

## UTILIZAÇÃO DE GRAUTE COMO CAPEAMENTO DE CORPOS DE PROVA DE CONCRETO PARA ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

*CONCRETE SPECIMENS CAPPING WITH GROUT FOR STRENGTH TESTING COMPRESSION*

**Luciano Andreatta Carvalho da Costa<sup>1</sup>, Paulo Matheus Souza de Souza<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Doutor em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

E-mail: andreatta.luciano@gmail.com.

<sup>2</sup>Engenheiro Civil, Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC, Porto Alegre, RS.

E-mail: matheuspaulo@outlook.com.

### RESUMO

O concreto de cimento Portland é um material com grande utilização na construção civil no Brasil. Assim, a sua qualidade merece uma atenção especial quando se trata de controle tecnológico. Para avaliar esse material, o teste de resistência à compressão é o mais amplamente utilizado. É convencional a utilização de corpos de prova cilíndricos com as dimensões de 10 cm por 20 cm. Devido às falhas durante o processo de moldagem, observadas na maioria dos trabalhos de construção civil, é necessário executar uma regularização na superfície do corpo de prova para minimizar possíveis falhas durante o ensaio de compressão. A revisão da literatura indica os diferentes tipos de cobertura. Os mais utilizados são: capeamento aderido –pasta de cimento ou enxofre–, capeamento não aderido (Neoprene) e o recesso superior –moagem–. Sabe-se muito pouco sobre a influência de nivelamento na resistência à compressão. É comumente utilizada a experiência dos laboratórios de concreto como um critério para definir o melhor nivelamento das bases dos corpos de prova cilíndricos. Este estudo analisou, por meio de ensaios mecânicos, ambas as amostras cobertas como nos próprios capeamentos, com uso de graute industrial –um tipo de auto concreto denso ensacado– e argamassa, usada como uma pedra angular em vários laboratórios de materiais de construção. Foram moldadas 36 corpos de prova de concreto, metade deles coberto com graute e metade com argamassa. Também foi analisada a viabilidade do nivelamento, a análise de variância –ANOVA– dos resultados de resistência, adesão e impressão de contato entre o topo e a prensa. Os resultados não mostraram diferença significativa alguma entre o uso da argamassa e o uso do graute. Além disso, concluiu-se que a resistência do capeamento não interfere na resistência dos corpos de prova.

**Palavras-chave:** Concreto, Ensaio de Resistência à Compressão, Capeamento de Corpos de Prova de Concreto, Graute.

### ABSTRACT

The Portland cement concrete is the most consumed input in construction in Brazil, thus its quality deserves special attention when it comes to technological control. To assess this material, the compressive strength test is the most widely used. It is conventional the use of cylindrical specimens with dimensions of 10 cm by 20 cm. Due to failures during the molding process, observed in most of the civil works, it is necessary to perform a regularization in the specimen surface, to minimize possible failures during the compressive test. The literature review showed the different types of capping. The most used are: adhered capping (cement paste or sulfur) not adhered (Neoprene) and the top recess (grinding). We know very little about the influence of capping in the compressive strength. It is commonly used the experience of the concrete labs as a criterion for defining the best leveling the bases of cylindrical specimens. This study analyzed through mechanical tests specimens capped with industrial grouting –a type of concrete self-dense bagged– and mortar, used as a capstone in several laboratories of construction materials. There were molded 36 concrete specimens, half of them capped with mortar and half with grout. It was also examined the workability of the capping, analysis of variance (ANOVA) of mechanics results, adhesion and contact print between the top and the press. The results showed no significant difference between the use of mortar and the use of grout. Furthermore, it was found that the capping resistance does not affect the strength of the test specimens.

**Keywords:** Concrete, Compressive Strength Test, Capping Concrete Specimens, Grout.

### 1 – INTRODUÇÃO

O concreto, insumo com grande utilização na indústria da construção civil, com um consumo estimado no Brasil em 30 milhões de metros cúbicos (PEDROSO, 2009) é alvo de diversas pesquisas ao longo de sua existência. Os ensaios tecnológicos realizados nos concretos tiveram semelhantes avanços (DIAB, 2012; HOLMES; NIALI; O'SHEA, 2015), com o objetivo de manter uma qualidade constante durante o processo construtivo. O ensaio de laboratório mais utilizado no controle tecnológico do concreto é o de

resistência à compressão de corpos de prova (CP), preconizado cientificamente no início do século XX e, atualmente, normalizado pela norma ABNT NBR 5739:2007 para fins de controle tecnológico. Com este ensaio é possível saber a resistência mecânica característica de um concreto aplicado em obra, necessitando ser moldado anteriormente um corpo de prova retirado do caminhão betoneira.

No processo que envolve desde a moldagem de corpos de prova até o ensaio efetivo de compressão (realizado em uma prensa que registra a carga máxima)

são, normalmente, executados procedimentos preparatórios, um deles é a regularização da superfície. A carga exercida pela prensa deve ser totalmente distribuída na área superior deste material de teste. Os corpos de prova usualmente empregados são os cilíndricos, com dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, para concretos convencionais. Por diversos fatores, o topo (ou superfície) não fica regularizado suficientemente para a realização do ensaio necessitando, assim, que seja ajustado em laboratório. Helene (1987) afirma que um capeamento insatisfatório pode reduzir em até 50% o valor da resistência à compressão do concreto.

A mistura do concreto é geralmente realizada em central dosadora, onde seus componentes estão armazenados previamente para sua concepção em grande escala. Para fins de estudo existe um laboratório em centros de pesquisa e na própria usina de concreto concebidos para realizar estudos de dosagem. Na dosagem de concreto, segundo Recena (2007), levam-se em conta os materiais disponíveis em certa região e suas características. Sua mistura deverá considerar a melhor proporcionalidade entre os materiais envolvidos, atendendo sempre a um custo viável.

Durante a mistura são avaliadas certas propriedades da massa, como a trabalhabilidade, a coesão e a consistência. O principal método utilizado, tanto em laboratório quanto em obra, é o abatimento pelo tronco de cone (Slump Test). Por esse método é possível saber previamente a consistência que, por ora, representará a consistência do traço (proporção) de concreto e, também, com o traço já estabelecido será um parâmetro no recebimento em obra (ISAIA, 2011).

Logo após o procedimento que avalia a consistência do concreto é necessário moldar corpos de prova a partir da mistura a fim de conhecer suas propriedades mecânicas. A moldagem segue as recomendações da norma ABNT NBR 5738:2008, a qual estabelece o uso de moldes cilíndricos que mantenham a relação diâmetro pelo altura em 1:2. Os moldes mais utilizados são os de 15 cm por 30 cm e 10 cm por 20 cm. O tamanho a ser empregado varia de acordo com o tamanho do agregado e deverá ser, no mínimo, quatro vezes maior que a dimensão máxima do agregado.

Para o correto adensamento do concreto na forma cilíndrica a norma define, para os moldes 15 cm por 30 cm, 25 golpes em três camadas e nos moldes 10 cm por 20 cm, 12 golpes em duas camadas. Os golpes são realizados com uma haste de metal. A camada superior deve receber uma quantidade maior de concreto para ser feito o nivelamento de sua superfície (ABNT NBR 5738:2008).

A regularização do topo do corpo de prova é necessária, visto que sua superfície é acabada normalmente com desempenadeira e colher de pedreiro ou, muitas vezes, apenas rasada com a haste de adensamento. Segundo Bezerra (2007), as imperfeições decorrentes do acabamento na superfície podem comprometer o ensaio, gerando microfissuras e resultando na diminuição da resistência final. Um acabamento com a colher de pedreiro ou régua metálica após o adensamento reduz as imperfeições após a desforma.

Alguns cuidados são importantes para que o capeamento seja satisfatório. Neville e Brooks (2013) afirmam que o capeamento deve ser moldado ao CP, de modo que sua espessura seja menor ou igual a 3 mm. A resistência deste capeamento deve se assemelhar ao do corpo de prova, de modo que não seja nem tão elástica, visando não provocar sua ruptura e, conseqüentemente, reduzir o atrito dos pratos da prensa diminuindo, assim, a resistência aparente do CP; e nem tão resistente, a ponto de criar uma contenção lateral (confinamento) na superfície e agregar resistência aparente ao CP (LOBO; MULLINGS; GAYNOR, 1994; VICHIT-VADAKAN; CARINO; MULLINGS, 1998).

## 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

Existem diversos tipos de regularização utilizados nos laboratórios de controle tecnológico. A norma ABNT NBR 5738:2008 recomenda que o capeamento deve atender requisitos mínimos para que seja utilizado, tais como: resistência apropriada, fluidez, acabamento liso, compatibilidade química com o concreto e aderência.

A Norma ABNT NBR 5738:2008, seção 9.4.2.1, nomeia cinco características básicas para que um capeamento atenda às necessidades quanto à regularização do topo: (i) Aderência ao corpo de prova; (ii) Compatibilidade química com o concreto; (iii) Fluidez no momento de sua aplicação; (iv) Acabamento liso e plano após endurecimento; (v) Resistência à compressão compatível com os valores normalmente obtidos em concreto.

### 2.1 Capeamento aderido

O capeamento aderido permite moldar uma superfície que regularizará o topo do corpo de prova. Dentre os principais, a pasta de cimento e argamassa de enxofre são os mais utilizados.

#### 2.1.1 Pasta – argamassa de cimento

Utilizado como argamassa –desde que o agregado miúdo passe pela peneira 300  $\mu\text{m}$  e fique retida na 150  $\mu\text{m}$ –, o capeamento com pasta de cimento é bastante difundido nos laboratórios, e seu procedimento está descrito nas normas ABNT NBR 5738:2008 e CMN NM 77:1996. Como pasta, a norma sugere que deva ser preparada de 2 h até 4 h antes de sua utilização. A superfície do corpo de prova não deve apresentar saliências, e deve ser riscada antes para uma melhora aderência ao capeamento.

A norma CMN NM 77:1996 sugere que a pasta de cimento tenha uma relação água/cimento (a/c), que varie de 0,32 a 0,36 para cimentos comuns e 0,35 a 0,39 para CPV-ARI. O traço para a argamassa, segundo a mesma norma, deve ser na relação 1:1 (cimento:areia), para uma relação a/c de 0,38. Na forma de pasta, é normalmente aplicado nos corpos de prova de concreto ainda nas formas, apenas no topo entre 2 e 15 horas após a moldagem.

A camada resultante do capeamento não deve exceder em 3 mm de espessura, e a superfície deve ser isenta de riscos ou vazios (bolhas), e a planicidade deve respeitar o desvio máximo de 0,05 mm em todos os pontos.

### 2.1.2 Argamassa de enxofre

A argamassa de enxofre é um dos capeamentos mais utilizados para concretos que necessitam ser ensaiados em questão de horas (CHIES, 2011). Conforme Scandiuzzi e Andriolo (1986), a mistura mais utilizada nesses casos é a de enxofre puro e fíler (material inerte), que pode ser dosado de 20 a 30% sobre a massa da argamassa. Neville e Brooks (2013) afirmam que para valores de resistência acima de 100 MPa é satisfatório o uso de enxofre. Como sugere a norma CMN NM 77:1996, ainda pode ser adicionado grafite à mistura. A proporção de materiais apresentada pela norma é a seguinte: 75% de enxofre; 5% de grafite; e 20% de material inerte (fíler).

Bezerra (2007) afirma que são mais utilizadas misturas puras de enxofre. A temperatura de trabalho do enxofre deve ser de, aproximadamente, 130 °C.

Apesar de seus benefícios, o enxofre oferece riscos à saúde do operador, tanto tóxicos quanto inflamáveis, que podem levar a queimaduras. Conforme Ruduit (2006), é necessário a utilização de EPI, bem como um sistema de exaustão para a realização deste capeamento. Durante seu preparo, é gerado o gás sulfídrico (SO<sub>2</sub>), elemento poluente que contribui para diversos problemas ambientais, tais como a poluição atmosférica e surgimento da chuva ácida, além de ser um problema direto ao funcionário responsável pelo capeamento (EPA, 2013). Além disso, segundo o estudo de CHIES (2011), o enxofre não apresentou aderência ao corpo de prova.

### 2.1.3 Outros tipos de capeamento aderido

Existem outros métodos de capeamento que também se assemelham aos dois citados. A pasta de gesso também é utilizada para capeamento, que pode atingir uma resistência à compressão de 30,0 MPa. Destaca-se que, recentemente (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2011), o gesso foi incluído como resíduo reciclável para outra destinação (Classe B), o que pode tornar menos vantajosa esta opção.

Algumas argamassas vêm sendo testadas com a utilização de aditivos poliméricos, que melhoraram certas qualidades e propriedades das argamassas, tais como: cura mais rápida, resistência e trabalhabilidade, além de promoverem altas resistências mecânicas e com alto índice de aderência (SCANDIUZZI e ANDRIOLO, 1986).

### 2.2 Capeamento não aderido

Existem estudos que visam dar praticidade ao capeamento, principalmente em laboratórios onde o volume de corpos de prova para rompimento sejam grandes. A utilização de um material não aderido ao topo diminui o tempo necessário para regularização frente aos capeamentos aderidos, sendo encontrados, por exemplo, trabalhos que

utilizaram MDF (Medium-Density Fiberboard) como capeamento (SOUZA, 2012). Há, segundo Barbosa *et al.* (2009), a possibilidade do emprego de areia confinada, com o mesmo acessório metálico utilizado com Neoprene.

O uso de Neoprene, bastante utilizado nos laboratórios, especialmente os de usinas de concreto, é recomendado para baixas resistências –algo em torno de 10 MPa–, quanto para altas resistências –até 80 MPa– podendo ser reaproveitado tanto quanto a argamassa de enxofre, dependendo do tipo de Neoprene (BEZERRA, 2007). Essa reutilização, todavia, ainda não é totalmente confiável e gera desvios dependendo do operador e do manuseio. O Policloroprene, um elastômero, é a composição base do Neoprene.

A norma ASTM C1231/C1231M (2015) indica que este tipo de capeamento só pode ser utilizado para concretos com resistências compreendidas entre 10 e 80 MPa. A mesma norma classifica níveis de dureza da borracha –SHORE– para os diferentes níveis de concreto. Esse valor de dureza pode variar de 50 a 70 graus na escala SHORE. A sua utilização, tão somente, é restringida por apresentar elevada deformação lateral (BEZERRA, 2007). Por isso, é utilizado um suporte metálico, que visa conter as deformações laterais do Neoprene. O número máximo de reuso da borracha depende da dureza “SHORE” do Neoprene e da resistência à compressão do corpo de prova.

### 2.3 Desgaste mecânico

Consiste na remoção de uma fina camada nas extremidades do corpo de prova, por meio de lâminas diamantadas, usualmente empregadas em uma retífica. É adotado costumeiramente para altas resistências de concreto, já que qualquer saliência poderia significar um valor de resistência não correspondente ao verdadeiro. Conforme Ruduit (2006), os concretos menos porosos teriam um resultado mais satisfatório com o emprego da retífica. Contudo, existem problemas relacionados ao processo de retificação, tais como a dificuldade de controlar a velocidade de desgaste e desprendimento de partículas do CP, que poderiam atingir o operador.

A norma CMN NM 77:1996 deixa claro, na Seção 5.3.3, sobre a utilização do desgaste mecânico: “Quando os corpos de prova apresentarem uma base muito irregular, como no caso de pavimentos, e não se possa realizar o capeamento com argamassa de enxofre, deve-se proceder ao corte com disco diamantado, de forma a obter uma superfície perfeitamente plana, que permita realizar o ensaio de compressão.”.

Existem diversos tipos de retífica, variando desde seu eixo de aplicação do desgaste até sua forma e velocidade de aplicação. As mais comuns são acionadas manualmente pelo operador, necessitando certo cuidado, para que a velocidade não seja prejudicial ao topo (RUDUIT, 2006).

### 2.4 Influência do capeamento na resistência do concreto

Existem diversos estudos que comparam os capeamentos utilizados atualmente, com a finalidade de se estabelecer o melhor capeamento para determinada resistência de

concreto. De um modo geral, as normas CMN NM 77:1996 e ABNT NBR 5738:2008 não especificam esta relação diretamente, apenas apresentam os métodos utilizados e recomendações de preparo. A norma norte-americana ASTM C 617 (2012) apresenta valores de resistência de capeamento de acordo com a resistência esperada pelo cilindro de concreto, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resistência à compressão e espessura máxima do capeamento

$f_c$ (MPa)	$F_m$ (MPa)	$E_m$ (mm)	$E_{mq}$ (mm)
3,5 – 50	35 ou mais	6	8
> 50	> 50	3	5

$f_c$  = Resistência à Compressão do Cilindro;  $F_m$  = Força mínima do Material de Capeamento;  $E_m$  = Máxima Espessura Média do Capeamento;  $E_{mq}$  = Máxima Espessura em Qualquer Parte do Capeamento. Adaptado de ASTM C 617/C617M.

Há uma observação na norma ASTM C 617 (2012) com relação às resistências maiores que 50 Mpa. Para este requisito fazer uma comparação estatística de corpos de prova capeados com um capeamento resistente em relação à um capeamento de pasta de cimento.

Indica-se, também, realizar um ensaio que mensure a resistência do cimento, devendo o capeamento apresentar 20 % a mais de resistência que o concreto testado.

A determinação da resistência do cimento no Brasil é regida pela norma ABNT NBR 7215:1997, onde se estabelece o uso de moldes de 5 cm por 10 cm para ensaio de resistência à compressão, tal qual no concreto. O cimento a ser testado é misturado a um traço de areia normal, que gera uma argamassa e é, posteriormente, misturado, moldado, colocado em cura e ensaiado nas idades estabelecidas. Segundo concluiu Bezerra (2007), a resistência à compressão do capeamento utilizado deve ser maior que a do concreto ensaiado. Porém, a afirmação é feita com base nos resultados dos corpos de prova capeados e não da resistência do capeamento em si, como sugere a norma ASTM C 617:2012.

Devido às diversas dispersões existentes nos tipos mais utilizados de capeamento de corpo de prova, em relação aos resultados já pesquisados, há a possibilidade de se estudar novos métodos para que o processo atenda as mais variadas solicitações. É possível a utilização de outros processos, desde que sejam comparados estatisticamente ao processo usual (ABNT NBR 5738:2008). Sendo assim, partindo do pressuposto de que a norma sugere dois capeamentos –de pasta de cimento e retificação– e, além destes, qualquer outro que atenda estatisticamente os critérios descritos nas Seções 9.3 e 9.4 da norma, esta pesquisa teve como objetivo: comparar o desempenho à compressão de corpos de prova de concreto capeados com argamassa, utilizando um traço estabelecido, com graute comercial (material industrializado, vendido ensacado, com características auto adensáveis, adquirido no mercado), nas idades de 3, 7 e 28 dias. Foram analisadas as seguintes variáveis:

– As características da utilização do graute como capeamento, tais como trabalhabilidade no momento do preparo e aspectos observados;

– O desempenho mecânico, à compressão, dos capeamentos, conforme a idade correspondente à que foram executados;

– A análise de variância, ANOVA, dos corpos de prova capeados com diferentes capeamentos com uso do *software* STATISTICA.

### 3 – MATERIAIS E PROGRAMA EXPERIMENTAL

Nesta seção são detalhados os aspectos metodológicos e experimentais do trabalho.

#### 3.1 Delimitações

A pesquisa foi limitada aos seguintes casos:

– Ensaio de resistência à compressão em corpos de prova de dimensão 10 cm por 20 cm, conforme especificado na norma ABNT NBR 5739:2007;

– A resistência características do concreto de referência será de 25 MPa;

– O processo de dosagem será realizado conforme o método descrito por Recena (2007).

#### 3.2 Delineamento

As etapas que foram desenvolvidas durante a pesquisa estão listadas a seguir e mostradas na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama do delineamento da pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 3.3 Programa experimental

Neste trabalho foi feita a comparação entre o desempenho de dois capeamentos de corpos de prova, um de argamassa, com um traço usual, e outro com graute industrial. O procedimento principal para a análise foi a moldagem e ruptura de corpos de prova de concreto dosado para um  $f_{ck}$  de 25 MPa, que se encaixa no Grupo I de resistência, Classe 25 (C25), conforme a norma ABNT NBR 6118:2014. Dos corpos de prova estudados, metade foi capeada com argamassa e metade com graute. Além disso, foram analisados dados como trabalhabilidade e uniformidade dos capeamentos correlacionando-os aos requisitos exigidos pela norma ABNT NBR 5738:2008.

### 3.3.1 Matriz experimental

Na Tabela 2 segue a matriz experimental da moldagem do concreto de referência.

Tabela 2 – Critério para moldagem dos corpos de prova 10 cm por 20 cm – concreto

Tipo de Capeamento	Quantidade de amostras conforme idade de ruptura		
	3 dias	7 dias	28 dias
Argamassa	6	6	6
Graute	6	6	6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi, ainda, montada uma tabela para a moldagem dos capeamentos para análise de compressão (Tabela 3).

Tabela 3 – Critério para moldagem dos corpos de prova de 5 cm por 10 cm – capeamento

Tipo de Capeamento	Quantidade de amostras conforme idade de ruptura		
	1 dia	5 dias	26 dias
Argamassa	4	4	4
Graute	4	4	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

A idade adotada para a ruptura dos corpos de prova de 5 cm por 10 cm levou em consideração a confecção do capeamento logo após a cura para desforma do concreto de referência.

### 3.3.2 Preparação do concreto

O concreto foi elaborado seguindo o método empírico de dosagem apresentado por Recena (2007), considerando os dados obtidos com materiais existentes na região, para se atingir o  $f_{ck}$  de 25 MPa.

Na Tabela 4 estão listados os materiais do concreto de referência e suas informações pertinentes para o cálculo da dosagem.

Tabela 4 – Constituintes do concreto e dados para a dosagem –  $f_{ck} = 25,0$  MPa

Materiais	Características	$M_u$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$M_e$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$I$	$U_m$ (%)
Brita 1	Origem Basáltica	1,50	2,63	–	–
Areia Média	Natural, Porto Alegre	1,33	2,80	1,2 9	4
Cimento	CPV-ARI	–	2,76	–	–
Água	Potável	–	–	–	–

$M_u$  = Massa unitária;  $M_e$  = Massa específica;  $I$  = Inchaço;  $U_m$  = Umidade máxima. Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre os agregados utilizados, tanto para a areia da argamassa quanto ao do graute, são listadas outras características:

– Areia de capeamento: módulo de finura = 2,24; está dentro da zona ótima para concreto; não há presença de torrões de argila e valores consideráveis de material pulverulento;

– Diâmetro máximo utilizando tanto para areia do capeamento quanto para o graute: 1,2 mm.

Partiu-se do volume necessário de concreto para a moldagem de 36 corpos de provas, com um teor de argamassa de 55% e um fator água/cimento de 0,59. Na Tabela 5 constam as quantidades de materiais utilizadas.

Tabela 5 – Cálculo da dosagem do concreto de referência e a massa para a betoneira

Material	Traço			Quantidade de Material				
	%	P	M (Kg)	Volume (dm <sup>3</sup> )		$C_e$ (Kg)	$C_{e/u}$ (Kg)	B (Kg)
				$A_s$	$A_u$			
Cimento	16,21	1,00	50	1,0	1,0	343	343	22,042
Areia	38,79	2,39	120	79,8	102,9	822	822	52,758
Brita	45,00	2,78	139	104,4	104,4	953	953	61,200
Água	9,60	0,59	29,50	29,5	24,7	203	170	13,056

$P$  = Proporção;  $A_s$  = Areia seca;  $A_u$  = Areia úmida;  $C_e$  = Consumo estimado por metro cúbico;  $C_{e/u}$  = Consumo estimado por metro cúbico considerando umidade;  $B$  = Betoneira;  $U_m$  = Umidade máxima. Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois de obter as massas dos constituintes do concreto foi realizada a mistura dos componentes em betoneira. Os materiais secos foram adicionados na betoneira e a água foi adicionada aos poucos, conforme era observada a homogeneidade da massa. A quantidade de água calculada para o traço foi totalmente adicionada.

Depois de realizada a mistura foi avaliada a consistência do concreto por meio do abatimento do tronco de cone, segundo a norma ABNT NM 67:1998. O teste de abatimentos verificado foi de 115 mm.

Antes da mistura foram preparados os moldes de corpos de prova 10 cm por 20 cm, em aço, sendo fechadas para evitar vazamento de pasta e conseqüente diminuição da resistência. Para facilitar a posterior desforma e evitar falhas na moldagem, as formas foram lubrificadas com óleo desmoldante. Depois da preparação do concreto foi realizada a moldagem dos corpos de prova seguindo a norma ABNT NBR 5738:2008. O modo como o concreto foi colocado nas formas se deu de forma a evitar perda de umidade, devida à grande quantidade de amostras. Foi utilizada, para a moldagem, vibração manual com a haste de adensamento. O desgaste foi feito com colher de pedreiro, com objetivo de minimizar imperfeições no topo.

Depois da moldagem, os corpos de prova foram armazenados em local plano e climatizado.

A desmoldagem ocorreu 40 horas após a moldagem do concreto. Devido ao cimento ser CPV-ARI, a desmoldagem ficou ainda mais facilitada, pois a resistência aumenta significativamente nos primeiros dias. Apesar disso, tomou-se cuidado para evitar possíveis danos.

Para uniformizar a superfície dos corpos de prova que receberam o capeamento foi realizada a retificação dos mesmos. Apenas o acabamento, após a moldagem, não é suficiente para uniformizar o topo necessitando de um procedimento preliminar ao capeamento. A remoção das imperfeições do topo foi realizada com retifica horizontal, munido de um disco diamantado, que executa a fresagem

da superfície do corpo de prova. Todos os corpos de prova desmoldados foram retificados antes do capeamento.

Para uniformizar a superfície dos corpos de prova que receberão o capeamento foi realizada a retificação dos mesmos. Apenas o acabamento após a moldagem não é suficiente para uniformizar o topo, necessitando um procedimento preliminar ao capeamento. A remoção das imperfeições do topo foi realizada com retífica horizontal, munido de um disco diamantado, que executa a fresagem da superfície do corpo de prova. Todos os corpos de prova desformados foram retificados antes do capeamento.

### 3.3.3 Capeamento do concreto

O capeamento de argamassa utilizado nos respectivos 18 corpos de prova leva em conta o traço 1:4. A premissa de sua aplicação parte da utilização de cimento de alta resistência inicial (CPV-ARI) aliado à relação a/c baixa, de 0,39, que garante a possibilidade de capear as duas faces em pouco tempo, com um ganho elevado de resistência. Os dados apresentados na Tabela 6 mostram os valores utilizados para o capeamento de argamassa.

Tabela 6 – Dados do capeamento de argamassa

Material	Traço (%)	Massa utilizada (kg)
Cimento CPV-ARI	36,66	4.810
Areia Regular	48,86	6.410
Água	14,48	1.899

Fonte: Elaborado pelo autor.

Depois da mistura a argamassa estava pronta para ser aplicada no capeamento. Os 18 corpos de prova foram capeados, seguindo a norma CMN NM 77:1996. Primeiramente, foi capeado um dos lados, devidamente nivelado, e, quatro horas após, o outro lado do corpo de prova. Fechado as outras quatro horas deste último lado, os CP estavam prontos para a cura úmida.

A realização do capeamento com utilização do graute iniciou-se com o conhecimento das principais características desse material. Os dados fornecidos pelo fabricante mostram como sendo um material argamassado fluido de elevada resistência. Em sua composição estão presentes: Cimento Portland, areia de quartzo de granulometria selecionada e aditivos. Antes de ser utilizado para o capeamento, o graute foi misturado em uma vasilha, onde foi acrescentada água até se atingir a consistência adequada para a atividade.

Notou-se, durante a mistura, que a granulometria da mesma poderia afetar o capeamento, resultando numa altura maior que os 3 mm recomendados pela norma CMN NM 77:1996. Sendo assim, foi preciso peneirar a amostra, utilizando a faixa granulométrica de 2,36 mm. O que ficou retido foi descartado.

Os dados do fabricante sugerem 12% de água sobre o total de graute utilizado. Porém, durante os testes de consistência, verificou-se que a utilização de 10,1% era suficiente para se moldar o capeamento, valor que não prejudicaria a resistência nem tão pouco a trabalhabilidade. O procedimento para o capeamento dos outros 18 corpos de prova foi o mesmo realizado com a argamassa.

### 3.3.4 Moldagem das argamassas utilizadas

A moldagem dos capeamentos com argamassa seguiu as recomendações da norma ABNT NBR 7215:1997. Os moldes de 5 cm por 10 cm foram inicialmente lubrificados, tais como os corpos de prova de concreto e, logo após o preparo do amassamento, foi iniciada a moldagem. Foram utilizadas 12 moldes por capeamento, a fim de se ensaiar 4 amostras por idade, conforme as idades de ruptura do concreto.

### 3.3.5 Cura em câmara úmida

Os corpos de prova capeados com argamassa e os com graute, após a secagem completa do topo, foram levados para a câmara úmida, com temperatura com variação de  $23 \pm 2$  °C, conforme especifica da ABNT NBR 5738:2008.

### 3.3.6 Ensaio de resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova de concreto foi realizado seguindo a matriz experimental, nas idades de 3, 7 e 28 dias, a partir da data de moldagem. E a ruptura dos corpos de prova dos capeamentos utilizados seguiu sua ordem de moldagem alinhada com a ruptura dos concretos de referência, sendo rompidos a 1, 5 e 26 dias, devido ao capeamento ter iniciado um dia após a desforma.

Para a ruptura dos corpos de prova de concreto de 10 cm por 20 cm, o ensaio de resistência à compressão foi efetuado conforme a norma ABNT NBR 5739: 2007. As datas de ensaio de todos os corpos de prova foram nos dias 15 e 19 de abril de 2014 (3 e 7 dias) e 10 de maio de 2014 (28 dias). Foi observado, conforme a norma específica, os horários de ruptura conforme os limites indicados (aos 3 dias, por exemplo, com tolerância de 2 horas).

Os primeiros corpos de prova a serem rompidos foram os capeados com argamassa e posteriormente, os capeados com graute. Na ruptura aos 28 dias, foi utilizado um método já testado no trabalho de Rudit (2006), dos papéis carbono, com objetivo de se visualizar o contato dos pratos da prensa com a superfície do capeamento. Para isso, foram utilizadas duas marcações por capeamento.

A ruptura dos corpos de prova de 5 cm por 10 cm, acompanhou, como citado anteriormente, as rupturas dos corpos de prova de concreto. Para os moldes da idade de 24 horas, o procedimento adotado foi o desmolde algumas horas antes da ruptura. Como procedimento adotado pelo laboratório, a amostra foi capeada com enxofre.

As demais idades (5 e 26 dias) foram desmoldadas após 24 horas, estando as formas armazenadas na câmara úmida. Foi realizado o capeamento dos corpos de prova com enxofre e, posteriormente, eles foram submergidos em água na câmara úmida até a data de ensaio.

Chegada à idade de ruptura, os corpos de prova de 5 cm por 10 cm foram retirados da cura por imersão e levados para o rompimento. No ensaio das duas idades mais avançadas, utilizou-se uma proteção em volta do corpo de prova, pois uma elevada resistência poderia

ocasionar fragmentação rápida do material, representando perigo ao operador.

#### 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com os ensaios de rompimento de corpos de prova, a análise de variância, a análise das impressões de contato e aspectos observados, tais como a trabalhabilidade e aderência do capeamento ao topo.

As características estudadas foram, basicamente, as exigidas pela norma ABNT NBR 5738:2008, Seção 9.4.2.1, quanto aos parâmetros exigidos para um capeamento.

##### 4.1 Ensaios de Resistência à Compressão

Na Tabela 7 constam os resultados de resistência à compressão de corpos de prova capeados com argamassa e graute aos 3, 7 e 28 dias, ensaiados de acordo com a norma ABNT NBR 5739:2007.

Tabela 7 – Resultados dos corpos de prova de 10 cm por 20 cm  
Resultados Gerais – Corpos de prova de capeados com argamassa e graute (MPa)

	3 dias		7 dias		28 dias	
	A	G	A	G	A	G
	21,4	25,2	24,5	24,9	31,7	34,7
	22,7	24,6	22,2	28,8	34,2	31,2
	23,8	23,9	26,3	26	30,7	31
	23,6	24,1	24,6	28,9	30,9	33,7
	24,5	23,9	26,7	26,3	30,2	33,9
	25,9	*	28,3	25,3	29,6	29,5
$M_e$	23,6	24,3	25,4	26,7	31,2	32,3
DP	1,53	0,56	2,14	1,74	1,62	2,05
CV	6,46	2,30	8,42	6,50	5,19	6,34

\*Amostra descartada, pois seu capeamento fissurou na mesa de capeamento; A = Argamassa; G = Graute;  $M_e$  = Média; DV = Desvio-padrão; CV = Coeficiente de variação (%). Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que as resistências médias não resultaram em grandes desvios. Como esperado pelo cálculo de dosagem houve um ganho da resistência estimada já aos 7 dias, pelo emprego do cimento CPV-ARI. Analisando o coeficiente de variação, apesar de ter sido desconsiderado uma amostra dos corpos de prova capeados com graute aos 3 dias, os valores dos CP capeados com argamassa, quando comparados com os capeados com graute se apresentaram maiores nas idades iniciais (aos 3 dias = 4,16%, e aos 7 dias = 1,92%) e menores aos 28 dias (1,15%). Na Tabela 8 são apresentados os resultados dos corpos de prova de 5 cm por 10 cm ensaiados à compressão.

Pelo capeamento ter sido feito dois dias após a moldagem do concreto de referência, as idades de ruptura dos corpos de prova correspondem a 1, 5 e 26. O ensaio foi realizado conforme a norma ABNT NBR 7215:1996.

Tabela 8 – Determinação da resistência dos capeamentos: resultados dos corpos de prova de 5 cm por 10 cm

	Resultados Gerais – CP feitos com o capeamento (MPa)					
	1 dia		5 dias		26 dias	
	A	G	A	G	A	G
	32,8	9,2	53,4	66,3	58,4	72,2
	34,5	10,1	52,3	57*	60,6	66,9*
	32,6	10,0	50,4	67,2	40*	75,7
	33,6	10,0	46,6*	68,2	60,6	72,0
$M_e$	33,4	9,8	52,0	67,2	59,9	73,3
DP	0,87	0,42	3,37	5,96	11,52	4,07
CV	2,59	4,27	6,48	8,86	19,24	5,55

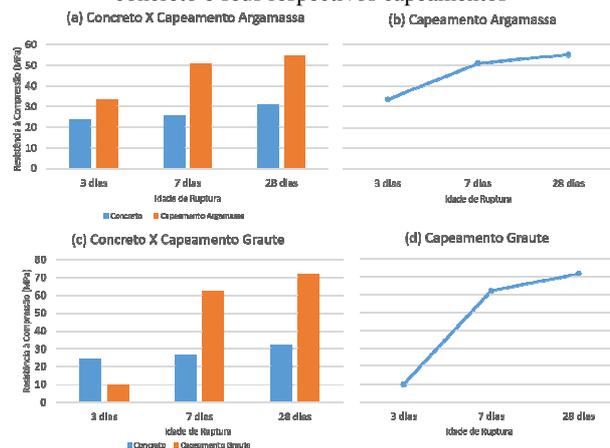
\* Valores desconsiderados da média

A = Argamassa; G = Graute;  $M_e$  = Média; DV = Desvio-padrão; CV = Coeficiente de variação (%). Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao analisar os resultados médios há uma grande diferença se for comparado os resultados em 24 horas, quando o capeamento de argamassa se mostrou muito mais resistente, apesar do desvio padrão ser maior. Contudo, aos 5 dias, o graute superou os valores da argamassa, mesmo também apresentando maior valor de desvio padrão. Já aos 26 dias, os resultados do graute se mostraram bastante satisfatórios, além de apresentar menor desvio padrão e coeficiente de variação. É provável que a elevada fluidez do graute seja uma das causas da resistência baixa a 1 dia.

Observa-se, pela relação da resistência do capeamento com a resistência do mesmo nos corpos de prova de concreto, que a influência da resistência do capeamento pouco influencia na resistência final do corpo de prova. Na Figura 2 são mostrados quatro gráficos, em que são comparados os capeamentos com o concreto (gráficos a e c) e os capeamentos separadamente (Gráficos b; d).

Figura 2 – Relação da resistência média dos corpos de prova de concreto e seus respectivos capeamentos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 2 (Gráficos a; c) percebe-se que houve pouca mudança nos valores de resistência à compressão do concreto em relação à resistência apresentada pelo capeamento. A resistência à compressão do capeamento com graute, mesmo tendo praticamente a metade da valor do concreto de referência aos 3 dias (Gráfico c), não alterou a resistência do mesmo, tendo até apresentado

valores um pouco superiores àqueles apresentados quando rompidos capeados com argamassa, diferente do que afirma Bucher e Rodrigues Filho (1983), que sugere uma resistência igual ou superior do capeamento em relação ao concreto, no momento do ensaio. Ao mesmo tempo, quando sua resistência representava duas vezes mais à apresentada pelo corpo de prova de concreto, aos 28 dias, também não alterou em sua resistência, comprovando que o valor da resistência do capeamento não influenciou de forma significativa a resistência final do concreto. Já a resistência à compressão do capeamento de argamassa apresentou uma relação mais uniforme com a resistência à compressão do concreto (Gráfico a), o que não proporcionou mudanças significativas na resistência a compressão do concreto.

Na Tabela 9 são apresentados os valores de análise de variância, obtidos com o uso do *software* STATISTICA. O p-valor menor do que 0,05 indica que o efeito do fator analisado sobre a resistência à compressão é significativo a um nível de confiança de 95%. De acordo com os resultados da análise de variância, a idade influencia significativamente nos resultados de resistência à compressão, dado já esperado.

Tabela 9 – Análise de variância

Fator	SQ	GDL	MQ	F	p-valor	Efeito
I	377,49	2	188,74	64,485	0	S
C	9,14	1	9,14	3,123	0,087722	NS
InIC	0,51	2	0,25	0,086	0,917486	NS
Erro	84,88	29	2,93	-	-	-

I = Idade; C= Capeamento; InIC = Interação Capeamento-Idade; SQ = soma quadrada; GDL = graus de liberdade; MQ = média quadrada; F = MQ/MQErro; p-valor = significância estatística: S = Significativo; NS = Não Significativo.

Porém, tanto o capeamento utilizado quando a interação de capeamento com idade não influencia significativamente nos resultados. Nas Figuras 3 e 4, também geradas pelo *software* STATISTICA, são demonstradas, respectivamente, a diferença das resistências, em MPa, apresentadas pelos corpos de prova capeados com argamassa e graute, e a diferença entre os resultados dos dois capeamentos em função das idades ensaiadas. Observa-se, na Figura 3, por meio do teste *t* de *student*, a diferença entre as resistências médias dos corpos de provas capeados com argamassa e com graute, que não houve diferença significativa entre essas resistências, conforme valor 0,087722, presente na Tabela 9. Apesar disso, como o valor está muito próximo do valor de referência (0,05), acredita-se que, para um “n” maior, pode-se obter significância estatística, lembrando que, assim como Ruduit (2006) foram usadas 6 amostras, e Chies (2011) utilizou 5, porém trabalhou com intervalos de resistência entre 20 e 120 MPa. Na Figura 4 é evidente (p-valor = 0,917486) a não significância da idade associada com o capeamento, neste caso com valor bem distante do valor de referência. Já se esperava este resultado, pois a idade não deveria interferir no resultado dos capeamentos. Mesmo sem capeamento, o corpo de apresenta adquire resistência com o tempo.

Figura 3 – Médias da resistência a compressão nas três idades (3, 7 e 28 dias) para corpos de prova moldados com capeamentos de argamassa e graute

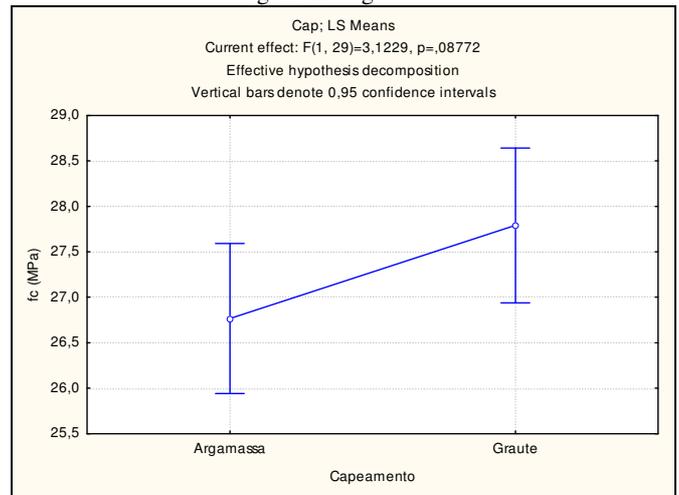
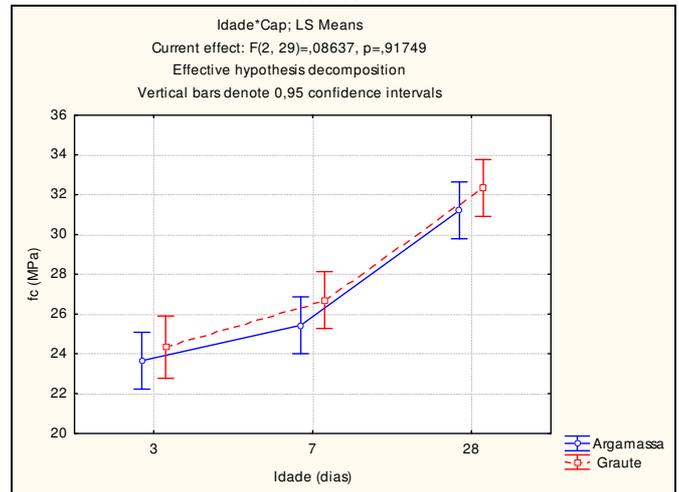


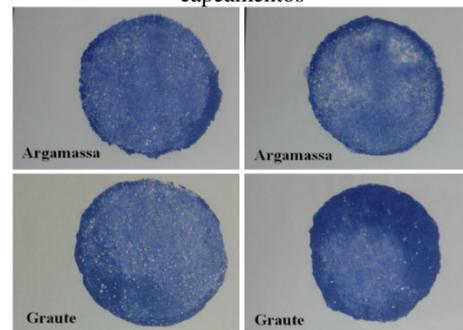
Figura 4 – Resistência a compressão de corpos de prova moldados com capeamentos de argamassa e graute em função das idades



#### 4.2 Análise das Impressões de Contato

Ao mesmo tempo em que foram realizadas as rupturas aos 28 dias foi testada a área do corpo de prova que recebeu o carregamento, pelo método de impressões de contato, utilizando papéis carbono (Figura 5).

Figura 5 – Análise das impressões de contato dos dois capeamentos



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com as impressões, as áreas cobertas pelo capeamento não apresentaram grandes diferenças visuais. Pode-se observar que houve alguma concentração de tensão, especialmente na segunda amostra de graute, pela diferença de coloração. Todavia, há uma compensação desta redução de área devido ao efeito do atrito lateral junto à superfície de contato, resultante da expansão lateral resultante do efeito de *Poisson*, fenômeno largamente conhecido e consagrado nos estudos experimentais do concreto. Desta forma, o rompimento não ocorreu nas seções das extremidades do corpo de prova (ver Figura 6), não comprometendo, assim, o resultado dos ensaios. A amostra de argamassa apresentou uma coloração mais forte nas extremidades da área carregada. Nos dois capeamentos foram notadas bolhas, decorrentes da incorporação de ar pelos capeamentos. Pode-se afirmar, comparando com o mesmo procedimento realizado por Rudit (2006) em corpos de prova com diferentes capeamentos, que os ensaios realizados neste trabalho seguiram o mesmo padrão, tanto na argamassa quanto no graute. Mesmo assim, estas constatações não servem como eliminação de um ou outro método.

#### 4.3 Aspectos Observados

Seguem listados os aspectos mais relevantes cujas descrições merecem ser detalhadas.

##### 4.3.1 Trabalhabilidade, ou Fluidez

Apesar de ser um dado subjetivo vinculado ao operador, a facilidade de se manusear a massa durante a mistura pré-capeamento é um dado importante, visto que a quantidade de corpos de prova capeados em um dia depende também desse fator.

O total de água sobre os materiais secos na argamassa é maior que no graute (14,48% contra 10,1%), no entanto, o graute, por possuir aditivos químicos em sua composição, obteve uma fluidez muito maior com menor taxa de água (isso também contribuiu para uma resistência maior, como constatado na Seção 4.1).

Todavia, houve mais dificuldade na mistura do graute e ajuste do nível do corpo de prova na mesa de capeamento. Devido a pouca quantidade de água, o graute demanda maior tempo de mistura que a argamassa, e o assentamento do corpo de prova também gera dificuldades quanto à colocação no nível. Como o capeamento de graute se assemelha mais a um concreto fluído do que a uma argamassa propriamente dita, existe uma dificuldade em se assentar o corpo de prova na mesa de capeamento devido ao material viscoso se espalhar rapidamente, diferente da argamassa que é espalhada ao pressionar o corpo de prova na mesa de capeamento.

##### 4.3.2 Aderência ao corpo de prova

O laboratório onde se realizou o trabalho adota como procedimento o armazenamento dos corpos de prova ensaiados, durante o período de 30 dias, para utilização como uma possível contra prova. Para que se possa rastrear

a amostra, são identificadas as principais informações no capeamento. Ao ensaiar as amostras constatou-se que o capeamento de graute apresentou maior aderência ao corpo de prova que a argamassa, conforme mostrado na Figura 6. Observa-se, na Figura 6, que apresenta os CP rompidos, que no graute houve de fato uma aderência maior. Horizontalmente observa-se claramente, na argamassa, um descolamento, algo que não ocorreu no graute. Isto pode estar relacionado ao fato de existirem adições no graute que promovem aderência, já que este material é utilizado como concreto de reparo em estruturas.

Figura 6 – Detalhe dos capeamentos após o ensaio



Fonte: Elaborado pelo autor.

## CONCLUSÕES

Depois da pesquisa bibliográfica e o desenvolvimento dos ensaios pôde-se chegar a algumas conclusões quanto à utilização de graute como capeamento e a influência deste sobre a resistência do corpo de prova.

Ao analisar os resultados de resistência à compressão dos corpos de prova de concreto e, com base nos requisitos das normas CMN NM 77:1996, ABNT NBR 5738:2008 e ASTM C 617:2012, quanto à comparação entre uma preparação consagrada e uma nova técnica, chega-se à conclusão de que não há diferença significativa entre os capeados com a argamassa de referência e com graute, sendo possível a utilização deste último como capeamento.

Pela análise visual do contato com a prensa foi possível constatar irregularidades, todavia, entende-se que esta constatação não compromete os resultados obtidos, pois o mesmo ocorreu na bibliografia.

A relação entre as resistências à compressão dos capeamentos ensaiados com as apresentadas pelos corpos de prova de concreto permite concluir que a resistência do capeamento não influenciou no resultado final do corpo de prova. Contudo, a análise estatística mostrou que se está muito próximo do valor obtido com a argamassa de referência, o que torna relevante a continuidade desta investigação. No recente rompimento feito com corpos de prova capeados com argamassa e graute (Figura 6), por exemplo, novamente se observou uma resistência maior nos 2 corpos de prova capeados com graute em relação aos 2 capeados com argamassa.

O comportamento da fluidez apresentada pelo graute deve ser levado em conta no ato do capeamento, pois em relação à argamassa, demanda um tempo maior de mistura e a quantidade de água pode variar, conforme a consistência necessária para o assentamento do corpo de prova.

Foi possível constatar, também, que, apesar de o graute ser considerado um tipo de argamassa fluidizada, seu uso como capeamento, diferentemente da argamassa de referência produzida em laboratório, é benéfico do ponto de vista funcional. Por não necessitar de dosagem prévia, apenas peneiramento, diminui a chance de variabilidade na sua resistência.

Como o capeamento possui geralmente espessura de até 3 mm, a influência da resistência à compressão do capeamento no resultado do corpo de prova de concreto pode não ser o principal dado como escolha de um melhor preparo da superfície.

Assim, pôde-se observar que o estudo comparativo entre capeamentos não se restringe apenas à comparação de resultados mecânicos de sua aplicação em corpos de prova, como se evidenciou no referencial teórico observando a pesquisa de outros autores, e, também, uma análise do capeamento em si, pois as propriedades apresentadas neste trabalho, seguindo as diretrizes normativas (CMN NM 77:1996, ABNT NBR 5738:2008 e ASTM C 617:2012), revelam que outras variáveis podem influenciar em constatações mais aprofundadas.

## REFERÊNCIAS

### AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND

**MATERIALS.** ASTM C 1231 – C 1231 M: Standard practice for use of unbounded caps in determination of compressive strength of hardened concrete cylinders. New Mexico, 2015.

\_\_\_\_\_. **ASTM C 617 – C617M** – Standard practice for capping cylindrical concrete specimens. New Mexico, 2012.

### ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO

**PORTLAND.** Guia básico de utilização do cimento Portland. Boletim Técnico 106. ABCP, São Paulo, 2002. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11758:** Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215:** Cimento Portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR 12655:** Concreto – preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739:** Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738:** Concreto – Procedimento de moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211:** Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 15900-1:** Água para amassamento do concreto – requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 11768:** Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118:** Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2014.

BARBOSA, F. R.; MOTA, J. M. F.; SILVA, A. J. C.; OLIVEIRA, R. A. Análise da influência do capeamento de corpos-de-prova cilíndricos na resistência à compressão do concreto. **Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto.** IBRACON, 2009.

BEZERRA, A. C. S. **Influência das variáveis de ensaio nos resultados de resistência à compressão de concretos: uma análise experimental e computacional.** 2007, 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

BUCHER, H. R. E.; RODRIGUES FILHO, H. C. Argamassas de enxofre para capeamento de corpos de prova. **Seminário sobre controle de resistência do concreto,** IBRACON, São Paulo, 1983.

CHIES, J. A. **Corpos de prova submetidos à compressão: influência do tipo de preparação das faces para diferentes níveis de resistências do concreto.** 2011. 87 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CMN – COMITE MERCOSUR DE NORMALIZACION. **NM 77:** Concreto: Preparação das bases dos corpos de prova e testemunhos cilíndricos para ensaio de compressão. 1996. São Paulo: Pini, 1996.

### CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE.

Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res4312011>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

DIAB, H. Compressive strength performance of low and high-strength concrete soaked in mineral oil. **Construction and Building Materials,** August 2012, v. 33, n. 1, p. 25-31, 2012.

EPA – **United States Environmental Protection Agency.** Sulfur Dioxide. Disponível em:

<<http://www.epa.gov/airquality/sulfurdioxide/>>. Acesso em: 11 set. 2013.

HELENE, P. **Contribuição ao estabelecimento de parâmetros para dosagem e controle dos concretos de cimento Portland.** Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1987.

HOLMES, N.; NIAL, D.; O'SHEA, C. Active confinement of weakened concrete columns. **Materials and Structures,** v. 48, n. 9, p. 2759-2777, 2015. <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-014-0352-1>.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo: IBRACON, 2011.

LOBO, C. L.; MULLINGS, G. M.; GAYNOR, R. D. Effect of capping materials and procedures on the measured compressive strength of high-strength Concrete. **Cement, Concrete and Aggregates,** CCAGPD, v. 16, n. 2, p. 173-180, Dec. 1994. <http://dx.doi.org/10.1520/CCA10296J>.

- NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Ed. Bookman, 2013.
- PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto & Construções**, n. 53, IBRACON, 2009.
- RECENA, F. A. P. **Dosagem e Controle da Qualidade de Concretos Convencionais de Cimento Portland**. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- RUDUIT, F. R. **Resistência à compressão de amostras de concreto: comparação de resultados entre a preparação de topos com capeamento de enxofre derretido e retificação**. 2006. 83 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- SCANDIUZZI, L.; ANDRIOLO, F. R. **Concreto e seus materiais: propriedades e ensaios**. São Paulo: Pini, 1986.
- SOUZA, P. T. Estudos do capeamento de corpos de prova cilíndricos de concreto com placas de MDF não aderentes. 2012. **XXIV Congresso de Iniciação Científica da Unesp**. Faculdade de Engenharia – FE, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Bauru, Bauru, SP, 2012.
- VICHIT-VADAKAN, W.; CARINO, N. J.; MULLINGS, G. M. Effect of elastic modulus of capping material on measured strength of high-strength concrete cylinders. **Cement, Concrete and Aggregates**, CCAGDP, v. 20, n. 2, p. 227-234, Dec. 1998.  
<http://dx.doi.org/10.1520/CCA10415J>.