



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 12 – Ano VI – 10/2017
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

COMPARATIVO DO CONCRETO CONVENCIONAL COM O CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL

João Eduardo Versiani Sathler
Discente de Engenharia Civil da UFVJM
E-mail: joaoeduardo2707@gmail.com

Letícia Mendonça dos Santos
Discente de Engenharia Civil da UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/5693083449928172>
E-mail: lele1mendonca@hotmail.com

Prof. Flávio Alchaar Barbosa
Docente da Graduação em Engenharia Civil da UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/9858947128361168>
E-mail: flavio.alchaar@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. Stênio Cavalier Cabral
Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais – Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro - RJ – Brasil
Docente da Graduação em Engenharia Civil da UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/2452889693767673>
E-mail: stenio.cavalier@ufvjm.edu.br

Resumo: No mundo, a tecnologia vem se desenvolvendo para produzir cada vez mais produtos que sejam mais eficientes, práticos e econômicos. O objetivo deste artigo é estudar as características do concreto auto-adensável (CAA) e compará-las ao do concreto convencional (CCV). Foram coletadas informações sobre o concreto auto-adensável na literatura. Realizados testes práticos a fim de provar que CAA é uma opção mais eficiente e prática comparado ao CCV. Nos corpos de prova, foram utilizados dois traços com a única diferença da adição de um aditivo

superplastificante ao traço do concreto auto-adensável. Na compactação das amostras, um dos concretos convencionais foi bastante compactado a fim de se obter uma menor quantidade de espaço vazios, se aproximando mais ao concreto auto-adensável que adquire essa propriedade sem a necessidade de vibração. Os corpos de prova do concreto auto-adensável, possuíam maior resistência à compressão e melhor trabalhabilidade comparados aos do concreto convencional. Considerando essas vantagens apresentadas é importante que o conhecimento sobre esse material seja mais divulgado e seu uso intensificado.

Palavras-chaves: Concreto Auto-Adensável, Concreto Convencional, Resistência, Trabalhabilidade.

INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, com o passar do tempo houve uma necessidade em aperfeiçoá-lo corrigindo suas imperfeições e melhorando sua resistência, entre vários desses materiais há o concreto com a adição de aglomerantes, que reduz água na mistura utilizando o superplastificante e assim tornando-o menos poroso.

O presente artigo estuda o concreto auto-adensável, que se diferencia do concreto convencional pela presença de dois novos materiais em sua composição, os quais são materiais finos e aditivos. Sendo ambos essenciais para sua formação, já que os finos dão a mistura, coesão e resistência à segregação, ocupando espaços que ficariam vagos, já os aditivos, modificam quimicamente, diminuindo a quantidade de água necessária à pasta e posteriormente, dando durabilidade e resistência ao concreto (OKAMURA, 1997).

A presença de aditivo lhe garante alta fluidez, resistência à segregação, e capacidade passante fazendo com que esse possa se adensar sem a presença de vibração, somente pelo seu próprio peso, sendo o único responsável, a ação da gravidade (OKAMURA, 1997).

Mesmo diante de várias vantagens já conhecidas deste, ele ainda é pouco utilizado, o que pode ser atribuído à falta de conhecimento do CAA na indústria da construção. Segundo Coutinho (2011), a utilização do CAA no Brasil ainda é muito pequena, mesmo nas empresas de pré-fabricação. Poucas empresas o utilizam (em São Paulo, Paraná, Santa Catarina), sendo que em algumas dessas, o CAA é usado apenas na fabricação de algumas peças.

Por conseguinte, se faz necessário a realização de novos estudos, visando a inserção do CAA no mercado da construção civil, tendo em vista todos os benefícios que este tem a oferecer.

O presente artigo tem por objetivo estudar as características de um concreto auto-adensável e compará-las com o concreto convencional, onde tais informações serão obtidas através de pesquisas e estudos tanto na literatura como em laboratório, de forma estratégica, estudando também as melhores formas de se obter o concreto auto-adensável, testando materiais, tecnologia de fabricação e comparando a resistência entre eles.

Por se tratar de algo relativamente novo, muitas empresas têm certo receio em utilizar o concreto auto-adensável em suas obras, a falta de estudos sobre o tema e a dificuldade em se obter um traço ideal, faz com que deem preferência para o concreto convencional.

A realização deste estudo é de grande importância para ampliar o conhecimento na área de novos concretos, e podendo assim aumentar a visibilidade deste no mercado. Nesse contexto, este artigo apresenta uma contribuição ao estudo teórico e prático das propriedades do concreto auto-adensável.

CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL

O concreto simples é um material compósito obtido pela mistura, e dosagem conveniente, de agregados graúdos – pedra britada ou seixos rolados, agregados miúdos – areia natural ou artificial obtida pela moagem de agregados graúdos, cimento (aglomerante hidráulico) e água (GIONDO, 2007).

Já o concreto auto-adensável (CAA) tem como característica a capacidade de preencher uniformemente os espaços vazios no interior das formas sob ação do seu próprio peso e da sua capacidade de fluxo. A habilidade de se auto-adensar é alcançada com o equilíbrio entre alta fluidez, obtida através de aditivos superplastificantes de última geração, e moderada viscosidade e coesão entre as partículas do concreto fresco, conseguida com incremento de adição mineral de granulometria fina (LISBÔA, 2004).

História

Billberg (1999) cita o Japão como o País pioneiro no estudo de métodos científicos do CAA. Por se tratar de um país bastante afetado por abalos sísmicos, as estruturas precisam ser bem armadas, e na década de 80 era difícil obter um concreto de qualidade, pelo fato de existir pouca mão de obra qualificada e uma carência em equipamentos adequados. Havia a necessidade de um concreto mais fluido, capaz de penetrar nas armaduras mais facilmente, reduzindo a mão-de-obra e aumentando a qualidade global do produto.

Foi desenvolvido então, pelo professor Okamura, da Universidade de Tóquio, o concreto auto-adensável, e o primeiro protótipo utilizado em 1988. Logo em seguida se estendendo para a Suécia e vários outros Países da Europa. Atualmente, tendo se estendido pelo Mundo inteiro, inclusive no Brasil.

Propriedades e características do CAA

Desnerck (2012) *apud* Calado (2015), em Properties of fresh self-compacting concrete mixes, considera três determinantes propriedades do concreto auto-adensável fresco: capacidade de enchimento; capacidade de passagem; resistência à segregação. Para um bom CAA é necessário nível adequado de atendimento das três propriedades em conjunto. A habilidade de enchimento leva à capacidade da mistura fresca fluir sob seu próprio peso e preencher completamente todos os espaços da forma. A capacidade de enchimento deve ser alta o suficiente para permitir que o ar escape e contribua para obtenção de concreto adequadamente compacto. A capacidade de passagem mede o quanto bem o CAA fresco fluirá através de espaços confinados e com restrições, aberturas estreitas e entre as armaduras de reforço do concreto. Os agregados grossos podem representar risco de obstrução do fluxo. Assim, ligando-se com a capacidade de enchimento, os agregados grossos podem se rearranjar nas suas posições e o fluxo ter continuidade. A resistência à segregação é a capacidade da mistura fresca para manter a distribuição original, a uniformidade, dos materiais constituintes durante o transporte, colocação e adensamento. A resistência à segregação está relacionada à viscosidade plástica e densidade da pasta, estando ligada a dois princípios: sólido

denso dentro de um líquido tende a afundar e o concreto auto-adensável líquido viscoso flui com dificuldade ao redor de um sólido. Assim, baixa viscosidade em combinação com agregados densos conduzirão a maiores riscos de segregação.

A obtenção de um concreto com as propriedades exigidas só era possível com alto consumo de cimento, o que refletia em um custo bastante elevado, sendo seu uso restrito a obras especiais. A introdução de aditivos superplastificantes à mistura permitiu a obtenção de um material mais fluido, de alta resistência, sem consumos excessivos de cimento. No entanto, a fluidez esperada só era obtida com redução da resistência à segregação e à exsudação da mistura (NUNES, 2001).

Além disto, o CAA demanda uma elevada quantidade de finos em sua composição, isso tem incentivado o uso de resíduos industriais como adições minerais, cooperando assim para a diminuição do impacto ambiental. Neste contexto, o concreto auto-adensável (CAA) demonstra ser um material com excelentes qualidades para o desenvolvimento tecnológico ambiental do concreto (LISBOA, 2004).

Concreto convencional x Concreto auto-adensável

O CAA no estado fresco é muito mais sensível às variações de qualidade e uniformidade dos constituintes que o compõem. Em virtude dessa maior sensibilidade, uma proporção precisa dos materiais constituintes é essencial para se obter um CAA com sucesso (GOODIER, 2003).

A passagem de concreto convencional para concreto auto-adensável altera os materiais constituintes de quatro componentes (cimento, areia, brita e água) para seis componentes (TUTIKIAN, 2004).

Assim, um concreto auto adensável é constituído pelos materiais conforme se segue:

- Cimento;
- Filers (pozolânicos e/ou não-pozolânicos);
- Areia;
- Brita;
- Água;

- Aditivos (os mais importantes são os superplastificantes e os modificadores de viscosidade) (TUTIKIAN, 2004).

Considerando que o CAA e o concreto convencional contenham os mesmos componentes, são verificadas divergências no comportamento reológico do CAA em relação ao concreto convencional, e suas propriedades no estado fresco, que asseguram a sua alta resistência à segregação e deformabilidade. Entretanto, essas características são alcançadas pelo uso de aditivos, minerais e químicos, diferentemente dos concretos convencionais. Na produção do CAA é indispensável a presença de aditivos, tais como: aditivos minerais, como a sílica ativa, a cinza volante, a escória de alto-forno, as pozolanas, a cinza da casca-de-arroz, o resíduo de serragem de mármore e granito, dentre outros; e aditivos químicos, como os superplastificantes e modificadores de viscosidade (CAVALCANTI, 2006).

Verificando as diferenças existentes entre as propriedades frescas do CAA e dos concretos convencionais, é importante verificar quais as modificações que essas diferenças irão causar nas propriedades do concreto no seu estado endurecido, no seu controle tecnológico e no estudo de evolução destas propriedades, como: resistência à compressão, resistência à tração, resistência à fadiga, módulo de deformação longitudinal, retração, fluência, ductilidade, tenacidade, aderência, dentre outros (CAVALCANTI, 2006).

A grande diferença do CCV para o CAA, além da concepção de ambos, é que o primeiro está envolvido, durante o processo de concretagem, por fatores que podem comprometer a sua qualidade como produto final, dos quais se destaca o seu adensamento ou compactação (MANUEL, 2005).

Ainda é um desafio para a indústria de construção um concreto que não deva ser vibrado (CORINALDESI e MORICONI, 2004), sendo que todas estas propriedades devem ser observadas para que se possa dosar um CAA adequado, sem descuidar de outros requisitos como suas propriedades no estado endurecido.

O método de compactação do concreto utilizado para fins estruturais na construção civil é vista como um passo essencial. Essa etapa confere ao material uma estrutura com menos vazios e mais uniforme, garantindo ao elemento estrutural uma maior durabilidade e resistência. (MELO, 2005 *apud* NUNES, 2001).

Mesmo com o desenvolvimento das técnicas de compactação do concreto nos últimos anos, a execução é bastante complexa quando a estrutura apresenta dificuldade de acesso, elevada taxa de armadura e com formas variadas. Com isso, as técnicas de compactação eficazes e mão-de-obra qualificada são condições fundamentais para se obter as propriedades almejadas no estado endurecido do concreto estrutural (MELO, 2005 *apud* NUNES, 2001).

O processo de vibração do concreto convencional provoca atrasos e custos adicionais, além de ser uma fonte de sérios problemas de saúde para os operários das obras e para os habitantes de zonas adjacentes aos canteiros de obras (NUNES, 2001).

Neste contexto, o CAA envolve um novo processo de produção e lançamento de concreto, cuja principal característica está na eliminação da vibração (ou sua forma de lançamento e acabamento), de forma a reduzir o custo global do processo de concretagem e aumentar a qualidade do produto final (NUNES, 2001).

Principais Indicações de uso do CAA

O CAA é principalmente indicado para uso em estruturas do tipo: Fundações executadas por hélice contínua; paredes, vigas e colunas; paredes diafragma; estações; reservatórios de água e piscinas; pisos, contrapisos, lajes, pilares, muros, painéis; obras com acabamento em concreto aparente; obras de concreto em locais de difícil acesso; em peças pequenas, com muitos detalhes ou com formatos não convencionais, onde seja difícil a utilização de vibradores e em formas de peças com grande concentração de ferragens (LISBOA, 2004 *apud* CAMARGOS, 2002).

O CAA também vem sendo empregado com frequência em peças pré-moldadas, especialmente nas estruturas com elevada taxa de armadura, onde o concreto convencional encontra resistência em ocupar os vazios (LISBOA, 2004).

Vantagens

Além das vantagens descritas anteriormente, o CAA também é capaz de oferecer ao cliente um produto final mais homogêneo, com superior acabamento e menos defeitos. Outra vantagem é que menos mão-de-obra é necessária para que o

CAA seja lançado. À medida que a falta mão-de-obra qualificada no canteiro de obra continua crescendo no Reino Unido e em muitos outros países, essa é uma vantagem do material que se tornará cada vez mais importante (GOODIER, 2003).

A grande vantagem do CAA é a garantia de que um concreto bem dosado, que atende às especificações de projeto e características no estado fresco com lançamento e cura adequados, vai propiciar um produto final endurecido com qualidade, ao contrário do concreto convencional cujo produto final depende largamente do processo de adensamento ou compactação (MANUEL, 2005).

O lançamento do concreto é a atividade do processo de produção de estruturas que mais muda quando se usa o CAA. Uma vez no ponto de aplicação, a operação final de colocação e lançamento do CAA requer muito menos habilidade ou mão-de-obra para se obter um produto (concreto) final uniforme e denso, comparado com o concreto tradicional. Sendo a vibração desnecessária, o barulho e o risco de desenvolver problemas devido ao uso de equipamentos são reduzidos (MANUEL, 2005).

A maioria das matérias para produzir CCV pode ser usada na produção de CAA, apesar de haver diferenças significativas na obtenção do CAA comparado com a produção de CCV (MANUEL, 2005).

Apesar do preço do m³ do CAA ser maior do que o do concreto vibrado, este concreto permite ganhos que podem reduzir o custo final da obra, uma vez que o custo de aplicação do CAA é menor, já que há uma maior rapidez na execução da obra e diminuição da mão-de-obra, além do fato de que o concreto auto-adensável permite a redução de custos não mensuráveis, como menor índice de acidentes de trabalho e afastamento de trabalhadores, graças às melhores condições de trabalho no canteiro. Os ganhos para o meio-ambiente também são importantes, como a diminuição na poluição sonora no entorno das obras, o reaproveitamento de finos que seriam descartados na natureza, além da economia de energia elétrica decorrente da eliminação dos vibradores (COUTINHO, 2011).

Aplicação do CAA

São encontradas diversas aplicações do uso do CAA, que começaram a surgir no Japão, país de origem, e rapidamente se espalharam pelo mundo.

Na construção da ponte Akashi Kaikyo, localizada no Japão, utilizou-se 500.000 m³ de concreto auto-adensável para a execução de seus dois blocos de ancoragem. Através do uso do CAA, obteve-se uma redução no tempo da obra em aproximadamente três meses.

Também no Japão, o CAA foi muito aplicado em várias construções de túneis, como exemplo, na cidade de Yokohama, destaca-se um túnel de um quilômetro de extensão e diâmetro de três metros. Nessa obra, foi empregado duas camadas de aço protendido, onde foi adicionado 40 m³ de concreto (TAKEUCHI *et. al.*, 1994 *apud* GOMES, 2002).

Ainda no Japão, na cidade Ozaka, é possível observar o uso do CAA na construção de grandes tanques para gases liquefeitos. O fíler calcário foi empregado como agregado miúdo e limitou-se o diâmetro do agregado graúdo em 20 mm. O espalhamento ficou em cerca de 65 cm. Através da aplicação do CAA, obteve-se uma diminuição em quatro meses no tempo estimado para realização da obra, e também uma redução na quantidade de trabalhadores de 150 para 50 funcionários (PETERSON e RILEM, 2000).

As primeiras pontes construídas com sua estrutura inteiramente produzida com CAA fora do Japão foi na Suécia. Foram construídas três pontes, sendo a primeira delas concluída no ano de 1998. (BILLBERG, 1999).

No Chile, foi empregado o uso do CAA na construção de um túnel de cerca de 6.000 metros de comprimento e diâmetros variados, a uma profundidade de 9 metros. Foi utilizado um *fck* de projeto de 30 MPa, relação água cimento inferior a 0,55 e um consumo de cimento inferior a 320 kg/m³ de concreto (SCIARAFFIA, 2003 *apud* CAVALCANTI, 2006).

Na cidade de Illinois nos Estados Unidos, foi desenvolvido pela Universidade local um projeto de uma parede densamente armada em forma de “L” que seria indestrutível para simulação de diversos terremotos (Figura 1). A estrutura consistia em vários tubos horizontais e estes não poderiam se mover, portanto, o uso da vibração do concreto foi descartado. Então utilizou-se o CAA e depois da desfôrma, verificou-se que a parede não necessitava de reparos e que os tubos não haviam sido danificados. (TUTIKIAN e DAL MOLIN, 2008 *apud* GRACE, 2005).

Figura 1 – Parede para simulações de terremotos



Fonte: TUTIKIAN & DAL MOLIN (2008) *apud* GRACE (2005)

A Revista *Techne* (2008), coloca em evidência algumas aplicações do CAA no Brasil.

Em São Paulo, foi observado que o tempo de lançamento do concreto caiu pela metade empregando o mesmo número de funcionários, na construção do Residencial Pateo São Paulo. O mesmo foi observado na ampliação do Shopping Flamboyant, em Goiânia. Em outro emprego do CAA na cidade de São Paulo, foram utilizadas, em uma laje de 8.000 m³ do Metrô (Figura 2), 600 m³ nas áreas de engaste da laje com as paredes dos poços.

Figura 2 – Laje do metrô de São Paulo



Fonte: TECHNE (2008)

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção de um CAA de qualidade é necessário a utilização de materiais característicos adequados à sua produção, estes devem possuir algumas propriedades específicas em certos aspectos que deverão ser levadas em consideração, já que a qualidade do produto final dependerá da qualidade dos insumos e sua correta aplicação (CALADO, 2015).

Abaixo são listados os materiais utilizados e os procedimentos realizados para a produção do CAA, tais como: os métodos de ensaios utilizados para determinação e análises das propriedades do CAA no estado fresco, assim como as propriedades no estado endurecido.

A confecção dos concretos, moldagem dos corpos de prova e testes, foram executados na Concreteira da cidade de Teófilo Otoni. Os materiais utilizados para a produção do CAA foram: cimento, areia, brita, aditivo superplastificante e água. Para a produção do concreto convencional foram utilizados: cimento, areia, brita e água. A seguir, são apresentadas as características dos materiais empregados.

Cimento Portland

Para a produção das amostras do CCV e do CAA foi utilizado o Cimento Portland Composto Pozolânico CP-III 40 RS da Intercement.

Agregados Graúdos

O agregado graúdo utilizado para a confecção dos corpos de prova foram pedras britadas de rocha gnaisse, de duas granulometrias, a brita 0 (Figura 3), e a brita 1 (Figura 4).

Figura 3 – Brita 0



Figura 4 – Brita 1



Agregados Miúdos

Nos testes realizados pelo presente artigo foi utilizado a areia artificial, proveniente da cominuição de rochas gnaisse (Figura 5), em duas granulometrias diferentes, a areia média (Figura 6), e a areia fina (Figura 7). Na Figura 8 e 9 são apresentadas as granulometrias dos agregados miúdos.

Figura 5 – Areia artificial



Figura 6 – Areia média



Figura 7 – Areia fina



Figura 8 – Granulometria do agregado miúdo, areia artificial fina

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS MIÚDOS - NBR 7211								
TIPO E PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS								
AGREGADO MIÚDO 01:		AREIA ARTIFICIAL - FINA						
AGREGADO MIÚDO 02:		AREIA ARTIFICIAL						
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MATERIAIS								
DATA DO ENSAIO 13/03/2017	% de Agregado Miúdo Total			Massa inicial	Massa final			
	Agregado Miúdo 01			100%	899,00	891,00		
	Agregado Miúdo 02			0%		0,00		
Peneiras (mm)	Agregado Miúdo 01			Agregado Miúdo 02			Agregado Miúdo Total	
	massa	% Retida	% Acum	massa	% Retida	% Acum	% Retida	% Acum
9,5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0
6,3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0
4,8	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0
2,4	3,0	0,3	0	0,0	0,0	0	0,3	0
1,2	7,0	0,8	1	0,0	0,0	0	0,8	1
0,6	59,0	6,6	8	0,0	0,0	0	6,6	8
0,3	194,0	21,8	30	0,0	0,0	0	21,8	30
0,15	394,0	44,2	74	0,0	0,0	0	44,2	74
Fundo	234,0	26,3	100	0,0	0,0	0	26,3	100
Dim. Máx.	1,2 mm						1,2 mm	
M. Finura	1,12			0,00			1,12	

Figura 9 – Granulometria do agregado miúdo, areia artificial média

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS MIÚDOS - NBR 7211								
TIPO E PROCEDÊNCIA DOS MATERIAIS								
AGREGADO MIUDO 01:		AREIA ARTIFICIAL - MÉDIA						
AGREGADO MIUDO 02:		AREIA ARTIFICIAL						
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MATERIAIS								
DATA DO ENSAIO 13/03/2017	% de Agregado Miúdo Total			Massa inicial	Massa final			
	Agregado Miúdo 01			100%	1000,00	1000,00		
	Agregado Miúdo 02			0%		0,00		
Peneiras (mm)	Agregado Miúdo 01			Agregado Miúdo 02			Agregado Miúdo Total	
	massa	% Retida	% Acum	massa	% Retida	% Acum	% Retida	% Acum
9,5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0
6,3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0
4,8	3,0	0,3	0	0,0	0,0	0	0,3	0
2,4	56,0	5,6	6	0,0	0,0	0	5,6	6
1,2	204,0	20,4	26	0,0	0,0	0	20,4	26
0,6	323,0	32,3	59	0,0	0,0	0	32,3	59
0,3	204,0	20,4	79	0,0	0,0	0	20,4	79
0,15	111,0	11,1	90	0,0	0,0	0	11,1	90
Fundo	99,0	9,9	100	0,0	0,0	0	9,9	100
Dim. Máx.		4,8 mm					4,8 mm	
M. Finura		2,60			0,00		2,60	

Aditivo

O aditivo utilizado foi o superplastificante Policarboxilato cedido pela empresa MC-Bauchemie. A Tabela 1 abaixo apresenta as propriedades do aditivo utilizado, obtidas através de consulta ao manual do fabricante.

Tabela 1 – Propriedades do aditivo superplastificante

Característica	Unidade	Valor
Densidade	g/cm^3	1,18
Dosagem	%	0,2 a 1,0

Água

Para a produção do concreto foi utilizada água potável proveniente de poços artesianos existentes na Concreteira Mix Mattar, cujas características atendem a NBR 6118 (ABNT, 1980). A relação água/cimento (a/c) considerada para as pastas,

argamassas e concretos foi de 0,5. A relação a/c se enquadra nas faixas de intervalos propostas para concreto convencional.

Máquinas

A betoneira foi utilizada para mistura dos materiais obtendo uma massa homogênea e com melhor aproveitamento (Figura 10). A Máquina de Compressão Uniaxial foi utilizada na realização dos testes de resistência de compressão dos corpos de prova de dimensão 10 cm x 20 cm (Figura 11). A Retífica Faceadora de Corpo de Prova foi usada para aparar as faces dos corpos de prova para serem usados na Máquina de Compressão Uniaxial (Figura 12), que possui capacidade de carga máxima de 0-1000kN.

Figura 10 – Betoneira utilizada para mistura dos materiais



Figura 11 – Máquina de Compressão Uniaxial



Figura 12 – Retífica Faceadora de corpo de prova



Traço do Concreto

O traço utilizado para confecção de ambos concretos estudados neste artigo, CAA e CCV, foi o mesmo, com exceção do aditivo (Tabela 2).

Tabela 2 – Traços utilizados

Traço	Cimento	Areia Fina	Areia Média	Brita 0	Brita 1	Água	Aditivo
CCV	1	0,726	1,303	1,579	0,921	0,495	---
CAA	1	0,726	1,303	1,579	0,921	0,495	0,02

Foram necessários 25 de CCV e 25 de CAA para produzir os corpos de prova do estudo. Para atingir esse volume, foi preciso 9,5 kg de cimento, 6,9 kg de areia fina, 12,38 kg de areia média, 15 kg de brita 0, 8,75 kg de brita 1, 4,7 kg de água e 0,190 kg de aditivo superplastificante para o traço de concreto auto-adensável (Figura 13).

Figura 13 – Aditivo superplastificante



Com uma ressalva para o peso das areias, como estas se encontravam úmidas, foi medido então a sua umidade em 7,5%, o que alterou o peso real usado da areia e da água. Os pesos reais utilizados foram de 7,42 kg de areia fina, 13,31 kg de areia média e 3,254 kg de água.

Os demais materiais utilizados estão listados abaixo:

- Carrinho de mão:
Usado para transporte dos agregados graúdos e miúdos;
- Pá:
Coleta dos agregados e cimento;
- Balança:
Usada para determinar o peso dos materiais utilizados em cada traço;
- Recipiente graduado:
Medição dos componentes líquidos, água e aditivo.
- Recipiente não graduado:
Alocação dos constituintes sólidos para pesagem na balança;
- Forma para corpos de prova 10x20cm:
Usadas para moldar os corpos de prova;
- Caixa d'água:
Conservação dos corpos de prova em água;
- Molde metálico tronco-cônico (Cone de Abram);
- Complemento tronco-cônico de enchimento;
- Placa metálica de base 500 x 500 x 3 mm;
- Haste metálica de socamento;
- Trena;
- Concha metálica;
- Colher de pedreiro:
Usados para realização do Slump test.

Métodos

Para confecção dos corpos de prova de concreto auto adensável, utilizou-se a metodologia de dosagem proposto por Okamura.

A ordem de colocação dos constituintes da mistura para confecção dos concretos na betoneira, foi a seguinte:

1. 100% da areia média;
2. 100% da areia fina;
3. 60% da água;
4. 100% do cimento;
5. 100% da brita 0;
6. 100% da brita 1;
7. 40% da água;

e, para o concreto auto-adensável foi adicionado ao final, 100% do aditivo superplastificante.

A preparação do concreto convencional segue as determinações propostas pela NBR 12655 (ABNT, 2006). Já o concreto auto adensável, foram utilizadas as determinações da NBR 15823 (ABNT, 2010).

Após um tempo médio na betoneira (Figura 14), foi retirada uma parcela da mistura total, para realização do Slump Teste, seguindo o estabelecido pela NBR NM 67 (ABNT, 1998):

Figura 14 – Concreto sendo processado



Primeiramente, o local para realização do teste foi nivelado com areia e por cima colocada a placa metálica úmida (Figura 15). Durante o preenchimento do molde metálico tronco-cônico, com o concreto de ensaio, um membro posicionou-se com os pés sobre suas aletas, de forma a mantê-lo estável (Figura 16). O Molde foi preenchido rapidamente com o concreto coletado (Figura 17), em três camadas, cada uma compactada por 25 golpes com a haste de socamento (Figura 18). Após essa etapa de preenchimento, o molde de tronco-cônico foi levantado lentamente, até sua completa retirada (Figura 19 e 20). Por fim, fez-se a medição do abatimento do concreto (Figura 21 e 22). A Tabela 3 apresenta os resultados do abatimento obtido para os dois traços do concreto:

Figura 15 – Placa nivelada



Figura 16 – Cone estável



Figura 17 – Preenchimento do cone de Abrams



Figura 18 – Socamento do concreto convencional



Figura 19 – Retirada do cone - concreto convencional



Figura 20 – Retirada do cone - concreto auto-adensável



Figura 21 – Abatimento do concreto convencional



Figura 22 – Abatimento do concreto auto adensável



Tabela 3 – Abatimento dos concretos executados

Traço	Abatimento (mm)
CAA	235
CCV	10

Realizado o Slump Test, deu-se início ao processo de confecção dos corpos de prova.

A NBR 5738 (ABNT, 2003) estabelece a forma de moldagem dos corpos de prova para concreto convencional, determinando para corpos de prova de 100mm de diâmetro um total de duas camadas e 12 golpes manuais, por camada. Para o presente artigo foram moldados corpos de prova de acordo com o estabelecido por tal norma e outros utilizando 3 camadas, e cerca de 20 golpes. Essa mudança foi feita, para obtermos um concreto adensado da melhor maneira possível, diminuindo os espaços vazios, podendo assim ter um concreto convencional que pudesse ser comparado ao concreto auto-adensável, que não necessita de nenhum golpeamento.

Para moldagem dos corpos de prova de concreto auto-adensável, foram feitas duas camadas, onde este se ajustou pela ação do seu próprio peso.

Após a moldagem houve um período de secagem de 24h (Figura 23). Passado esse tempo os corpos de prova foram desenformados e mantidos em câmara úmida até a idade de cada ensaio (Figura 24).

Figura 23 – Secagem



Figura 24 – Câmara úmida



Para verificação do efeito da adição do superplastificante na resistência à compressão os corpos de prova passaram por processo de retificação, para que fosse possível o rompimento na Máquina de Compressão Uniaxial (Figura 25), possibilitando assim, a comparação entre os valores obtidos. As resistências foram analisadas nas idades de 7, 14 e 28 dias, de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), possibilitando a avaliação do comportamento mecânico dos concretos moldados.

Figura 25 – Rompimento



Para cada idade de ensaio, foram confeccionados cinco corpos de prova para concreto auto-adensável e convencional muito adensado e, cinco para o concreto convencional adensado conforme estabelecido pela NBR 5378 (ABNT, 2003).

Todos os materiais e equipamentos utilizados, com exceção do aditivo superplastificante, foram cedidos pela Concreteira da cidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na realização deste artigo, se utilizou dois métodos para a execução dos corpos de prova, o método de Okamura para o concreto auto adensável e o método para concreto convencional. Dessa forma foi possível a análise das diferenças entre eles, desde o estado fresco ao endurecido.

Para a obtenção de melhores resultados, é de extrema importância à escolha de bons materiais, os resultados aqui apresentados são de uma segunda tentativa, visto que com o primeiro aditivo testado não se obteve resultados satisfatórios.

Foram trabalhados dois traços que se diferenciam somente pela presença do aditivo no concreto auto-adensável, mas ao compará-lo com os concretos convencionais normalmente usados na construção civil se observa que o CAA

possui um fator a/c menor, o que lhe garante uma maior resistência. O CCV obtido com esse traço tem um aspecto consistente (farofa), mas ao ser adicionado o aditivo esse adquire uma fluidez que lhe garante uma alta trabalhabilidade.

Efetivamente verificou-se que as maiores diferenças entre CAA e CCV são evidenciadas na fase fresca do concreto. E esse deve manter sua capacidade de escoamento por todo o processo de aplicação para garantir suas propriedades de auto-adensabilidade e manter sua alta trabalhabilidade.

Essa trabalhabilidade é evidenciada na sua aplicação, uma comprovação dessa trabalhabilidade foi verificada na construção de um edifício em Teófilo Otoni o qual se previa dois meses para aplicação do concreto convencional e ao utilizar o concreto auto-adensável esse tempo foi reduzido para 10 dias, reduzindo a mão de obra, refletindo diretamente na redução de custos, mesmo sendo necessária uma mão de obra mais qualificada.

Ao final dos testes, obteve-se as resistências apresentadas nas Tabelas 4, 5 e 6 abaixo, em que se pôde verificar uma diferença nas resistências dos concretos convencionais diretamente proporcionais a quantidade de vibração exercida em cada corpo de prova. Quanto mais golpes se dava, o concreto era mais prensado, diminuindo a quantidade de espaço vazios se aproximando mais ao concreto auto-adensável que adquire essa propriedade sem a necessidade de vibração, apenas pela ação do aditivo.

Tabela 4 – Resistência à compressão do Concreto Convencional adensado em 2 camadas e 12 golpes

		CCV – 2 camadas/ 12 golpes		
Resistência à	Amostra	7 dias	14 dias	28 dias
Compressão (MPa)	I	23,73	26,89	32,56
	II	22,84	27,64	31,87
	III	24,17	25,93	33,18
Valor Médio (MPa):		23,58	26,82	32,54

Tabela 5 – Resistência à compressão do Concreto Convencional adensado em 3 camadas e 20 golpes

CCV – 3 camadas/ 20 golpes				
	Amostra	7 dias	14 dias	28 dias
Resistência à Compressão (MPa)	I	30,81	34,67	36,46
	II	33,54	33,71	37,80
	III	31,39	32,62	35,94
	IV	32,39	36,32	38,34
	V	31,07	33,98	37,48
Valor Médio (MPa):		31,84	34,26	37,20

Tabela 6 – Resistência à compressão do concreto auto-adensável

CAA				
	Amostra	7 dias	14 dias	28 dias
Resistência à Compressão (MPa)	I	32,69	36,56	39,31
	II	35,58	34,58	38,00
	III	33,43	36,64	38,05
	IV	32,54	35,78	39,02
	V	34,12	34,98	37,87
Valor Médio (MPa):		33,67	35,71	38,45

Analisando os resultados apresentados nas Tabelas, ao comparar o valor médio da resistência do CAA com o CCV adensado em duas camadas e 12 golpes se obteve uma diferença no valor médio da resistência aos 28 dias de 18,18%, confirmando a eficiência do aditivo no traço. Ao comparar o CAA com o CCV que foi adensado em 3 camadas e 20 golpes essa diferença de resistência aos 28 dias foi de 3,35%, mostrando que mesmo com um adensamento melhor do concreto convencional, o que lhe aproximou mais ao concreto auto-adensável, o aditivo ainda garante superioridade ao concreto, além de proporcionar uma melhor trabalhabilidade.

CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos pelo teste de compressão uniaxial é possível observar que os valores médios de resistência do concreto auto-adensável são superiores aos valores médios de resistência do concreto convencional. Com base nesses valores é possível concluir que além das vantagens na aplicação são obtidas vantagens nas propriedades mecânicas do concreto, com a adição do superplastificante. Estes benefícios agem diretamente na viabilidade da utilização do concreto auto-adensável em relação ao convencional, onde além da diminuição dos custos há uma otimização do tempo de aplicação.

É importante salientar que as análises e resultados apresentados neste artigo ainda são restritos, quando comparados ao grau de complexidade do tema. Seriam necessárias análises estatísticas, com grande quantidade de amostras, para que o resultado apresentasse maior confiabilidade. No entanto, pode-se dizer que tal estudo é de fundamental importância para mostrar que a presença de aditivos no concreto influencia a resistência apresentada pelos mesmos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto armado.** Rio de Janeiro, ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12654: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13530 Revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânicas.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto.** Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central.** Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência, massa específica e consistência.** ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823: Concreto auto-adensável.** Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado.** Notas de Aula, Bauru, São Paulo, 2006.

BAUER, E. SOUSA, J. G. G. **Materiais constituintes e suas funções – cap. 02.** In: BAUER, Elton (Editor). Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades. Brasília. LEM-UnB. Sinduscon. 2005. p.25-36.

BILLBERG, P. (1999) **Self-Compacting Concrete for Civil Engineering Structures – The Swedish Experience**. In: S. C. C. R. I. 1-77. Stockholm.

CALADO, C. F. A. et al. **Concreto auto-adensável (CAA), mais do que alternativa ao concreto convencional (CC)**. Recife: Edupe, 2015.

CALADO, C. F. A. et al. **Concreto auto-adensável: alternativa ao concreto convencional em climas quentes**. Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2015.

CAMARGOS, U. A. (2002) **Concreto Auto-Adensável e Autonivelante**. Técnica, São Paulo, n. 59, p. 04-05, fevereiro 2002.

CAVALCANTI, D. J. H. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto auto-adensável visando sua aplicação em elementos estruturais**. Maceió, 2006. 141 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Alagoas.

CORINALDESI, V. & MORICONI, G. **Durable fiberre in forced self-compacting concrete**. Cementand Concrete research 34(249-254), 2004.

COUTINHO, B. S. **Propriedades e comportamento estrutural do concreto auto-adensável**. 2011. 240 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

CRUZ, D. F. M.; LAMEIRAS, R. M. (2003) **Estudo das propriedades mecânicas de argamassas produzidas utilizando-se resíduo do corte de mármore e granito**. In: Vi Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações. Ibracon – 2003.

DACZKO, J. A. CONSTANTINER, D. **Rheodynamic concrete**. Ibracon: 43º Congresso Brasileiro do Concreto. 2001.

DACZKO, J. A. **Stability of self-consolidating concrete, assumed or ensured?** Conference Proceedings: First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete. Master Builders, Inc., Cleveland, Ohio: 2002.

EFNARC. **Specificacion and Guidelines for Self-Compacting Concrete**. EFNARC, 2002.

EN 1008 Água para concreto.

EN 12620 Agregados para concreto.

EN 934-2 Definições e exigências para aditivos de concreto.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto reforçado com fibras**. Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

FREIRE, Alexandre Sayeg; MOTTA, José Francisco M. **Potencialidades para o aproveitamento econômico do rejeito da serragem do granito**. Revista Rochas de Qualidade. São Paulo. Ano XXV. Edição 123, p.98-108, julh/ago. 1995.

GOMES, P. C. C. (2002) **Optimization and Characterization of High-Strength Self-Compacting Concrete**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona

GONÇALVES, J. P. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. Porto Alegre, 2000. 135 p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GOODIER, C.I. **Development of self-compacting concrete**. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Structures & Buildings 156. November, 2003 Issue SB4, pages 405-414. Paper 13118.

GRUNEWALD, Steffen. **Performance-based design of self-compacting fibre reinforced concrete**. Delft. 2004. 233 p. Doctoral Thesis. Delft University of Technology. The Netherlands.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos; GOMES, Rubens Donizeti; SEABRA, Mauro Adamo. Guia das argamassas nas construções. ABPC (Associação Brasileira dos Produtores de Cal). São Paulo. 8ª edição. 2004. 38p.

HELENE, P. R. L., LEVY, S. M. **'Estado da Arte' do concreto como material de construção** - São Paulo: Exacta, 2003 - uninove.br

ILIESCU, Marcelo. **Concreto auto-adensável**. Structural Repair. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: Acesso em: 28 mai 2015.

LAMEIRAS, R. M. **Desenvolvimento de concretos através da utilização do resíduo do beneficiamento de chapas de granito (RBCG)**. 2004. Monografia (TCC em Engenharia Civil) - Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

LISBOA, E. M. **Obtenção do concreto auto-adensável utilizando o resíduo de serragem de mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. 2004. P.1-15. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2004.

LISBOA, E. M. **Obtenção do concreto auto-adensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. Maceió. 2004, 144 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Alagoas.

MANUEL, P. J. M. **Estudo da influência do teor de argamassa no desempenho de concretos auto-adensáveis**. Porto Alegre, 2005. 178 p. Dissertação (Mestrado).

Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARANGON, Ederli. **Desenvolvimento e caracterização de concretos autoadensáveis reforçados com fibra de aço**. 2006. Dissertação – Programa de Pós-graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

MEHTA P. K. MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1994. 573 f. São Paulo: PINI, 1994.

MEHTA.P.K.; MALHOTRA, V.M. **Pozzolanic and cementitious materials**. Ottawa: CANMET, 1987, p.428.

MENDES, M. V. A. S. **Estudo dos parâmetros de auto-adensabilidade e de reologia de argamassas e de concretos auto-adensáveis**. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil). Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

NAWA, T., IZUMI, T., EDAMATSU, Y. (1998), “**State-of-the-art Report on Materials and Design of Self-Compacting Concrete**”, *International Workshop on Self-compacting Concrete*, pp. 160-190.

NEVILLE A. M. **Propriedades do concreto**. 5ª edição, 2016.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Tradução de Salvador E. Giammusso. 1 ed. São Paulo: PINI, 1982.

NUNES, S.C.B. **Betão Auto-Compactível: Tecnologia e Propriedades**. Porto. 2001, 198 p. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Estruturas de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.

OKAMURA Hajime; OUCHI Masahiro. **Self-Compacting Concrete**. *Journal of Advanced Concrete Technology*. Japan Concrete Institute, Japão. v. 1, n 1, p. 5-15, abr. 2003.

OKAMURA, H. e Ozawa, K. (1995), “**Mix design for self-compacting concrete**”, *Concrete Library of JSCE*, nº 25, pp. 107-120.

OUCHI, M., NAKAMURA, S., OSTERBERG, T., HALLBERG, S.E. & LWIN, M. **Application of self-compacting concrete in Japan, Europe and the United States**. In: *International Symposium on High Performance Concrete*, 2003.

PARENTE, A. FERREIRA, E. TORRES, R. GARCIA, W. **Reciclagem de entulho na construção civil**. Disponível em: <www.ecodebate.com.br/2012/12/05> Acesso em: 25 de maio de 2015.

PERSSON, B. **A comparison between mechanical properties of self-compacting concrete and the corresponding properties of normal concrete**. *Cement and Concrete research*. 2001.

PETERSSON, Ö. (2000) **Design of Self-Compacting Concrete, Properties of the Fresh Concrete**. In: Proceedings Seminar on Self-Compacting Concrete, 15-20. Malmö/Copenhagen.

REIS, A. S. TRISTÃO, F. A. **Análise de argamassas com resíduos de corte de rochas ornamentais**. Universidade Federal do Espírito Santo Brasil. 2006.

REPETTE, Wellington L. **Concreto auto-adensável: características e aplicação**. Revista Técnica, São Paulo (SP), ed. 135, jun. 2008.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré-fabricados esbeltos - dosagem, produção, propriedades e microestrutura**. Tese (Doutorado). Inter-unidades EESC/IFSC/IQSC da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural: influência da argila expandida na microestrutura da zona de transição pasta/agregado**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 119-127, out./dez. 2009.

SCHWARTZENTRUBER, L. D. A. ROY, R. CORDIN, J. **Rheological behaviour of fresh cement pastes formulated from a self-compacting concrete (SCC)**. Cement and Concrete Research, 36. 2006. pp. 1203-1213.

SONEBI, M. **Medium strength self-compacting concrete containing fly ash: Modelling using factorial experimental plans**. Cement and Concrete research, 2004.

TAKEUCHI, H. HIGUCHI, M. NANNI, A. **Application of Flowable Concrete in a Tunnel Lining**. 1994. Concrete International, v.16, n. 4, p.26-29.

TENÓRIO, J. J. L. (2004) **Desenvolvimento de argamassa através da utilização do resíduo do beneficiamento de chapas de granito (RBCG)**. Monografia (TCC em Engenharia Civil) - Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

TUTIKIAN, B. F. DAL MOLIN, Denise C. **Concreto auto adensável**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2008.

TUTIKIAN, B. F. **Método para a dosagem de concretos auto-adensáveis**. Porto Alegre, 2004. 149 p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/2017

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico divulgado nos programas brasileiros *Stricto Sensu*

(Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,

em diversas áreas do conhecimento.