PARA ÁGUA E ESGOTO (NBR 8890:2007)

1. INTRODUÇÃO

Algumas especificações para tubos de concreto simples e armados de seção circular são comuns a tubos de águas pluviais e de esgoto sanitário. Outras especificações são exclusivas de cada categoria. A aceitação das peças passa pela verificação de dimensões, resistência à compressão diametral, absorção e permeabilidade.

2. MATERIAIS

- a. O concreto deve ter relação água/cimento máxima de 0,50 para águas pluviais e de 0,45 para esgoto.
- b. Tubos de esgoto devem ser produzidos com cimento resistente a sulfatos, conforme a NBR 5737.
- c. Usar agregados de acordo com a NBR 7211, com dimensão máxima limitada ao menor valor entre 1/3 da espessura da parede do tubo e o cobrimento da armadura.
- d. A armadura pode ser simples ou dupla e pode ser executada com telas ou barras (soldadas ou transpassadas). A armadura é obrigatória em tubos com diâmetro nominal a partir de 700 mm.
- e. As barras circulares não podem estar afastadas entre si e da extremidade do tubo mais que 150 mm, sendo que na bolsa deve haver pelo menos duas espiras, afastadas entre si não mais que 50 mm.
- f. O cobrimento da armadura deve atender aos valores da Tabela 1.

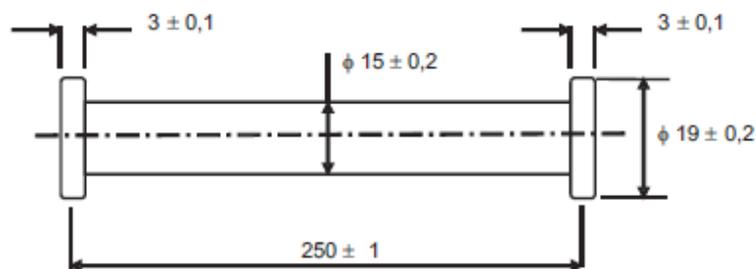
Tabela 1 – Espessuras de cobrimento da armadura.

Cobrimento	Diâmetro nominal \leq 600 mm	Diâmetro nominal $>$ 600 mm
Interno (mm)	20	30
Externo (mm)	15	20

3. PRODUÇÃO

- a. Após a moldagem, os tubos devem ser curados por método e tempo necessários, para evitar perda precoce de água, choques, variações de temperatura, até que atinjam a qualidade prevista em projeto.
- b. Identificá-los ainda frescos com fabricante, diâmetro nominal, classe, data e número de rastreamento.
- c. As superfícies internas e externas devem ser regulares e homogêneas. Podem ser aceitas bolhas ou furos superficiais com diâmetros de até 10 mm e profundidade de até 5 mm. Estes pequenos defeitos só podem ser reparados mediante aprovação do comprador e após o fim de pega do cimento.
- d. O acabamento interno é avaliado com o gabarito da Figura 1, que deve ser rolado paralelamente ao eixo do tubo e a sua parte central não deve tocar a parede do tubo.

Figura 1 – Gabarito para medida de alinhamento da superfície interna dos tubos.



- e. As dimensões dos tubos estão nas Tabelas 2 e 3. As tolerâncias para variação nas dimensões são:
 - 1% no diâmetro nominal;
 - 5% ou 5 mm (o menor valor) na espessura das paredes;
 - 50 mm para mais e 20 mm para menos no comprimento útil.

Tabela 2 – Dimensões dos tubos destinados a águas pluviais (mm)

Diâmetro Nominal DN	Comprimento útil mín. do tubo A ¹	Comprimento mín da bolsa B	Folga máx da bolsa C ²	Espessura mín da parede D	
				Simples	Armado
200	1000	50	15	30	-
300	1000	60	15	30	45
400	1000	65	15	40	45
500	1000	70	20	50	50
600	1000	75	20	55	60
700	1000	80	20	-	66
800	1000	80	20	-	72
900	1000	80	20	-	75
1000	1000	80	20	-	80
1100	1000	80	25	-	90
1200	1000	90	25	-	96
1300	1000	90	25	-	105
1500	1000	90	30	-	120
1750	1000	100	30	-	140
2000	1000	100	30	-	180

(1) A = Comprimento total - comprimento da bolsa (B)/ 2) C = Ø bolsa - Ø ponta

Tabela 3 – Dimensões dos tubos destinados a águas pluviais (mm)

Diâmetro nominal DN	Comprimento útil mín do tubo A	Espessura mín de parede D
200	2000	45
300	2000	50
400	2000	50
500	2000	55
600	2000	65
700	2000	70
800	2000	80
900	2000	85
1000	2000	90
1100	2000	100
1200	2000	100
1300	2000	115
1500	2000	120
1750	2000	150
2000	2000	180

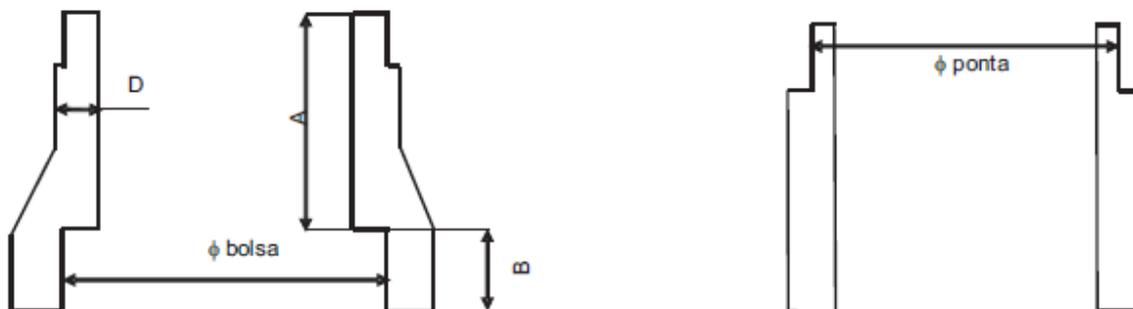


Figura 2 – Semicortes longitudinais típicos

4. ENSAIO DE COMPRESSÃO DIAMETRAL

Equipamentos e acessórios

- Prensa com dimensões adequadas ao procedimento e dispositivo de leitura de carga em N com precisão de 2% para cargas a partir de 60 kN.
- Sarrafos retos de madeira, com o mesmo comprimento útil do tubo.
- Vigota reta de madeira, com comprimento igual ao comprimento útil do tubo e altura maior que a diferença entre os diâmetros externos do tubo e da bolsa, conforme Figura 4.
- Tiras de borracha com 5 mm de espessura.
- Lâmina-padrão de aço com 0,2 mm de espessura e largura de 12,7 mm, afinada na ponta para 1,6 mm de largura com cantos arredondados e com inclinação 1:4 (Figura 3).

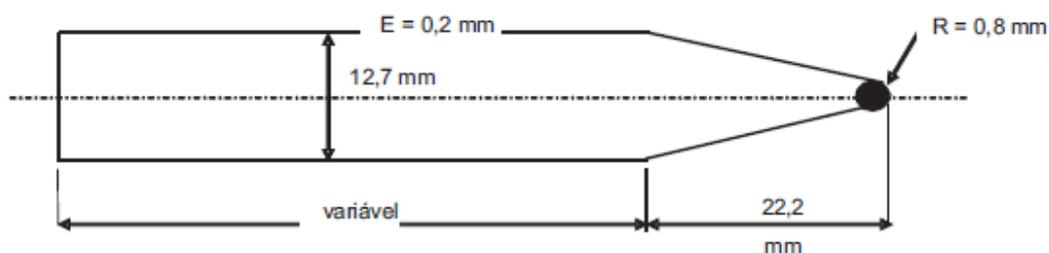


Figura 3 – Lâmina-padrão para medida de abertura de fissura 0,25 mm

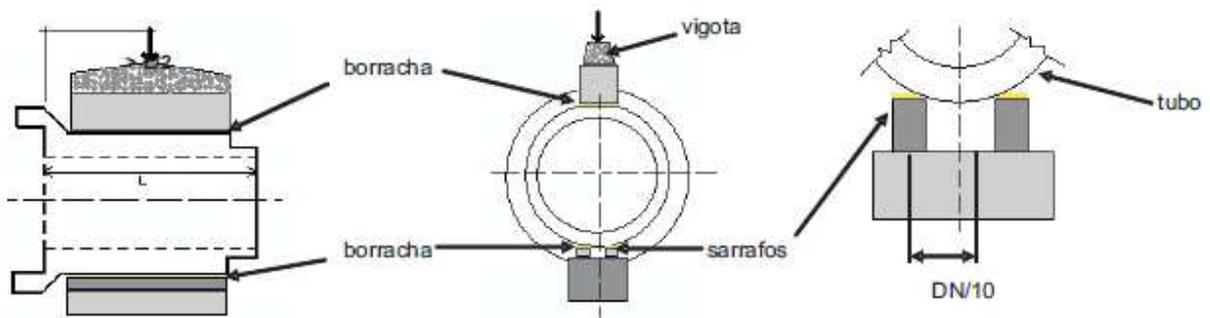


Figura 4 – Esquema do ensaio de compressão diametral

Preparação do ensaio

- a. Medir o comprimento útil do tubo (L) em 3 geratrizes distantes 120° entre si. Considerar a média.
- b. Fixar dois sarrafos de madeira sobre o apoio inferior da prensa, simetricamente ao eixo do equipamento e afastados entre si pela distância de $1/10$ do diâmetro nominal do tubo em ensaio.
- c. Deitar o tubo sobre os sarrafos e alinhado aos mesmos, com a metade do seu comprimento útil coincidindo com o ponto de aplicação da carga (Figura 4).
- d. Apoiar a vigota de madeira na geratriz superior do tubo.
- e. Para evitar esforços localizados, pode-se usar uma tira de borracha entre o tubo e cada apoio.

Ensaio de compressão em tubos armados

- a. Preparar o ensaio conforme 4.2.
- b. Aplicar a carga com taxa de variação constante, entre 5 kN/min e 35 kN/min por metro linear de tubo.
- c. Observar o aparecimento de fissuras. A carga de fissura é atingida quando a lâmina-padrão entrar em 1,6 mm de profundidade em uma extensão de 300 mm, medindo-se em pequenos intervalos.
- d. Anotar o valor da carga de fissura e levar o tubo até a carga de ruptura.
- e. As cargas são calculadas dividindo o esforço medido pelo comprimento útil do tubo devem atender aos valores da Tabela 4.

Tabela 4 – Compressão diametral de tubos armados

DN	Água pluvial								Esgoto sanitário					
	Carga mínima de fissura (kN/m)				Carga mínima de ruptura (kN/m)				Carga mínima de fissura (kN/m)			Carga mínima de ruptura (kN/m)		
Classe	PA1	PA2	PA3	PA4	PA1	PA2	PA3	PA4	EA2	EA3	EA4	EA2	EA3	EA4
300	12	18	27	36	18	27	41	54	18	27	36	27	41	54
400	16	24	36	48	24	36	54	72	24	36	48	36	54	72
500	20	30	45	60	30	45	68	90	30	45	60	45	68	90
600	24	36	54	72	36	54	81	108	36	54	72	54	81	108
700	28	42	63	84	42	63	95	126	42	63	84	63	95	126
800	32	48	72	96	48	72	108	144	48	72	96	72	108	144
900	36	54	81	108	54	81	122	162	54	81	108	81	122	162
1000	40	60	90	120	60	90	135	180	60	90	120	90	135	180
1100	44	66	99	132	66	99	149	198	66	99	132	99	149	198
1200	48	72	108	144	72	108	162	216	72	108	144	108	162	216
1500	60	90	135	180	90	135	203	270	90	135	180	135	203	270
1750	70	105	158	210	105	158	237	315	105	158	210	158	237	315
2000	80	120	180	240	120	180	270	360	120	180	240	180	270	360
Carga diametral de fissura/ruptura (kN/m)														
Qd	40	60	90	120	60	90	135	180	60	90	120	90	135	180

Nota 1: Carga diametral de fissura ou ruptura é a relação entre a carga de trinca ou ruptura e o DN.

Nota 2: Outras classes podem se admitidas mediante acordo, devendo satisfazer as condições da Norma para Tubos de classe normal. Para tubos armados, a carga de ruptura mínima deve corresponder a 1,5 da carga de fissura mínima.

Ensaio de compressão em tubos simples

- a. Após a preparação do ensaio, aplicar a carga com taxa de variação constante, entre 5 kN/min e 35 kN/min por metro linear de tubo, até o rompimento da peça.
- b. As cargas devem atender aos valores da Tabela 5.

Tabela 5 - Compressão diametral de tubos simples

DN	Água pluvial		Esgoto sanitário
	Carga mínima de ruptura (kN/m)		Carga mínima de ruptura (kN/m)
Classe	PS1	PS2	ES
200	16	24	36
300	16	24	36
400	16	24	36
500	20	30	45
600	24	36	54
Carga diametral de ruptura (kN/m)			
Qd	40	60	90

5. PERMEABILIDADE DE TUBOS E ESTANQUEIDADE DE JUNTAS

- As juntas de tubos para esgoto devem ser elásticas; e rígidas ou elásticas para águas pluviais.
- Os tubos e as juntas não devem apresentar vazamentos nos tempos e pressão previstos.

Equipamento

- O equipamento para ensaio deve permitir o acoplamento de dois tubos para o teste de juntas elásticas ou um único tubo para junta rígida e permitir o fechamento das extremidades livres do conjunto.
- Deve permitir o enchimento do conjunto com água e a saída do ar neles contido.
- Deve permitir elevação gradual da pressão da água no interior do conjunto, com taxa de variação máxima de 20 kPa/s e possuir manômetros com precisão de $\pm 4\%$.

Ensaio de tubos com junta elástica (opcional)

- Acoplar dois tubos usando o anel de borracha e colocá-los no equipamento de ensaio, formando um ângulo de deflexão entre os tubos de acordo com a Tabela 6.
- Encher o conjunto com água, permitindo a saída do ar de seu interior.
- Fechar os registros e elevar a pressão de água gradualmente. Para tubos de esgoto manter a pressão de 0,1 MPa durante 30 min. Para tubos de águas pluviais, manter a pressão de 0,05 MPa por 15 min.

- d. Verificar se há vazamentos na junta ou nas paredes dos tubos, registrando o tempo em que ocorreu.

Tabela 6 – Ângulo de deflexão para ensaio de tubos de junta elástica

Diâmetro nominal (mm)	Ângulo de deflexão
300 e 400	1°40'
500 e 600	1°00'
700 e 800	0°50'
900 e 1000	0°45'
1100 a 2000	0°30'

Ensaio de tubos com junta rígida

- a. Colocar um único tubo no equipamento, fechando as extremidades com os pratos articulados.
- b. Encher o tubo com água, permitindo a saída de ar do seu interior.
- c. Fechar os registros e elevar a pressão de água gradualmente até 0,05 MPa, mantendo-a por 15 min.
- d. Verificar se houve vazamento na parede do tubo, registrando o fato e o tempo em que ocorreu.

6. ABSORÇÃO

Equipamentos e acessórios

- a. Estufa para $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$
- b. Recipiente metálico apropriado para fervura em fogo.
- c. Toalha, pano ou papel absorvente.
- d. Balança com precisão de 1 g.

Procedimento de ensaio

- a. Dos tubos submetidos ao ensaio de compressão, retirar dois corpos-de-prova constituídos de pedaços íntegros da ponta e da bolsa, com área de 100 a 150 cm² medida na superfície

interna. Nos tubos armados, tomar o cuidado de cortar as armaduras sem danificar o concreto.

b. Secar os corpos-de-prova em estufa a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ pelo período mínimo de 8 h, pesando-os a cada 2 h, até que não haja variação de massa maior 0,1 % em duas pesagens consecutivas.

c. Depois de secos, colocá-los em água a 100°C e manter a fervura por 5 h.

d. Deixar os corpos-de-prova esfriarem na mesma água e recipiente, até a temperatura ambiente.

e. Retirá-los da água, secá-los superficialmente e pesá-los imediatamente.

f. Calcular a absorção por:

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100(\%)$$

Onde:

M_1 = massa do corpo-de-prova saturado, em g;

M_0 = massa do corpo-de-prova seco, em g.

g. Apresentar o resultado de cada corpo-de-prova, com identificação do tubo de onde foi extraído.

h. A absorção máxima é limitada em 6% para esgoto sanitário e em 8% para águas pluviais.

7. INSPEÇÃO

a. Os lotes devem ter até 100 peças de mesmo diâmetro e classe, podendo ser aumentados de comum acordo entre produtor e comprador.

b. Verificar as dimensões, fissuras e aspecto das superfícies de todas as peças do lote, retirando as não conformes. Em 5% das peças, avaliar a superfície interna com o gabarito da Figura 1.

c. Para tubos de junta elástica, retirar do lote 2 tubos para ensaio de compressão e absorção e 2 tubos para ensaio de permeabilidade e estanqueidade. Se o lote tiver até 50 tubos, o ensaio de compressão pode ser feito em apenas 1 tubo.

d. Para tubos de junta rígida, retirar do lote 2 tubos para ensaio de compressão e absorção, ou 1 tubo se o lote tiver até 50 tubos. Por opção do comprador, 1 tubo pode ser ensaiado à permeabilidade.

e. Verificar o cobrimento das armaduras nos tubos ensaiados à compressão.

8. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

- a. Retirar do lote os tubos que não passarem na inspeção visual.
- b. Se as amostras ensaiadas atenderem às especificações de permeabilidade, resistência à compressão e absorção, o lote deve ser aceito.
- c. Caso algum tubo seja reprovado, repetir o ensaio em uma amostra com o dobro de exemplares. Se um dos resultados não atender às especificações, o lote deve ser rejeitado.

REQUISITOS E ENSAIOS DE TELHAS DE CONCRETO (NBR 13858-2:1997)

1. INTRODUÇÃO

A telha de concreto é fabricada com cimento, agregado (normalmente agregado miúdo) e água, conformada por extrusão. Podem também ser usados pigmentos, aditivos ou adições. As especificações de dimensões e propriedades têm como objetivo permitir a sua adequada instalação e proteção da edificação.

2. REQUISITOS GERAIS

- a. A unidade de comercialização é o m² de cobertura. Recomenda-se embalagem em paletes.
- b. As peças não devem apresentar defeitos que prejudiquem a qualidade, como fissuras na superfície exposta, bolhas, quebras e desagregações.
- c. Leves alterações de coloração e aparência podem ocorrer em função do processo de produção e das matérias-primas, mas sem tirar a aparência harmoniosa do telhado.
- d. O desgaste da superfície exposta da telha em função das intempéries é aceitável, desde que não prejudique a qualidade do telhado.
- e. As dimensões das telhas devem atender aos requisitos da Tabela 1, de acordo com a Figura 1.

Tabela 1 – Características geométricas

Características	Valores e limites
Comprimento e largura nominais – Cn e Ln	Estabelecidos e declarados pelo fabricante,devendo obedecer às seguintes tolerâncias: - dimensões até 420 mm, tolerância de ± 2 mm - dimensões acima de 420 mm, tolerância de ± 0,5%
Comprimento total – Ct	
Comprimento útil declarado – Ce	
Largura total – Lt	
Largura útil declarada – Lu	
Sobreposição lateral	Estabelecidas e declaradas pelo fabricante,devendo obedecer à tolerância de ± 5%.
Sobreposição longitudinal mínima	
Altura característica do perfil – h	
Gap máximo individual	6,0 mm

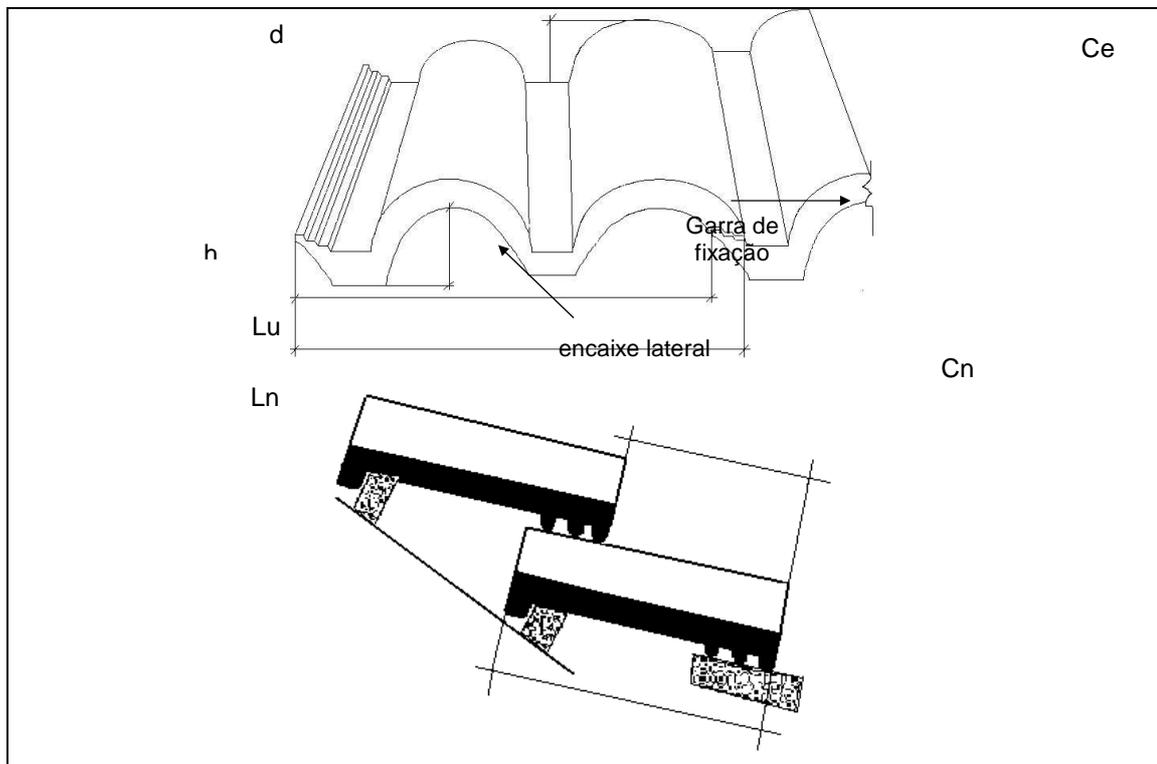


Figura 1 – Características geométricas.

- f. As telhas devem apresentar um pré-furo que indique o local para sua furação e fixação direta na estrutura de apoio, quando for determinado pelo projeto.
- g. Também devem ter encaixe lateral e nervura dupla para sobreposição lateral e transversal, além de garras de fixação nos apoios e alinhamentos (Fig. 1), que não são necessárias em telhas planas.
- h. Devem ter uma folga entre a face inferior e superior das cristas das ondas mais altas de duas telhas sobrepostas, chamada de gap (Fig. 2), exceto telhas planas.
- i. A telha deve gravada de forma indelével o nome do fabricante e a indicação de rastreabilidade.

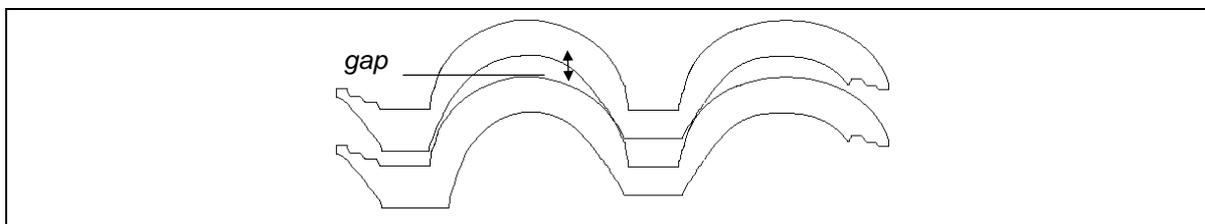


Figura 2 – Gap entre telhas sobrepostas.

3. REQUISITOS FÍSICOS

- a. O empenamento da telha apoiada em plano horizontal, com a face inferior voltada para baixo e as ranhuras e garras de fixação apoiadas, não deve ser maior que 1,5 mm.
- b. A absorção de água não deve ser superior a 10%.
- c. Quando submetida ao ensaio de permeabilidade, a telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas na face inferior, sendo toleradas manchas de umidade.
- d. A carga de ruptura à flexão aos 28 dias é estabelecida em função da classe do perfil da telha e não deve ser inferior aos valores da Tabela 2. As telhas podem ser ensaiadas aos 7 dias, para despacho do lote, desde que os resultados atinjam pelo menos 80% dos valores da Tabela 2.
- e. A massa seca individual, de acordo com a classe do perfil, deve respeitar os limites da Tabela 2.

Tabela 2 – Carga de ruptura à flexão e massa seca.

Classe do perfil	Profundidade do perfil d (mm)	Carga de ruptura à flexão (N)	Massa seca individual máxima (g)
A	$d \geq 50$	2400	5000
B	$40 \leq d < 50$		4800
C	$30 \leq d < 40$	2000	4600
D	$20 \leq d < 30$		4300
Plana	$d < 20$	1200	5300

- f. Os comprimentos dos dois cantos das telhas não podem diferir em mais de 3 mm.
- g. O painel de telhas, ensaiado quanto à sua estanqueidade, não deve apresentar vazamentos, escorrimentos e gotas.

h. Quando de comum acordo entre as partes, o ensaio de estanqueidade pode substituir o ensaio de permeabilidade; neste caso, além das restrições anteriores, as telhas não podem apresentar manchas de umidade superiores a 25% da sua área individual.

i. A vida útil das telhas deve ser de 10 anos, período durante o qual todos os requisitos físicos devem ser mantidos.

4. INSPEÇÃO E AMOSTRAGEM

a. Fornecedor e consumidor devem acertar previamente o local da inspeção, a eventual reposição de telhas quebradas e a formação dos lotes em função da programação das entregas.

b. As telhas de mesmo perfil, qualidade e marca, constituintes de um único pedido de fornecimento, constituem uma partida.

c. Toda partida deve ser dividida em lotes de 40.000 telhas. Partidas inferiores a 10.000 telhas não precisam ser ensaiadas, salvo acordo entre as partes.

d. Todas as telhas de um lote devem ser aprovadas na inspeção visual de fissuras, manchas, etc., sendo rejeitadas as telhas reprovadas.

e. Devem ser retiradas duas amostras de cada lote, aleatoriamente, cada uma com o número de exemplares da Tabela 3.

Tabela 3 – Número de exemplares por grupo de requisitos.

Requisito	Tamanho da amostra		Inspeção por atributo			
	1ª amostragem	2ª amostragem	1ª amostragem		2ª amostragem	
			Nº aceitação	Nº rejeição	Nº aceitação	Nº rejeição
Dimensões	6	6	0	3	3	4
Esquadro						
Detalhes funcionais ¹						
Permeabilidade						
Empenamento						
Absorção						
Massa	6	6	0	2	2	3
Carga ruptura						
Estanqueidade painel						

¹ **Gap, encaixes, nervuras, garras de fixação, pré-furos.**

5. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

- a. São aceitas quebras de até 2% das peças no transporte.
- b. As telhas reprovadas na inspeção inicial devem ser substituídas pelo fornecedor.
- c. Para que o lote de inspeção seja aceito na 1ª amostragem, é necessário que nenhum exemplar seja reprovado nos ensaios.
- d. O lote será reprovado já na 1ª inspeção se o número de exemplares que não atenderem a algum dos requisitos de ensaio for igual ou maior que o 1º número de rejeição.
- e. Os ensaios devem ser refeitos com a 2ª amostragem se o número de exemplares reprovados em algum dos requisitos de ensaio for maior que o 1º número de aceitação e menor que o 1º número de rejeição.
- f. O lote será aceito na 2ª amostragem se a soma de exemplares reprovados em algum ensaio na 1ª e na 2ª amostragem for menor ou igual ao 2º número de aceitação. Se esta soma for igual ou maior que o 2º número de rejeição, o lote é definitivamente rejeitado.

6. ENSAIO DE EMPENAMENTO

- a. O empenamento é medido com a telha apoiada sobre uma superfície plana, firme e horizontal, com as nervuras e garras de fixação em contato com a superfície.
- b. Usar um pente de folgas, ou um calibrador afilado, com resolução de 0,1 mm para medir a folga entre o plano e o ponto que está mais distante mas que deveria estar apoiado sobre ele.
- c. O resultado deve identificar o fabricante, o lote, o laboratório, a data de ensaio e a folga ou empenamento, além de citar esta norma.

7. ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E MASSA SECA

Equipamentos e acessórios

- a. Balança de 10 kg com resolução de 10 g.
- b. Reservatório de água.
- c. Estufa para $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Procedimentos de ensaio

- a. Imergir 6 telhas da amostra em reservatório com água potável pelo período de 24 h.
- b. Retirá-las da imersão, secar o excesso de água da superfície e pesá-las (m_u).
- c. Secar as telhas na estufa a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ e determinar a sua massa a cada 1 h, até que a diferença entre duas pesagens consecutivas não seja maior que 0,25%. Anotar a última massa medida (m_s).
- d. Calcular a absorção de água pela equação seguinte.
- e. No relatório, identificar o laboratório, o fabricante, o lote, a data de ensaio, os valores individuais de massa seca e úmida e os percentuais de absorção de cada telha, além de referenciar esta norma.

$$A = m_u - m_s \times 100(\%)$$

8. ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Equipamentos e acessórios

- a. Estrutura ou caixa impermeável e não absorvente, com dimensões adequadas para conter uma telha e possibilitar a manutenção de uma lâmina de água, como mostra a Figura 3, e que permita fácil visualização da face inferior da telha.
- b. Material para vedação do contato entre a telha e a caixa, em toda a periferia.
- c. Sala de ensaios com temperatura entre 15 a 30°C e umidade relativa do ar acima de 40%.

Procedimentos de ensaio

- a. Ensaiar individualmente os 6 exemplares, colocados firmemente na posição horizontal dentro da caixa, com a face superior para cima.
- b. Vedar as laterais da telha na área de contato com a caixa, impedindo a passagem de água (Figura 3). A largura do selante deve ter no máximo 15 mm.
- c. Colocar água sobre a telha, até formar uma lâmina de espessura de 10 a 15 mm acima da crista da onda mais alta da face superior da telha, deixando repousar por 24h.
- d. Informar, no relatório, se houve ou não vazamento ou a formação de gotas aderentes na face inferior das telhas. Identificar também o fabricante, o lote, temperatura e umidade ambiente do ensaio, a data de ensaio e o laboratório, bem como referenciar esta norma.

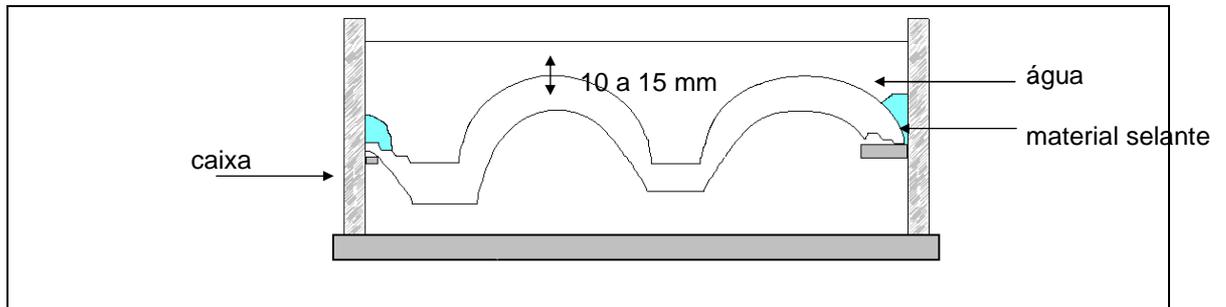


Figura 2 – Ensaio de permeabilidade

9. ENSAIO DE FLEXÃO

Equipamentos e acessórios

- a. Prensa ou outro dispositivo que possibilite aplicação de carga progressiva e sem golpes, com resolução de 10 N.
- b. Duas barras de aço de diâmetro 38 mm e comprimento 380 mm.
- d. Um cutelo articulado ao dispositivo de carga (Fig. 3).

Procedimentos de ensaio

- a. Imergir as telhas por 24 h em água.
- b. Após este período, posicionar uma telha sobre as barras de apoio, fixadas a uma distância entre eixos de 2/3 do comprimento nominal da telha (Fig. 3).
- c. Centralizar o cutelo articulado sobre a telha, na direção transversal (Fig. 3).
- d. Aplicar uma carga progressiva sobre o cutelo, não excedendo a velocidade de (100 ± 10) N/s.
- e. No relatório, identificar a o fabricante, o lote, a data de ensaio, a idade dos corpos-de-prova, o valor individual da carga de ruptura (N), o vão livre teórico entre os apoios (mm), além de referenciar esta norma.

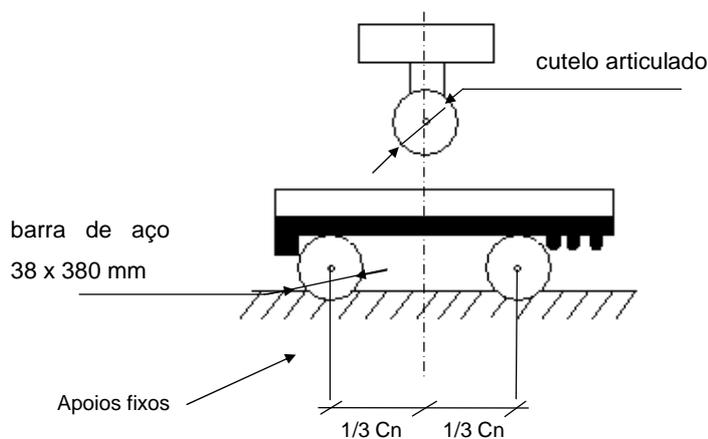


Figura 3 – Esquema do ensaio de ruptura à flexão.

10. ENSAIO DE ESTANQUEIDADE DO PAINEL DE TELHAS

Equipamentos e acessórios

- Estrutura para telhado de aproximadamente 1,0 x 1,0 m, que acomode ao menos 16 telhas, com inclinação que permita ensaiar o conjunto com os ângulos indicados na NBR 13858-1 e a observação da face inferior das peças.
- Tubulação para aspensão, de diâmetro interno de $12 \pm 1,5$ mm e com furos de 2 mm a cada 38 mm, posicionada sobre a lateral superior do telhado.
- Bico pulverizador posicionado no centro da estrutura.
- Medidor de fluxo para monitoramento das vazões.

Equipamentos e acessórios

- Instalar as telhas sobre o painel.
- Calcular a vazão necessária para o bico pulverizador pela equação:

$$Q = 1,25. A$$

Onde:

Q = vazão do bico pulverizador, em l/min;

A = área de ensaio do telhado, em m².

- c. Adotar para o cano superior uma vazão igual ao dobro da vazão do bico pulverizador.
- d. Realizar a aspersão nas vazões calculadas por 2 h, com água a uma temperatura de 15 a 30°C.
- e. Observar, neste período, o eventual aparecimento de gotas, escorrimentos, vazamentos e sinais de umidade na face inferior do telhado.
- f. Apresentar no relatório a identificação do lote, do laboratório e a data de ensaio. Informar se é ensaio-tipo ou substituição ao ensaio de permeabilidade, a vazão e pressão ensaiadas e descrever os fatos observados. Referenciar esta norma.