

AVALIAÇÃO DA TRABALHABILIDADE, PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS AUTOADENSÁVEIS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CIMENTO POR CINZA DE CASCA DE ARROZ E SÍLICA ATIVA.¹

Bruna Taciane Rodrigues Dorneles²; Bóris Casanova Sokolovicz³.

¹ Artigo Científico

² Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões em Santo Ângelo/RS, bru_taciana@hotmail.com.

³ Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões em Santo Ângelo/RS, boriscs@santoangelo.uri.br.

Resumo

Atualmente a utilização de concretos autoadensáveis (CAA) vem contribuindo de maneira significativa na produção de concretos, promovendo um melhor escoamento do concreto, evitando nichos de concretagem, deixando o mesmo mais denso e compacto. Nesse contexto, o presente trabalho visa desenvolver CAAs com a utilização de adições minerais, que têm se mostrado um aliado nas propriedades mecânicas, microestrutura e durabilidade dos concretos, promovendo uma microestrutura mais densa e compacta, impactando diretamente nas demais propriedades do concreto. Utilizando-se o método de dosagem para CAA proposto por Tutikian (2004), juntamente com o método da ABCP (1965) para a determinação do traço, foi desenvolvido um estudo para avaliação das propriedades mecânicas do CAA, onde foram realizadas substituições do cimento CP V – ARI, por teores de 15% por sílica ativa (SA) e 15% de cinza de casca de arroz (CCA), para assim chegar a uma resistência característica de 30 MPa. Foram utilizados corpos de prova cilíndricos com dimensões de 100x200 mm, onde foram moldados para ensaio no estado endurecido, de resistência a compressão axial (NBR 5739, 1994) nas idades de 7, 14 e 28 dias. Os resultados mostraram que no geral, os concretos com sílica ativa apresentaram resistências maiores.

Palavra-Chave: *Concreto Autoadensável. Métodos de Dosagem. Avaliação da Trabalhabilidade.*

Introdução

Okamura e Ouchi (2003) relatam que, no início da década de 80, o problema da durabilidade das estruturas em concreto armado passou a ser uma das questões de maior interesse no Japão. Como a produção de estruturas em concreto duráveis requer adequado adensamento por trabalhadores especializados, a redução gradual dessa mão-de-obra na indústria japonesa provocou o declínio da qualidade das estruturas em concreto. Naquele contexto, uma alternativa para obtenção de estruturas em concreto duráveis, independente da mão-de-obra, foi à utilização do concreto autoadensável (CAA).

O CAA é considerado uma das grandes revoluções na tecnologia do concreto nas últimas décadas. Tendo inúmeras vantagens técnicas, econômicas e ambientais entre eles: maior velocidade de produção, já que seu lançamento é muito rápido e dispensa adensamento;

aumento de qualidade com a redução de falhas de concretagem resultantes de má vibração; ganhos ecológicos, visto que pode utilizar, em sua composição, teores de resíduos industriais e diminuição do ruído gerado por equipamentos de adensamento.

O CAA é claramente uma das áreas da tecnologia do concreto que mais tem potencial de desenvolvimento, visto que o CAA não é apenas mais um tipo de concreto e sim uma tecnologia que, quando aplicada corretamente, proporciona propriedades diferentes e novas oportunidades. (TUTIKIAN E DAL MOLIN, 2008).

O estudo e pesquisa sobre o CAA tem um contexto bastante atual no cenário nacional e internacional, tendo assim diversas instituições de ensino realizando pesquisas sobre o tema, sendo razoável o número de bibliografias nacionais com descrição dos métodos de dosagem do CAA.

Segundo Tutikian e Dal Molin (2008), no Brasil, o estudo e principalmente a utilização do CAA ainda não estão muito além do potencial desse material, porém, uma das razões é o desconhecimento dos profissionais a respeito do assunto. O CAA atrai cada vez mais interesse no Brasil, tem sido utilizado em indústrias de pré-moldados e em obras correntes e especiais.

Porém é surpreendente que os pesquisadores e profissionais responsáveis pela mistura do CAA ainda utilizem métodos de dosagem propostos há mais de 20 anos com o intuito de iniciar o desenvolvimento desse concreto (TUTIKIAN E DAL MOLIN, 2008).

Desta maneira, este artigo pretende testar o Método de Dosagem proposto por Tutikian (2004), com a substituição do cimento por cinza de casca de arroz e sílica ativa, através de dosagem experimental em laboratório e com base na literatura, para assim fazer um comparativo entre os dois aditivos, chegando à conclusão que qual é mais eficiente.

Através deste estudo comparativo teórico e experimental, espera-se ampliar o conhecimento em torno do CAA e verificar comportamentos importantes no processo de sua dosagem.

Materiais e Metodologia

Segundo Tutikian e Dal Molin (2008), os materiais utilizados para a elaboração do CAA, na prática, são os mesmos utilizados para o CCV, porém com maior quantidade de finos (adições minerais quimicamente ativas ou fílers) e de aditivos plastificantes, superplastificantes e/ou modificadores de viscosidade.

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

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

- Cimento;
- Materiais finos (pozolânicos/ou não – pozolânicos);
- Areia
- Brita
- Água
- Aditivos (os mais importantes são os superplastificantes e os modificadores de viscosidade).

Persson (2001) salienta que, para evitar a separação entre as partículas maiores no CAA são usados aditivos modificadores de viscosidade (VMA) ou fílers para aumentar a viscosidade. Esse autor cita ainda que, podem ser usados os seguintes fílers, entre outros: cinza volante, fíler de vidro, fíler calcário, sílica ativa e fíler de quartzo.

1 Cimento:

Para a produção do CAA podem ser utilizados os mesmos cimentos adotados para os CCV, pois não existem critérios científicos que especifiquem o cimento mais adequado para o CAA. Sendo que o melhor cimento a ser adotado é aquele que apresentar a menor variabilidade em termos de resistência à compressão.

Para Tutikian (2004), dependendo das características que se pretende alcançar, deve ser escolhido o tipo de cimento mais fácil de adquirir conforme a sua região. Cada tipo de cimento pode ter suas vantagens ou desvantagens, sendo o mais importante conhecer suas variações e as peculiaridades de cada local de uso, para assim escolher o mais ideal entre o cimento portland comum, cimento portland composto, cimento portland de alto-forno, cimento portland pozolânico, cimento portland de alta resistência inicial, cimento portland branco, cimento portland resistente a sulfatos e cimento portland de baixo calor de hidratação.

2 Materiais Finos:

Existem os mais diversos tipos de materiais finos, com as mais diversas análises técnicas e custos no mercado, variando conforme a região. Os materiais finos podem ser entre pozolânicos, como cinza de casca de arroz, sílica ativa, escoria de alto forno, ou não pozolânicos, como cerâmica moída, fíler de calcário e outros, desde que tenham área superficial maior do que o componente que estão substituindo.

Para os materiais pozolânicos, este substituirá o cimento, em massa, e no caso do não pozolânico, este substituirá o agregado miúdo.

Os materiais finos são responsáveis pela coesão do CAA, pela resistência à segregação da mistura, além da durabilidade do concreto, tanto física quanto quimicamente.

Pelo tamanho das partículas que são extremamente pequenas, elas fecham os poros e melhoram inclusive a zona de transição do concreto, em caso de adições pozolânicas, elas reagiriam com o Ca(OH)_2 resultante da hidratação do cimento, aumentando novamente a durabilidade do concreto.

3 Areia:

Conforme Tutikian e Dal Molin (2008), todas as areias são adequadas para a produção do CAA, e pode-se utilizar tanto areias naturais quanto areias obtidas de processos industriais. As areias naturais são as mais recomendadas, pois possuem formas mais arredondadas e textura mais lisa. Deve-se ter um cuidado mais especial ao usar areias industriais, pois normalmente apresentam composições granulométricas com descontinuidades ocorrendo lacunas nas frações intermediárias, podendo ser corrigido por meio de composição com outra areia.

Segundo Okamura e Ouchi (2003), quanto mais angulosas forem as partículas do agregado miúdo, maior será a resistência ao cisalhamento das argamassas, dificultando a deformabilidade do concreto.

Bartos (2000) alerta que areias muito grossa (módulo de finura superior a três) podem levar à segregação, e devem ser evitadas em CAA. O módulo de finura do agregado miúdo não deve ter variações superiores à ± 0.20 para garantir a estabilidade das propriedades reológicas durante a produção (GÓMES e MAESTRO, 2005).

4 Brita:

Para reduzir a tendência de segregação, as dimensões máximas características dos agregados graúdos são mais restritivas, onde Gomes e Maestro (2005) recomendam que a dimensão máxima seja inferior a $2/3$ do espaçamento entre barras ou grupos de barras e a $3/4$ do cobrimento mínimo de concreto as armaduras. Implicando assim a não utilizar tamanhos máximos superiores a 19 mm, sendo os tamanhos recomendados entre 12,5 e 19 mm.

Para o CAA é indicado agregado que possuam coeficiente de forma mais próximo possível de 1, pois embora agregados angulares com superfícies ásperas apresentem melhor aderência com a pasta de cimento que agregados lisos e arredondados, podem surgir efeitos opostos no aumento de consumo de água e redução da trabalhabilidade se a angulação for muito acentuada.

A distribuição granulométrica do agregado influencia o empacotamento dos grãos e, como resultado, pode alterar a fração volumétrica das britas que serão incorporadas em uma mistura de concreto. A fração volumétrica está relacionada, principalmente, ao módulo de elasticidade do concreto e à retração por secagem, sendo menos deformáveis e com menores possibilidades de fissurarem por retração na secagem os concretos com mais agregados e, conseqüentemente, com menor teor de argamassa (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

5 Água:

Certamente a água é o composto mais importante no controle das propriedades do concreto fresco e endurecido, expresso como uma relação água/cimento, por peso ou volume, sendo a quantidade de mistura dependendo de vários fatores tais como: propriedades dos agregados, o tipo de cimento, quantidade total de partículas finas na mistura, uso de adições ou aditivos entre outros. A adição de água em uma mistura é dividida em quatro partes: uma para hidratação do cimento, uma para absorção e adsorção dos agregados e materiais finos, uma para preencher a porosidade do esqueleto granular e uma para garantir a fluidez do concreto. A relação água/cimento é muito importante no concreto fresco, pois um aumento pode produzir uma redução de viscosidade plástica e na resistência de fluxo, já uma baixa relação com o uso de superplastificantes produzem concretos com alta viscosidade (BEAUPRÉ & MINDESS, 1998).

6 Aditivo:

Nos CAA são utilizados os superplastificantes que são responsáveis pela fluidez do concreto e o modificador de viscosidade que são responsáveis pela coesão da mistura.

Segundo Hartmann (2002, p.15), os aditivos superplastificantes podem ser divididos em quatro grupos:

- Lignossulfonatos ou lignossulfonatos modificados (LS);
- Sais sulfonatos de policondensado de naftaleno e formaldeído, usualmente denominados de naftaleno sulfonato ou apenas de naftaleno (NS);
- Sais sulfonatos de policondensado de melamina e formaldeído, usualmente denominados de melamina sulfonato ou apenas de melamina (MS);
- Policarboxilatos (PC).

Os aditivos modificadores de viscosidade (VMA) são polímeros derivados da celulose e acrílico, solúveis em água, que aumentam a viscosidade e a estabilidade do concreto (LACHEMI ET al., 2003).

Este aditivo serve para reduzir o risco de separação de constituintes heterogêneos durante o transporte, o adensamento e assentamento da mistura ate que se inicie o endurecimento do material (KHAYAT e GHEZAL, 2003, p.369).

Apresentação e Análise dos Resultados

Neste artigo foi utilizado o método de dosagem para CAA proposto por Tutikian (2004), juntamente com o método da ABCP (1965) para a determinação do traço. Foi desenvolvido um estudo para avaliação das propriedades mecânicas do CAA, onde realizaram as substituições do cimento CP V – ARI, por teores de 15% por sílica ativa (SA) e 15% de cinza de casca de arroz (CCA), para assim chegar a uma resistência característica de 30 MPa. Foram utilizados corpos de prova cilíndricos com dimensões de 100x200 mm, onde foi moldado para ensaio no estado endurecido, de resistência a compressão axial (NBR 5739, 1994) nas idades de 7, 14 e 28 dias.

1 Escolha dos Materiais:

Para este estudo experimental, foram escolhidos os materiais disponíveis em nossa região além de economicamente mais viáveis. O cimento utilizado por CP V – ARI, cimento de alta resistência inicial e resistente a sulfatos, sendo escolhido por não possuir adições pozolânicas e estar disponível no mercado de nossa região.

Tabela 1 – Características químicas do cimento (%).

Material	SO ₃	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Cimento CP V ARI	3,32	4,65	19,50	2,19	4,23	59,56	0,47	1,13

Tabela 2 – Propriedades físicas e mecânicas do cimento CP V – ARI

Cimento	CP V - ARI
Resistência à compressão 1 dia (MPa)	22,5
Resistência à compressão 3 dias (MPa)	35,1
Resistência à compressão 7 dias (MPa)	41,2
Resistência à compressão 28 dias (MPa)	49,2
Tempo de início de pega (h:min)	02:14
Tempo de fim de pega (h:min)	03:15
Massa específica (Kg/dm ³)	3,11
Finura na peneira #200, malha de 0,075 mm (%)	0,13
Superfície específica BLAINE (m ² /Kg)	423
Superfície específica BET (m ² /Kg)	1,48

O cimento especificado atente a todos os requisitos da NBR 5733 (ABNT, 1991). Um ponto a ser observado é sua finura, com área específica superior a 4500 cm²/g. Essa propriedade pode interferir diretamente no consumo de água da pasta e no comportamento reológico da mistura.

Os materiais finos utilizados foram a cinza de casca de arroz que é um superpozolona de excelente característica e grande disponibilidade em nosso estado, e a sílica ativa por ser um fino pozolânico aliado a uma elevada finura, proporcionando uma altíssima reatividade decorrente da hidratação do cimento, conferindo assim melhor desempenho em concretos e argamassas.

O agregado miúdo escolhido foi areia média. A brita de origem basáltica com dimensão máxima característica de 19 mm, sendo como escolhida como agregado graúdo.

Por último foi utilizado o aditivo superplastificante Tec Flow 8000, utilizado em concretos por possuir alto poder de redução de água e com aplicações múltiplas e isento de cloretos. Aditivo de elevada tecnologia, desenvolvido para a obtenção de concretos de alto desempenho, autoadensáveis, para pré-moldados e para artefatos de cimento, proporciona manutenção da trabalhabilidade por elevados períodos e obtenção de elevadas resistências iniciais e finais. Possibilita atingir excelente custo benefício, devido sua funcionalidade em baixas dosagens.

2 Determinação do Traço do CAA:

Após a determinação dos materiais a serem utilizados, foi calculado o traço do concreto convencional pelo método da ABCP, chegando ao traço inicial sem adição de aditivo superplastificante igual a:

Tabela 3 – Determinação do traço do CCV pelo Método da ABCP

Traço Unitário (1:a:p)			a/c
1	2,36	3,18	0,48

Em seguida o aditivo superplastificante foi dosado experimentalmente, sendo assim adicionado posteriormente 236g do aditivo Tec Flow 8000, notando-se que o concreto

ficou fluido de mais, precisou-se fazer uma correção no traço para essa determinada quantidade de aditivo o traço ficou:

Tabela 4 – Determinação do traço do CAA pelo Método da ABCP

Traço Unitário (1:a:p)			Aditivo (g)	a/c
4,25	10,03	9,54	236	1,44

Foram feita duas dosagens, uma com a substituição de 15% do cimento por cinza de casca de arroz e outra por sílica ativa, observando se que quando o material fino pozolânico é adicionado na mistura, os agregados ficam constantes, aumentando assim os finos e diminuindo assim a massa do cimento, assim o material aumenta a coesão da mistura.

3 Resultados com a Sílica Ativa:

Segundo Neville (1997), a sílica ativa é um subproduto da fabricação de silício ou ligas de ferrosilício a partir de quartzo de elevada pureza e carvão em forno elétrico de eletrodos de arco submerso. SiO que se desprende na forma de gás, se oxida e se condensa na forma de partículas esféricas extremamente pequenas de sílica amorfa (SiO₂).

Tabela 5 – Composição química da Sílica Ativa (%).

Material	Perda ao Fogo	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Sílica Ativa	3,03	0,46	91,68	0,18	0,18	0,56	0,27	1,17

Na primeira dosagem foram substituídos 15% do uso do cimento por sílica ativa, onde foram moldados nove corpos de provas, para as idades de 7, 14 e 28 dias.

Com a adição da sílica ativa ao cimento o concreto tende a aumentar o valor de tensão e a sua viscosidade plástica, devido a sua alta superfície específica, tem grande afinidade com a água e isso é refletido no concreto que a incorpora. Sendo assim o concreto fica mais coeso e menos tendencioso à segregação, (MALHOTRA et. al., 1987). Na tabela 6 encontram-se os resultados do ensaio de compressão axial realizados a cada idade determinada:

Tabela 6 – Resultados dos Ensaio de Compressão Axial com Adição de SA.

Corpos de Prova	Ensaio de Compressão			
	Nº	7 dias	14 dias	28 dias
1		41,8	54,8	58,0
2		42,4	55,1	60,3
3		43,1	54,1	58,7
Média		42,4	54,7	59,0

4 Resultados com a Cinza de Casca de Arroz:

Segundo Zhang, Lastra e Malhotra (1996), a incorporação da CCA para o uso em concreto tem grande eficiência, pois consegue reduzir a porosidade do concreto e a quantidade de Ca(OH)_2 na interface entre o agregado e a pasta de cimento.

Para Teixeira (2008), a adição de CCA em substituição ao cimento, mesmo em altas porcentagens, 15% e 25% manteve resultados próximos ou até superiores ao concreto realizado com apenas cimento, para o ensaio de resistência a compressão. Hasparik (2003) notou que a adição de CCA contribuiu para a diminuição da permeabilidade do concreto, classificando como de baixa permeabilidade ou impermeável segundo o ensaio de percolação de água sob pressão.

Tabela 7 – Composição química da Cinza de Casca de Arroz (%).

Material	SO ₃	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Cimento CP V ARI	0,02	0,28	90,00	0,14	0,28	0,45	0,08	1,55

Na segunda dosagem foram utilizados na substituição de 15% do cimento por cinza de casca de arroz, sendo utilizado o mesmo traço descrito anteriormente, como também foram definidas as mesmas idades de rompimento dos corpos de provas de 7, 14 e 28 dias. Na tabela 8 encontram-se os resultados do ensaio de compressão axial realizados a cada idade determinada:

Tabela 8 - Resultados dos Ensaio de Compressão Axial com Adição de CCA.

Corpos de Prova	Ensaio de Compressão			
	Nº	7 dias	14 dias	28 dias
1		37,3	51,7	58,3
2		39,5	52,1	57,5
3		38,6	53,4	58,3
Média		38,5	52,4	58,1

A figura 1 apresenta a evolução das resistências.

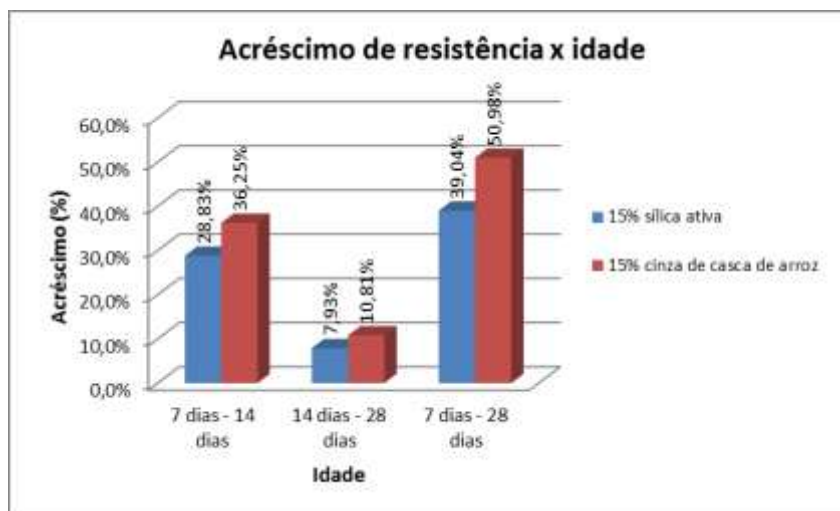


Figura 1 - Evolução das resistências.

Conclusão

Objetivo principal deste trabalho era estudar qual aditivo (SA ou CCA), teria o melhor desempenho no CAA, quanto as suas propriedades no estado fresco: fluidez, capacidade de preencher espaços e resistência à segregação, e no estado endurecido: resistência à compressão.

Os resultados obtidos no programa experimental comprovaram ser possível à produção e concretos autoadensáveis com diferentes adições que atendam aos requisitos tanto no estado fresco como no endurecido. Mesmo com todas as substituições foi possível obter CAA de boa qualidade, coesos, sem apresentar exsudação ou segregação, sendo que os teores de ar e as massas específicas são similares a CCV utilizados corriqueiramente.

O trabalho foi realizado em duas etapas, sendo que a primeira os ajustes para transformar o concreto convencional em autoadensável e assim definir seu traço. Na segunda etapa, depois de definido o traço foi feita duas dosagens uma substituindo 15% do cimento por sílica ativa e outra substituindo 15% do cimento por cinza de casca de arroz. Os concretos com adição de sílica ativa apresentaram resistência superiores aos da cinza de casca de arroz, sendo o mais indicado para o uso conforme resultados deste trabalho.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, (1997). *Guia Básico de utilização do cimento Portland*. 3º ed. São Paulo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP, (1965). *Reunião do GLARILEM: Práticas Correntes de Dosagem de Concreto nos Países Latino-Americanos*. Santiago de Chile, 8 a 11 de set. de 1965, São Paulo.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1991a). *NBR 5732: cimento Portland comum*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1991b). *NBR 5733: cimento Portland de alta resistência inicial*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1994a). *NBR 5739: concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1987). *NBR 6467: agregados – determinação do inchamento de agregados miúdo*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1982). *NBR 7251: agregados em estado solto – determinação da massa unitária*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1983). *NBR 7810: agregado em estado compactado e seco – determinação da massa unitária*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (2001b). *NBR NM 26: agregados - amostragem*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1998a). *NBR NM 33: concreto – amostragem de concreto fresco*. Rio de Janeiro.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (2003a). *NBR NM 52: agregado miúdo – determinação de massa específica e massa específica aparente*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (2003b). *NBR NM 53: agregado graúdo – determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (1998b). *NBR NM 67: concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- Bartos, P.J.M. (2000). *Measurement of key properties of fresh self-compacting concrete*. In: CEN/STAR PNR Workshop, Paris.
- Beaupré, D.; Mindess, S. (1998). *Rheology of fresh concrete: principles, measurement, and applications*. Materials Science of Concrete V, SKALNY, J.; MINDESS, S.; COHEN, M. (eds.), the American Ceramic Society, Westerville, Ohio, p. 149-190.
- Gomes, Paulo C.C. (2002). *Optimization and characterization of high-strength self-compacting concrete*. Barcelona, 139p. Doctoral Thesis. Universitat Politècnica de Catalunya, Spain.
- Gomes, Paulo C.C.; Barros, A.R. (2009). *Métodos de Dosagem do Concreto Autoandável*. Pini, São Paulo.
- Gómez, J.F.; Maestro, M.B. (2005). *Guía práctica para la utilización del hormigón autocompactante*. Instituto Español del cemento y sus aplicaciones. Madrid.
- Goodier, C.I. (2003). *Development of self-compacting concrete*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Structures & Buildings 156. November, 2003 Issue SB4, pages 405-414. Paper 13118.
- Grünewald, Steffen. (2004). *Performance-based design of self-compacting fibre reinforced concrete*. Delft, 232p. Doctoral Thesis. Delft University of Technology, The Netherlands.
- Hartmann, Carine T. (2002) *Avaliação de aditivos superplastificantes base policarboxilatos destinados a concretos de cimento Portland*. São Paulo, 234p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Hasparyk, N. P. (2003) ET al. *Estudo da influência da cinza de casca de arroz amorfa nas propriedades do concreto*. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 45, 2003, Espírito Santo. Anais... São Paulo: Ibracon. 1 CD ROM.
- Helene, P.; Terzian, P. (1992) *Manual de dosagem e controle do concreto*. Pini, São Paulo.
- Khayat, K.; Ghezal, A. (2003) *Effect of viscosity-modifying admixture-superplasticizer combination on flow properties of SCC equivalent mortar*. In: 3 rd International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete. Islândia, p.369-385.
- Lachemi, M.; Hossain, K.M.A.; Lambros, V.; Nkinamubanzi, P.C.; Bouzoubaâ, N. (2003) *Performance of new viscosity modifying admixtures in enhancing the rheological properties of cement paste*. In: Cement and Concrete Research, 2453.

- Malhotra, V. M.; Ramachandran, V. S.; Feldman, R. F.; Aitcin, P-C. (1987) *Condensed silica fume in concrete*. CRC Press, Inc.: Boca Raton, Florida.
- Mehta, P.K. e Monteiro, P.J.M. (1994) *Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais*. São Paulo: Pini.
- Neville, A. M. (1997) *Propriedades do Concreto*. Trad.: Giammusso, S. E. São Paulo: PINI.
- Okamura, H.; Ouchi, M. (2003) *Self-compacting concrete*. In: *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol. 1, n. 1, p. 5-15.
- Persson, B. (2001) *A comparison between mechanical properties of self-compacting concrete and the corresponding properties of normal concrete*. Cement and Concrete research.
- Rols, S.; Ambroise, J.; Péra, J. (1999) *Effects of different viscosity agents on the properties of self-leveling concrete*. Cement and Concrete Research, v. 29, p. 261-266.
- Takada, K. (2004) *Influence of admixtures and mixing efficiency on the properties of self compacting concrete: the birth of self compacting concrete in the Netherlands*. Delft, 220p. Doctoral Thesis. Delft University of Technology, The Netherlands.
- Teixeira, J. V. B.; Gastaldini, A. L. G.; Isaia, G. C.; Cervo, T. C.; Sensale, G. R.; Zerbino, R.; Pedrozo, É. C.; Ferrari, M. N. (2008) *Resistividade elétrica de concretos compostos com cinza de casca de arroz com e sem beneficiamento*. In: JORNADAS SULDAMERICANAS DE INGENIERIA ESTRUCTURAL, 33. Santiago. Jornada. Chile: Santiago, 2008. 1 CD-ROM.
- Tutikian, Bernardo F. (2004) *Método para dosagem de concretos auto-adensáveis*. Porto Alegre, 149p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Tutikian, B. F.; Dal Molin, D. C. (2008) *Concreto Auto-adensável*. Sao Paulo: Pini.
- Zhang, Min-hong; Lastra, R.; malhotra, V. M. (1996) *Rice-husk ash paste and concrete: some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the aggregate and paste*. Cement and Concrete Research, Elmsford, v.26, n. 6, p. 963-977.