

# ESTUDO DE DOSAGEM DE CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO COM AREIA ARTIFICIAL DE GRANITO

Paulo Hidemitsu Ishikawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prof. Me. do curso Construção Civil – Edifícios da FATEC-SP

Paulo.ishikawa@uol.com.br

## Resumo

Este trabalho teve como objetivo apresentar um estudo de dosagem de concreto de alto desempenho (CAD) produzido com areia artificial. A areia artificial, como os demais produtos da britagem de rocha, é estocada em montes ao ar livre, exposto às intempéries, gerando uma série de impactos ao ambiente, como poluição atmosférica. Quando não armazenado, apropriadamente, a água da chuva carrega o material provocando assoreamento de leitos de cursos d'água e drenagem. Com o aumento do consumo do areia artificial pode-se diminuir a poluição ambiental com a diminuição do estoque e dar um destino nobre para este material. Os resultados obtidos indicam que é viável a utilização da areia artificial na produção de concreto de alto desempenho, considerando somente os resultados de resistência à compressão simples de 28 dias de idade.

## 1. Introdução

O estudo de dosagem ou o proporcionamento dos materiais de concreto é entendido como uma arte e não como uma ciência, embora os materiais componentes sejam estudados desta forma. A arte de combinar os materiais componentes do concreto está sujeito a uma análise visual da mistura pelo tecnólogo de concreto. Esta análise visual consta de saber observar o comportamento do concreto no estado fresco quanto a sua consistência, teor ideal de argamassa da mistura e coesão. Saber ver que a consistência do concreto está adequada para aplicação em determinada forma, saber observar que a argamassa da mistura não está em excesso ou faltando e saber observar que o concreto apresenta coesão ou segregação. Em vista desta observação saber como corrigir as anormalidades encontradas sem modificar o traço de concreto em estudo, ou seja, saber que aumentando determinado material é necessário diminuir outro material coerente para que o traço se mantenha. Assim, essas observações tecnológicas não são definidas em números e sim baseadas em experiências práticas, difíceis de transmitir verbalmente, a não ser fazendo misturas e observando os diferentes aspectos que o concreto apresenta no estado fresco. Portanto, a realização de um estudo de dosagem requer um tecnólogo de concreto experiente para se obter um concreto homogêneo com as características especificadas e de baixo custo [1].

## 2. Concreto de alto desempenho

Define-se como concreto de alto desempenho como um concreto atenda uma combinação especial entre desempenho e requisitos de uniformidade que não pode ser atingida sempre rotineiramente com o uso de componentes convencionais e práticas normais de mistura, lançamento e cura [2]. Pela definição percebe-se que a obtenção de um concreto de alto desempenho (CAD) é de difícil produção, pois deve atender a diversos requisitos além de resistência mecânica. Hoje, em tecnologia do concreto, entende-se como alto desempenho o concreto que apresenta alta durabilidade, alta resistência mecânica e alta trabalhabilidade, além da melhoria de todas as demais propriedades como baixa permeabilidade à água. O termo “concreto de alto desempenho” foi sugerido por Mehta e Aitcin em 1990 numa publicação, para concretos que apresentassem três propriedades, de alta trabalhabilidade, alta resistência e alta durabilidade. Anteriormente, este tipo de concreto era denominado de “concreto de alta resistência” ou, abreviadamente, CAR. Era considerado CAR, os concreto que atingissem resistência à compressão simples igual ou acima de 40 MPa. Com o advento dos aditivos superplastificantes na década de 70 foi possível produzir concreto com relação a/c abaixo de 0,38, considerado um tabu na época. Atualmente consegue-se produzir o CAD relação a/c igual a 0,20 em condições especiais com cimento de boa reologia e resistência mecânica, agregados especiais e aditivos superplastificante compatível com o cimento Portland. Entretanto, o termo “alto desempenho” não é aceito por todos os pesquisadores. A questão é como pode ser medido o desempenho de um concreto. O concreto de alto desempenho não é muito diferente em termos de materiais constituintes. Aos materiais comuns, cimento Portland, agregado miúdo e graúdo, água e eventualmente algum aditivo, acrescenta-se a sílica ativa e um superplastificante. Desta forma, o concreto com alto desempenho e alta resistência só é obtida com a adição da sílica ativa e um aditivo superplastificante. A obtenção de concreto de alto desempenho só foi possível com o uso de aditivo superplastificante que viabilizou a adição da sílica ativa [3]. A NBR 8953 [4] classifica os concreto estruturais como de alta resistência, os concretos com resistência de projeto de 55 MPa ou mais. Tem como característica baixa relação água/cimento (a/c), ou água/aglomerante (a/agl) abaixo de 0,40, e alta trabalhabilidade em termos de consistência do

concreto devido à necessidade de uso de aditivo superplastificante. Em consequência, o consumo de cimento também é elevado, sendo acima de 400 kg/m<sup>3</sup> [3].

### 3. Dosagem de concreto

A definição de uma dosagem de concreto é função de fatores intrínsecos e extrínsecos ao concreto. Como fatores intrínsecos têm os materiais componentes básicos de uma mistura, composto de cimento Portland, agregado miúdo e graúdo e água. Dependendo das características desejadas de um concreto são adicionados aditivos e ainda, se necessário, adições minerais, como pozolana e sílica ativa. Assim, um concreto é composto de materiais heterogêneos cada qual com características físicas e químicas diferentes e que precisam ser harmonizadas para se obter um concreto homogêneo e que atendam as características de resistência mecânicas, baixa absorção de umidade e de durabilidade [2], [3], [5].

Os fatores extrínsecos, obviamente, não se referem ao concreto propriamente dito, mas aos mecanismos necessários para sua produção, transporte, lançamento, adensamento, cura, desforma e a idade com que será solicitada a sua atuação como elemento estrutural. Além disso, deve-se considerar o grau de agressividade do meio ambiente ao concreto em que este será inserido. São dados que são importantes e devem ser considerados para que se obtenha um produto final com que foi originalmente especificado [6].

O estudo de dosagem foi realizado utilizando o método do ITERS (Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul) atualmente denominado CIENTEC (Fundação de Ciência e Tecnologia).

### 4. Materiais

O trabalho foi iniciado com a definição dos materiais a serem utilizados na elaboração dos concretos. Foram realizados os ensaios de caracterização física dos materiais e após o estudo experimental de dosagem para definição dos traços de concreto.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- cimento Portland ARI PLUS (alta resistência inicial);
- areia artificial de granito (pó-de-pedra);
- areia de rio;
- brita 1 de granito;
- aditivo plastificante polifuncional;
- aditivo superplastificante a base de poliacrilato (3<sup>a</sup> geração);
- água da rede de abastecimento (SABESP).

### 4.1 – Caracterização física dos materiais

A seguir são apresentados os ensaios de caracterização dos materiais utilizados no estudo de dosagem com areia artificial e areia de rio.

#### 4.1.1 Cimento Portland

O cimento utilizado foi o cimento Portland ARI PLUS fornecido pelo fabricante Holcim do Brasil S/A. As características químicas, fornecidas pelo fabricante são apresentadas nas Tabelas I.

Tabela I - Característica química exigida conforme especificação

Característica	Resultados (%)	Especificação NBR 5733 [7] Máximo (%)
CO <sub>2</sub>	2,16	3,0
SO <sub>3</sub>	2,74	4,5
Perda ao fogo	3,45	4,5
Resíduo insolúvel	0,41	1,5

O cimento foi caracterizado fisicamente conforme ensaios a seguir discriminados:

- Determinação da resistência à compressão simples: método NBR-7215 [8];
- Determinação da água da pasta de consistência normal: método NBR NM 43 [9];
- Determinação dos tempos de pega: método NBR NM 65 [10];
- Determinação da finura por peneiramento: método NBR-11579 [11];
- Determinação da finura através do permeabilímetro de Blaine: método NBR NM 76 [12];
- Determinação da expansibilidade: método NBR- 11582 [13].

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela II

Tabela II – Caracterização física e mecânica do cimento

Ensaio realizado	Cimento CP ARI PLUS [xx]	Valores obtidos
Finura	Massa específica	3,06(g/cm <sup>3</sup> )
	Resíduo na peneira ABNT 75 µm	1,60 (%)
	Área específica Blaine	4609 (cm <sup>2</sup> /g)
Pasta de consistên. normal	Teor de água	32,6 (%)
Tempos de pega	Início de pega	3:15 (h: min)
	Fim de pega	4:05 (h: min)
Estabilidade	Expansibilidade a quente (mm)	0,00
Resistência à compressão (MPa)	01 dia	23,8
	03 dias	39,0
	07 dias	46,4
	28 dias	51,2

#### 4.1.2 Agregados

A areia natural de rio utilizada é da cidade de Caçapava/ SP, no vale do Paraíba e a areia artificial de granito e brita 1 de granito foram coletadas na pedreira instalada no bairro de Cachoeirinha na cidade de São Paulo/SP.

A amostragem dos agregados nas pedreiras foi realizada conforme a NBR NM 26 [14], e a amostra de ensaio no laboratório foi preparada conforme a NBR NM 27 [15].

A caracterização física dos agregados foi realizada conforme os métodos a seguir:

- Determinação da composição granulométrica: método NBR NM 248 [16];
- Determinação da massa específica: método NBR NM [17];
- Determinação do teor de finos que passa na peneira de 75  $\mu\text{m}$ : método NBR NM 46 [18];
- Determinação da massa unitária: método NBR-7251[19];
- Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis: método NBR 7218 [20];
- Determinação do teor de matéria orgânica: método NBR NM 49 [21].

##### 4.1.2.1 Agregado miúdo : areia artificial

Suas características físicas são apresentadas nas Tabelas III.

Tabela III – Caracterização física – Areia natural de rio e artificial

Ensaio realizado	Areia artificial
Granulometria (módulo de finura)	2,59
Dimensão máxima (mm)	4,75
Massa específica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2,70
Massa unitária no estado solto ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )	1,37
Absorção (%)	3,3
Teor de matéria orgânica (ppm)	isento
Teor de argila e materiais friáveis (%)	isento
Teor de materiais finos, peneira ABNT 75 $\mu\text{m}$ (%)	11,3

##### 4.1.2.2 Agregado graúdo – Brita 1 de granito

Os agregados graúdos utilizados foram a brita 0 e brita 1 de granito de mesma origem da areia artificial. As características físicas são apresentadas na Tabela IV.

Tabela IV – Caracterização física dos agregado graúdo – brita 1

Ensaio realizado	Brita 1
Granulometria (módulo de finura)	6,87
Dimensão máxima (mm)	19,0
Massa específica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2,69

Massa unitária no estado solto ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )	1,41
Absorção (%)	0,7
Teor de materiais finos, peneira ABNT 75 $\mu\text{m}$ (%)	2,1

#### 4.1.3 Aditivos plastificante e superplastificante

O aditivo plastificante utilizado foi um polifuncional de pega normal. O aditivo superplastificante utilizado foi o de última geração (3.a), a base éter policarboxilato. As características físicas foram determinadas conforme NBR 10908 [22]. Os resultados podem ser observadas na Tabela V a seguir.

Tabela V - Aditivo plastificante e superplastificante

Características	Aditivos	
	Plastificante	Superplastificante
Aspecto do líquido	fluido	viscoso
Cor	preta	caramelo
Massa específica	1,20 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,07 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
pH	4,8	4,4
Teor de sólidos	41,3%	31%

### 5. Metodologia

A produção de concreto de alto desempenho não implica necessariamente na adição mineral de sílica ativa, podendo ser obtidos concretos de até 50 MPa de resistência à compressão simples, sem esta adição. Entretanto, a adição de sílica ativa com superplastificante melhora outras propriedades do concreto fresco como a coesão da mistura e ausência de exsudação, além da obtenção maior de resistência à compressão simples acima de 60 MPa. O teor de adição de sílica ativa em relação à massa de cimento está em torno 8 a 10%, sendo que acima destes teores o ganho de resistência mecânica não é significativo [3]. Assim, nesta pesquisa o teor de sílica ativa adicionado à mistura de concreto foi de 8%, sendo este teor utilizado por vários pesquisadores.

Para caracterizar resistência à compressão simples do CAD com areia artificial foram moldados corpos-de-prova cilíndricos de diâmetro de 100 mm x 200 mm, conforme NBR 5738 [23].

O método de dosagem utilizado foi o método do ITERS atual CIENTEC [24].

Os concretos foram produzidos nos traços de (1 : 1,5 : 0,26); (1 : 2,0 : 0,30); (1 : 2,5 : 0,35) e (1 : 3,0 : 0,37). O teor de argamassa (As) dos traços obtido experimentalmente foi de 63%.

A mistura do concreto foi realizada em betoneira de eixo inclinado de capacidade de 30 L.

A consistência do concreto foi determinada através do abatimento do tronco de cone, método NBR NM 67 [25].

De cada traço foram moldados 6 (seis) corpos-de-prova de diâmetro de 100 mm e 200 mm de altura.

## 6. Resultados obtidos e análise dos resultados

Este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento mecânico e físico do concreto de alto desempenho produzido utilizando somente como agregado miúdo a areia artificial.

Observa-se em várias pesquisas na produção de CAD a utilização de um mix de agregado miúdo com diferentes granulometrias para compor um agregado miúdo [26].

A utilização de diversos tipos de agregado miúdo na

produção de concreto requer uma maior atenção para seu controle, tempo maior para sua dosagem, além de uma área maior para sua estocagem. Desta forma, a utilização de um único tipo de agregado miúdo facilita em muito na produção de concreto e um menor número de materiais para controle.

### 6.1 Traços de concretos

A seguir são apresentados, na Tabela VI, as características dos traços de concretos estudados e os respectivos resultados dos ensaios realizados nos concretos produzidos, no estado fresco e endurecido.

Tabela VI - Traços de concretos com areia artificial- Características

Traço n <sup>o</sup>	Materiais em traço unitário							Abatimento (mm)	Consumo de Cimento (kg/m <sup>3</sup> )
	Cimento	Sílica ativa	Agreg. miúdo	Brita 1	Plastif.	Superpl.	Rel. a/agl. (kg/kg)		
01	1,000	0,080	0,575	0,925	0,004	0,0200	0,260	90	851
02	1,000	0,080	0,890	1,110	0,004	0,0150	0,300	100	700
03	1,000	0,080	1,205	1,295	0,004	0,0125	0,350	100	591
						0,01			

Dos traços acima, para um melhor entendimento e avaliação, apresenta-se na Tabelas VII as

quantidades de materiais para 1 (um) m<sup>3</sup> de concreto.

Tabela VII - Quantidades de materiais por m<sup>3</sup> de concreto com areia artificial

Traço n <sup>o</sup>	Materiais (kg/m <sup>3</sup> )						
	Cimento	Sílica ativa	Agreg. miúdo	Brita 1	Plastif.	Superpl.	Água
01	851	68,1	489	787	3,4	17,0	221
02	700	56,0	623	777	2,8	10,5	210
03	591	47,3	712	765	2,4	7,4	207
04	531	42,5	807	786	2,1	6,6	196

### 6.2 Determinação da resistência à compressão simples

Foram realizados ensaios de determinação da

resistência à compressão simples nas idades de 03, 07 e 28 dias. De cada traço foram ensaiados 02 corpos-de-prova por idade. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela VIII

VIII - Resultados de resistência à compressão simples do concreto com areia artificial

Traço n <sup>o</sup>	Resistência à compressão simples - NBR 5739 [27] (MPa)					
	03 dias		07 dias		28 dias	
	Individual	Média	Individual	Média	Individual	Média
01	69,7 66,5	68,1	75,6 74,5	75,1	85,1 94,3	89,7
02	60,4 60,1	60,3	69,5 68,1	68,8	79,2 80,1	79,7
03	57,8 56,9	57,4	63,9 62,7	63,3	77,0 75,9	76,5
04	50,3 51,2	50,8	60,5 60,1	60,3	72,9 71,8	72,4

Conforme a NBR 8953 [4] é considerado concreto de alta resistência os concretos de resistência à compressão simples igual ou maior que 60 MPa. Desta forma, todos os concreto apresentaram resistência à compressão simples maior que 60 MPa. Com os resultados de resistência à compressão simples foram elaborados os gráficos relacionando a relação a/c e resistência à compressão simples. Foi utilizada a equação de Abrams conforme indicada a seguir.

$$f_{cj} = \frac{A}{B} \left( \frac{f_{cm}}{100} \right)^x \quad (\text{equação 1})$$

onde A é um valor da ordem de 100 e B varia com a idade do concreto e qualidade do aglomerante, ou seja, quanto maior a idade e qualidade do aglomerante menor o seu valor e x é a relação a/c. As constantes A e B podem ser determinadas pelo método dos mínimos quadrados [24].

Com os dados dos traços de concreto foram determinados as constantes A e B através da equação 1 expressa em logaritmo, conforme indicada a seguir.

$$\log. f_{cj} = \log. A - x \log. B \quad (\text{equação 2})$$

Desta forma, foram calculadas as constantes A e B para as idades de 3, 7 e 28 dias para os concretos com areia artificial e areia natural. Os valores calculados podem ser observados na Tabela IX.

Tabela IX - Valores das constantes A e B para os concretos com areia artificial e natural

Concreto	Constantes	Idades do concreto		
		3 dias	7 dias	28 dias
Com areia artificial	A	124,5	123,9	139,9
	B	10,4	6,9	5,9

Determinadas as constantes A e B e variando a relação a/c foram determinadas as respectivas resistências à compressão simples para as idades de

3, 7 e 28 dias de idade. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela X para os concretos com areia artificial.

Tabela X - Valores de resistência à compressão simples em função da relação a/c.

Concreto	Relação a/c (x)	Resistência à compressão simples (MPa)		
		3 dias	7 dias	28 dias
Concreto com areia artificial	0,2	77,9	84,1	98,1
	0,3	61,6	69,3	82,2
	0,4	48,8	57,1	68,8
	0,5	38,6	47,0	57,6
	0,6	30,5	38,7	48,3
	0,7	24,1	31,9	40,4
	0,8	19,1	26,3	33,9

Com os valores da Tabela X foi produzido o gráfico apresentado na Figura 1 do concreto com areia artificial.

O gráfico a seguir apresentado é conhecido também de Curva de Abrams.

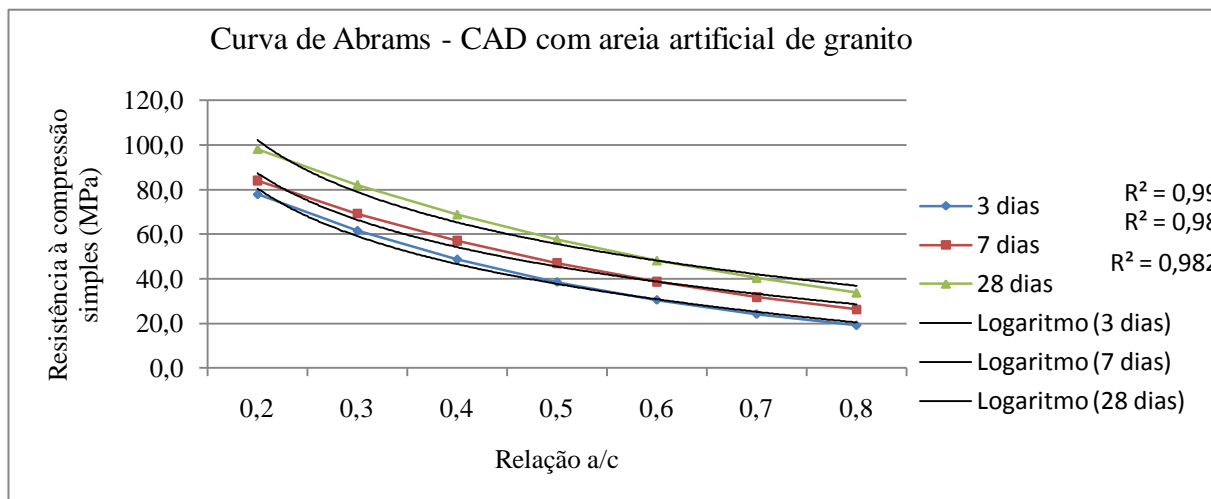


Figura 1 – Curva de resistência do concreto de Abrams

## 7. Conclusão

Conforme a NBR 8953 [4] é considerado concreto de alto desempenho os concretos de resistência à compressão simples igual ou maior que 60 MPa. Observa-se pela Tabela 6.2 que todos os concretos apresentaram resistência à compressão simples maior que 60 MPa, atendendo, portanto a NBR 8953. Os traços também apresentaram consumo de cimento acima de 400 kg/m<sup>3</sup>, conforme Tabela 6.3, sendo esta também uma característica do CAD, observado por AITCIN [3].

Desta forma, pelo gráfico da curva de Abrams obtém-se dosagem de concreto de alto desempenho e concreto de resistências normais ou usuais, produzidos com agregado miúdo de areia artificial de granito, sem necessidade de misturar diversos tipos granulométricos de agregado miúdo, o que otimiza a produção de concreto na usina de concreto.

## Agradecimentos

À Cimento Holcim pela doação de cimento CP V ARI PLUS.

À MC Bauchemie Brasil pela doação dos aditivos superplastificante e plastificante.

À Prof<sup>a</sup> Mara Fátima do Prado Rocha e aos estagiários Anderson de Sousa Ferreira e Gabriela Freire Trombetta pela colaboração.

## Referências Bibliográficas

- [1] Helene, P. R. L. e Terzian, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: PINI; Brasília, DF: SENAI, p. 349. 1992.
- [2] MEHTA, P.K e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Editora Pini, p.573 -2008.
- [3] AITCIN, P. C. **Concreto de alto desempenho**. São Paulo: Editora Pini, 2000. P.667.
- [4] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais. Classificação por grupos de resistência - Classificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1992. p.2.
- [5] NEVILLE, A. M. – **Propriedade do Concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1997.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento. Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1992a. p.18.
- [7] \_\_\_\_\_. **NBR 5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial – Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1991. p.5.
- [8] \_\_\_\_\_. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1996. p.8.
- [9] \_\_\_\_\_. **NBR NM 43**: Cimento Portland – determinação da água da pasta de consistência normal – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2003. p.3.
- [10] \_\_\_\_\_. **NBR NM 65**: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2003. p.4
- [11] \_\_\_\_\_. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação da finura por peneiramento – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1991. p.3.
- [12] \_\_\_\_\_. **NBR NM 76**: Cimento Portland – Determinação da finura através do permeabilímetro de Blaine. Rio de Janeiro, ABNT, 1998. p.12.
- [13] \_\_\_\_\_. **NBR 11582**: Cimento Portland – Determinação da expansibilidade de Le Chatelier - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1991. p.2.
- [14] \_\_\_\_\_. **NBR NM 26**: Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, ABNT, 2001.p.10.
- [15] \_\_\_\_\_. **NBR NM 27**: Agregados – Redução de amostra de campo para ensaio de laboratório. Rio de Janeiro, ABNT, 2001. p.7.
- [16] \_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados: determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2003. p.3.
- [17] \_\_\_\_\_. **NBR NM 52**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2003. p.3.
- [18] \_\_\_\_\_. **NBR NM 46**: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira de 75 µm por lavagem. Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2003. p.6.
- [19] \_\_\_\_\_. **NBR 7251**: Agregado no estado solto – Determinação da massa unitária – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982. p.3.
- [20] \_\_\_\_\_. **NBR 7218**: Agregados: determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1987. p.2.
- [21] \_\_\_\_\_. **NBR NM 49**: Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, ABNT, 2001. p.3.
- [22] \_\_\_\_\_. **NBR 10908**: Aditivo para argamassa e concreto – Ensaio de uniformidade. Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1986. p.7.
- [23] \_\_\_\_\_. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, ABNT, 2003. p.6.
- [24] PETRUCCI, E.G.R. **Concreto de Cimento Portland**. Porto Alegre: Editora Globo, 1971. p.269.
- [25] \_\_\_\_\_. **NBR NM 67**: Concreto. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, ABNT, 1998. p.8.
- [26] SILVA F. G. da. **Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Interunidades em Ciência e Engenharia dos Materiais da Universidade de São Paulo. São Carlos. 2006
- [27] \_\_\_\_\_. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1994. p.4.