

# ARGAMASSA PRODUZIDA COM AGREGADO DE CERÂMICA VERMELHA, CIMENTO, CAL E SILICATO DE ALUMÍNIO<sup>1</sup>

Hellen Christinne Pereira Moya<sup>2</sup>  
Juzélia Santos<sup>3</sup>

## Resumo

Os materiais de construção civil contribuem com uma grande porcentagem na poluição do meio ambiente, além disto, estão modificando a natureza, a poluição é ampla vai desde a extração da matéria-prima até se tornar rejeito. Neste estudo a argamassa é produzida com o agregado miúdo reciclado de cerâmica vermelha, cimento, cal e silicato de alumínio que foi sujeito à análise desde o estado fresco até o estado endurecido todos os ensaios foram realizados conforme as normas da ABNT e ASTM. Os resultados dessa análise permitem que essa argamassa possa ingressar no mercado da construção civil. Oferecendo alternativas sustentáveis a sociedade e ao meio ambiente.

**Palavra-chave:** Reciclagem; Argamassa; Silicato de alumino; Cerâmica vermelha.

## MORTAR AGGREGATE PRODUCED WITH RED CERAMIC, CEMENT, LIME AND SILICATE ALUMÍNIO

## Abstract

The construction materials contribute a large percentage of the pollution of the environment, moreover, are changing the nature, pollution is wide ranging from extraction of raw materials to become waste. In this study, mortar is made with fine aggregate recycled red ceramic, cement, lime and aluminum silicate which was subject to analysis from the fresh to the hardened state all tests were performed according to the ABNT and ASTM. The results of this analysis allow the mortar to join the civil construction market. Offering sustainable alternatives to society and the environment.

**Keywords:** Recycling; Mortar; Aluminum silicate; Red ceramic.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Aluna do Curso Técnico em Edificações, IFMT, bolsista PIBICT, hellenmoya01@gmail.com.

<sup>3</sup> Professora Doutora, Departamento de Área de Construção Civil, IFMT, juzelia@ccivil.cefetmt.br



## 1 INTRODUÇÃO

Diante da preocupação global em relação aos impactos ambientais a construção civil participa em números elevados desses impactos. A extração da matéria-prima para os materiais da construção civil modifica a natureza trazendo conseqüências ao solo até o desaparecimento das vegetações, contudo esses materiais ao serem reutilizado numa construção civil, modifica a condição de resíduo e ajuda a despoluir o meio ambiente.

Com a necessidade de diminuir os impactos ambientais causados principalmente pela extração da matéria-prima houve a necessidade de reciclar esses resíduos, uma alternativa ecológica, viável que surpreenderiam muito os consumidores dessa área.

Como alternativa a esta questão; muitos pesquisadores têm procurado avaliar o benefício das adições pozolânicas nas argamassas, a fim de conferir-lhes propriedades similares às argamassas originais. Neste sentido, Silva<sup>(1)</sup> destacou que a microestrutura na zona de transição das pastas apresenta cristais de hidróxido de cálcio e de etringita mais bem formados e de maior tamanho do que aqueles presentes na matriz e que pasta de cimento contendo adições pozolânicas, em comparação à pasta de cimento Portland sem adições, tende a exibir uma microestrutura mais densa, menos heterogênea e mais compacta, e com menor proporção de vazios desenvolvidos. As reações pozolânicas com o hidróxido de cálcio formado na hidratação do cimento originam um composto resistente de silicato de cálcio hidratado que tende a preencher os grandes vazios capilares.

Nesse trabalho para análise da utilização desse rejeito como agregado foi produzido uma argamassa utilizando o silicato de alumínio e o óxido de cálcio, sendo algumas propriedades caracterizadas quanto à porosidade, granulometria, absorção de água, resistência à compressão e substâncias deletérias, que devem ser consideradas, com destaque quando se estudam novos materiais, como é o caso do agregado reciclado. Pois, a viabilidade de seu desempenho dependerá do total conhecimento do seu comportamento na argamassa, como estudado por Leite.<sup>(2)</sup>

Em nosso estudo o rejeito é tijolo e telha que foi triturado, peneirado se tornando agregado miúdo e reutilizado como um material componente da argamassa. O agregado miúdo reciclado e a argamassa produzida com o agregado miúdo reciclado foram todos realizados ensaios conforme as normas da ABNT e ASTM. A possibilidade de uso como agregado artificial em argamassas para uso na indústria da construção civil, através da preocupação granulométrica adequada, pode ser um método eficiente para reduzir o volume disposto no meu ambiente, e contribuir para que agregados naturais não sejam retirados através da mineração.<sup>(3)</sup>

Vivenciando a tecnologia e fazendo parte dela, o objetivo deste estudo é ingressar essa argamassa produzida com o agregado miúdo reciclado no mercado de consumo com as mesmas qualidades da argamassa produzida com o agregado miúdo natural.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização dos Materiais

#### 2.1.1 Cimento

O cimento utilizado na realização do ensaio da argamassa foi o da marca Itaú, sendo a embalagem de 50 kg e o tipo CP II F 32. As principais características analisadas em laboratório e os valores estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físicas e mecânicas do cimento CP II F 32

<b>Características e Propriedades</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>
Massa Especifica	NBR 23 <sup>(4)</sup>	g/cm <sup>3</sup>	3,046
Massa Unitária no estado solto	NBR 7251 <sup>(5)</sup>	g/cm <sup>3</sup>	1,072
Resistência à compressão axial	NBR 7215 <sup>(6)</sup>	MPa	35,90

De acordo com o resultado obtido no ensaio da resistência á compressão axial do cimento, o cimento misturado com o agregado reciclado do tijolo obteve 35,90 MPa.

#### 2.1.2 Cal

A cal usada na realização dos ensaios foi à cal do tipo calcítica CH III, com embalagem de 20 kg. Esta teve sua caracterização feita em laboratório, estando esses valores apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características da cal calcita CH III

<b>Características e Propriedades</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>
Massa especifica	NBR 23 <sup>(4)</sup>	g/cm <sup>3</sup>	2,697
Massa unitária no estado solto	NBR 7251 <sup>(5)</sup>	g/cm <sup>3</sup>	0,67

#### 2.1.3 Silicato de alumínio

O silicato de alumínio utilizado foi da marca sikal, com embalagem de saco 20kg. Este teve sua caracterização feita em laboratório, estando esses valores apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Características do silicato de alumínio - marca Sikal

<b>Características e Propriedades</b>	<b>Norma</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultado</b>
Massa Especifica	NBR 23 <sup>(4)</sup>	g/cm <sup>3</sup>	2,60
Massa Unitária no estado solto	NBR 7251 <sup>(5)</sup>	g/cm <sup>3</sup>	0,60

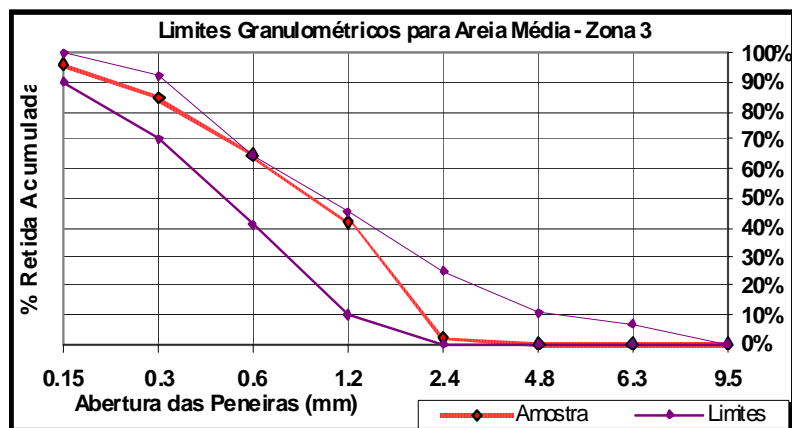
#### 2.1.4 Agregado

O agregado foi produzido através da trituração e peneirado pelas peneiras normalizadas pela ABNT e classificados granulometricamente pelo ensaio de granulometria regido pela NBR NM248,<sup>(7)</sup> que determina o diâmetro máximo característico, o módulo de finura, e os limites granulométricos. O agregado miúdo natural foi denominado como (NA) e o agregado reciclado de cerâmica vermelha

(CV). O material tem características de areia média como pode ser observado na Figura 1 e Tabela 4.

**Tabela 4.** Propriedades físicas dos agregados

Material	Massa unitária solta (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
CV	1,08	2,74
NA	1,46	2,5
D.M.(CV e NA)	2,4mm	
M. F. (CV e NA)	3,65	



**Figura 1.** Curva granulométrica do agregado reciclado (CV).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Dosagem e Mistura

A argamassa foi produzida com o agregado miúdo reciclado de cerâmica vermelha denominada (CV) e misturada com os três aglomerantes, silicato de alumínio, cimento e cal, traço (1:2:8); A mistura foi preparada com uma parte de cimento, uma parte de silicato de alumínio, uma parte de cal hidratada e 8 partes do agregado miúdo). A mesma composição foi efetuada com o agregado natural denominado (NA), para observa-se a similaridade entre os dois traços. A mistura dos materiais foi feita de maneira manual.

#### 3.2 Moldagem e Cura dos Corpos de Prova

Os corpos de prova de argamassa foram moldados manualmente, em moldes de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura de acordo com a NBR 5738.<sup>(8)</sup> O adensamento foi feito através de uma haste de compactação, sendo feita em três camadas de 30 golpes cada. A cura foi feita ao ar livre. O ensaio de resistência à compressão axial e compressão por tração diametral foi executado em prensa elétrica sendo ensaiados quatro (4) corpos de prova em cada idade referente a 7 dias, 14 dias e 28 dias. Os ensaios de retração por secagem os corpos de prova possuem a forma de prisma de 25X25X285 mm, conforme a NBR 8490,<sup>(9)</sup> realizados também nessas idades. Os ensaios de absorção por imersão e absorção por capilaridade, foram efetuados aos 28 dias de idade, sendo três corpos de prova para a determinação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Resultados dos Ensaios das Argamassas no Estado Fresco

Os ensaios realizados com a argamassa no estado fresco foram índice de consistência NBR 13276 (1995),<sup>(10)</sup> densidade de massa e teor de ar incorporado NBR 13278 (1995),<sup>(11)</sup> e a retenção de água NBR 13277 (1995),<sup>(12)</sup> os resultados destes ensaios são apresentados na Tabela 5.

Após a caracterização do agregado miúdo reciclado, foi preparado à argamassa, em que se determinou a consistência da mistura, o fator água/cimento, a densidade de massa e a capacidade de retenção de água da argamassa.

**Tabela 5.** Resultados dos ensaios das argamassas em estado fresco

Tipo	Relação água Cimento a/c	Consistência (mm)	Densidade de massa (g/cm <sup>3</sup> )	Retenção de água (%)
CV	3,48	230	1,86	98,93
NA	1,12	266	1,90	83,98

A retenção de água da argamassa reciclada foi maior do que na argamassa natural ocasionada, pela ação do material cerâmico que possuem agente pozolânico e do silicato de alumínio que inibe a perda de água, seja por evaporação ou absorção da mistura fresca.

Retenção de água elevada contribuiu também para as condições de manuseio da argamassa, aumentando o tempo disponível para o pedreiro aplicar, regularizar e desempenar o revestimento.

### 4.2 Propriedades da Argamassa no Estado Endurecido

A argamassa estudada é um produto de revestimento que deve apresentar propriedades que proporcionem bom acabamento, segurança, durabilidade e qualidade para obra. Desta foram ensaiada no estado endurecido as seguintes propriedades: resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, retração por secagem, absorção por imersão e absorção por capilaridade, sendo os resultados apresentados nas Tabelas 6, 7, 8 e 9 e nas Figuras 2, 3 e 4 . Os ensaios foram realizados segundo normas da ABNT.

**Tabela 6.** Resultados dos ensaios com argamassas no estado endurecido aos 28 dias de idade

Material	Massa específica		Teor de ar incorporado	Índice de vazios	Absorção imersão	Perm. absorção
	seca	Saturada				
	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )				
CV	1,41	1,87	15	20,12	13	0,03
NA	1,87	2,13	0	25	29,13	0
NBR	9778 (1984) <sup>(13)</sup>					9779 <sup>(14)</sup>

Observamos na Tabela 6 que o teor de ar incorporado do agregado reciclado segue diretamente a porosidade do agregado e com relação à permeabilidade uma vez que é um indicador da durabilidade pode-se inferir que a argamassa contendo agregado reciclado deverá se comportar igual a contendo areia de rio.

Com o uso do silicato de alumínio a absorção na argamassa com agregado reciclado caiu bruscamente em relação à argamassa com agregado natural e argamassa com agregado reciclado de (CV) sem o uso do silicato de alumínio, observado por Costa.<sup>(3)</sup>

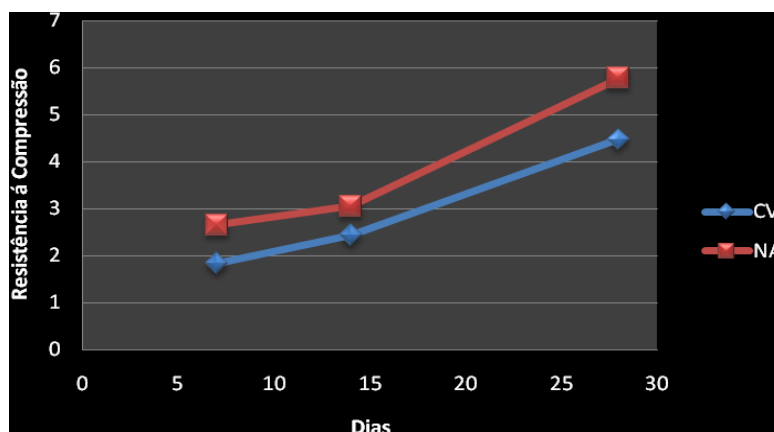
#### 4.2.1 Resistência à compressão axial em MPa

Os ensaios realizaram-se nas idades de 7 dias, 14 dias e 28 dias de idade.

O valor da resistência à compressão axial é determinado pela compressão axial de quatro corpos-de-prova cilíndricos, com 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, até a ruptura. O valor da resistência à compressão axial será a média dos quatro valores, expressa em MPa. Este ensaio foi executado conforme a norma NBR 13279 (1994)<sup>(15)</sup> e os resultados são apresentados na Tabela 7 e na Figura 2.

**Tabela 7.** Resultado da resistência á compressão axial

Material	Resistência à compressão axial em MPa		
	7 dias	14 dias	28 dias
CV	1,83	2,43	4,47
NA	2,65	3,05	5,78



**Figura 2.** Apresenta o resultado da resistência à compressão axial em MPa.

Pelos dados da Tabela 7 e Figura 2 acima, podemos constatar que dentre as duas argamassas, aquela contendo agregado natural mostrou maior desempenho. Isto pode ser atribuído ao maior grau de empacotamento dos grãos, devido ao uso do silicato de alumínio em conjunto com a cal e o cimento, melhorando assim o empenho dos agregados seja ele reciclado ou natural. Os níveis de resistência à compressão axial são expressivamente mais altos, que o encontrado comumente nas literaturas que se apresentam em torno de 2,5 MPa.

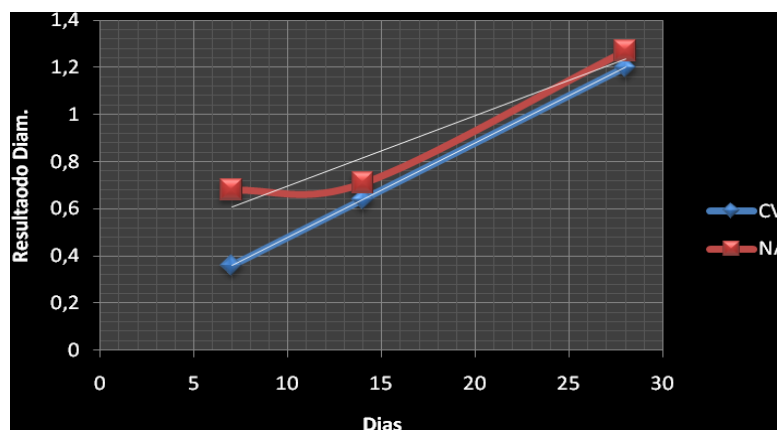


#### 4.2.2 Resistência à tração por compressão diametral EM MPa

Este ensaio foi realizado segundo as exigências da NBR 7222 (1987)<sup>(16)</sup> e os resultados são apresentados na Tabela 8 e na Figura 3.

**Tabela 8** - Resistência à tração or compressão diametral

Material	Resistência em MPa		
	7	14	28
CV	0,36	0,64	1,20
NA	0,68	0,71	1,27



**Figura 3.** Resistência à tração por compressão diametral em MPa.

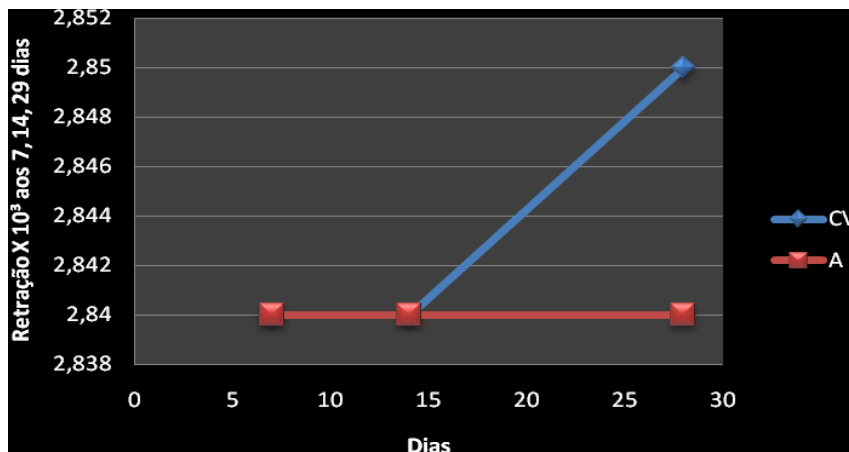
Através da Figura 3 e Tabela 8, podemos perceber que a argamassa com agregado reciclado apresenta resistência à tração por compressão diametral menor que a argamassa com agregado natural, porém os resultados foram melhores em ambas as argamassas com o uso do silicato de alumínio misturado com a cal e o cimento do que o resultado comumente encontrado na literatura, pois o silicato de alumínio também funciona como filler, diminuindo os espaços vazios da matriz e aumentando sua resistência mecânica.

#### 4.2.3 Resultado do ensaio de retração por secagem da argamassa estudada

Este ensaio foi realizado conforme as exigências da NBR 8490 (1984),<sup>(9)</sup> e os resultados estão na Tabela 9 e Figura 4.

**Tabela 9.** Resultado do ensaio de retração por secagem

Material	Retração X 10 <sup>-3</sup> aos 7, 14 e 28 dias de idade		
	7 dias	14 dias	28 dias
CV	2,84	2,84	2,85
NA	2,84	2,84	2,84



**Figura 4. Ensaio de retração por secagem.**

Neste módulo de acordo com a Figura 4 e Tabela 9 notamos que as argamassas com agregado reciclado e com agregado natural obtiveram a mesma retração.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados de resistência à compressão axial são bastante promissores e indicam que as argamassas alternativas apresentam desempenho mecânico satisfatório, sendo a reciclagem de resíduo promissora, capaz de produzir elementos construtivos de baixo custo, além de preservar o meio ambiente, melhorando a qualidade de vida da população em geral.

Portanto com a adição do silicato de alumínio obtemos uma argamassa com muito mais plasticidade, melhor condição de endurecimento e elasticidade, deixando um acabamento esmerado.

O sistema poroso das argamassas avaliadas foi alterado com a presença do rejeito de cerâmica vermelha, de modo que os valores referentes ao índice de vazios, porosidade total e absorvidade das amostras ensaiadas foram mínimos para teores em torno de 20%.

Portanto esse estudo visualizou nova alternativa para consumo dos rejeitos de cerâmica vermelha reduzindo dessa forma o impacto ambiental provocado por esses resíduos permitindo a criação de novas frentes de aplicação e emprego.

## Agradecimentos

Ao IFMT pelo apoio dado aos alunos com a iniciativa da bolsa científica;

Ao PIBICT pela bolsa financiadora;

A Dr<sup>a</sup>. Juzélia Santos pela orientação e acompanhamento neste trabalho

Ao Coordenador do Laboratório de Construção Civil Éder Souza de Almeida, ao estagiário Wilson Siqueira e a aluna Claudeir Santana pela colaboração nos ensaios.





## REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, V. S. *Aderência de chapisco em concretos estruturais – Melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da Sílica da casca de arroz. TESE (Doutorado)*. Universidade Federal de São Carlos. 2004.
- 2 LEITE, M. B. *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. 290 p. **TESE (Doutorado)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.
- 3 COSTA, J. S. da. *Agregados alternativos para argamassa e concreto produzidos a partir de reciclagem de rejeitos virgens da indústria de cerâmica tradicional / TESE (Doutorado)*. -- São Carlos: UFSCar, 2006.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23** - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2001.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7251** – Agregado no estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1995.
- 6 NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR NM 248** – Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 5738** – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro, 1994.
- 9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 8490** – Ensaio de retração por secagem. Rio de Janeiro, 1984.
- 10 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13276** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 1995.
- 11 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13277** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995.
- 12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13278** – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro 1995.
- 13 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9778** - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1984.
- 14 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9779** - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, por capilaridade. Rio de Janeiro, 1987.
- 15 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13279** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão . Rio de Janeiro, 1994.
- 16 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 7222** - Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos (aos 3, 7, 28, 91, 182 e 364 dias).