

ESTUDO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL

OLIVEIRA, Adriane Cardoso Gonçalves de

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(adrianecardoso_@hotmail.com)*

OLIVEIRA, Márcia Janaína Araújo de

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(marcia-oliveira14@hotmail.com)*

GOMES, Kíria Nery Alves do Espírito Santo

Professora Mestra, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (kiriagomes@gmail.com)

RESUMO

O concreto autoadensável surgiu por volta de 1988 no Japão, devido à grande carência de mão de obra qualificada pelo país. Graças a sua principal característica de se moldar e preencher as fôrmas sem necessitar de vibração ou compactação, foram apresentadas diversas melhorias para a construção civil, tornando-se um atrativo no que diz respeito ao avanço na história do concreto. Com isso, vários estudos e pesquisas começaram a ser desenvolvidos com o intuito de tornar o CAA (concreto autoadensável) tão conhecido e utilizável quanto o CCV (concreto convencional), por meio de ensaios e dosagens que comprovassem a sua qualidade. Atualmente, no Brasil, a busca e interesse pelo CAA para uso em obras vêm crescendo gradativamente, embora a falta de informação sobre custos ainda faça com que muitos profissionais prefiram a utilização do CCV, achando, por vezes erroneamente, que o custo do CAA será mais alto, ignorando as vantagens do uso dele. Para que o CAA seja aplicado de forma eficiente, é necessário analisar suas propriedades no estado fresco, de maneira a mantê-lo fluido e coeso simultaneamente, atentando-se também a aspectos que influenciem na sua durabilidade. Neste trabalho foi proposto o estudo das propriedades do CAA no estado fresco e endurecido, por meio dos ensaios de *slump flow test*, anel J, caixa L e resistência à compressão. Determinados os resultados, observou-se que o concreto dosado atendeu os limites normatizados para ser caracterizado como autoadensável, ou seja, constatou-se sua fluidez, e foi verificada sua habilidade passante, não havendo evidências de segregação ou exsudação da mistura. Sua resistência à compressão foi superior à prevista.

PALAVRAS-CHAVE

Concreto autoadensável. Autoadensabilidade. Propriedades do concreto. Trabalhabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Desde as civilizações primitivas, materiais como a madeira e a pedra já eram utilizados na construção civil. Entretanto, ao longo dos anos constatou-se que esses elementos não resultavam em construções de qualidade.

Com isso, tornou-se necessária a elaboração de uma mistura, a qual ao final do seu processo resultasse em um elemento construtivo de resistência e durabilidade, surgindo no mercado o concreto. A partir da mistura, devidamente dosada, de aglomerante (cimento), água, agregados (grãos e miúdos) e, em alguns casos, aditivos e adições, é possível obter-se um material o qual por meio do processo de endurecimento desenvolve suas propriedades (PEDROSO, 2009).

À vista disso, definir o tipo de concreto a ser utilizado é de suma importância para garantir o êxito de uma construção, conciliando três aspectos principais: durabilidade, economia e menor tempo de execução.

Considerado como uma inovação na construção civil, o concreto autoadensável (CAA) vem sendo cada vez mais difundido no Brasil, devido as suas inúmeras vantagens quando comparado ao concreto convencional (CCV).

O concreto autoadensável é um dos responsáveis pelo avanço tecnológico do concreto no mundo, aperfeiçoando a construção civil, tornando as obras mais rápidas, a diminuição da mão de obra qualificada e um melhor acabamento e durabilidade das estruturas. Entretanto, o CAA ainda é visto como novidade no mercado brasileiro, perdendo espaço para o CCV, por ser considerado mais caro.

Para que o CAA seja de qualidade, é de extrema importância que sejam realizadas dosagens bem elaboradas, resultando na homogeneidade do concreto, evitando a segregação.

Basicamente, são as propriedades do CAA no estado fresco que o difere do CCV, necessitando uma análise minuciosa do concreto nessa condição, para atestar suas particularidades.

2 CONCRETO AUTOADENSÁVEL

Para se obter uma mistura que substituísse o concreto convencional, em situações as quais esse não obtivesse resultados satisfatórios, em determinadas características, surge um grande avanço no que se refere à tecnologia do concreto, a

utilização do CAA. Tutikian e Dal Molin (2008) afirmam que todas as vantagens do uso desse concreto em relação ao CCV são notadas quando a mistura encontra-se no seu estado fresco. Ao endurecer, as características desses dois tipos de concretos são absolutamente iguais. A distinção entre eles está nos seus componentes e proporções utilizadas na dosagem.

Okamura (1997 *apud* GOMES & BARROS, 2009) cita que o CAA dispensa o uso de aparelhos de vibração meramente por intermédio do seu peso próprio, ou seja, pela ação da gravidade. Justamente por essa capacidade de preenchimento, esse tipo de concreto é a principal alternativa para aplicação em peças com elevada densidade de armadura e fôrmas complexas, alcançando completo adensamento sem que haja segregação. Dessa forma, a durabilidade e resistência da estrutura não são comprometidas.

Repetto (2011) menciona que os materiais utilizados na produção de CAA são basicamente os mesmos utilizados na confecção do CCV, diferenciando-se desse por conter maior acréscimo de finos, aditivos superplastificantes e em alguns casos, aditivos modificadores de viscosidade.

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

O CAA foi desenvolvido no Japão no final da década de 1980, devido à carência de mão-de-obra qualificada na operação de concretagem, sendo o adensamento inadequado um dos principais desafios para se alcançar estruturas duráveis (REPETTE, 2011).

Somente por volta de 1997 o CAA teve uma aplicação em maior escala, sendo essa na concretagem das duas ancoragens de concreto da ponte metálica de Akashi-Kaikyo, no Japão.

Em Goiás, várias empresas do ramo da construção começaram a realizar estudos para conhecer melhor as propriedades do concreto. A primeira obra realizada em Goiânia-GO foi o Edifício Camila, Residencial Sorelle, sendo empregado na concretagem da laje pela Realmix. A cidade de Anápolis-GO também se tornou cenário do uso dessa nova tecnologia: o edifício Residencial Amsterdam, situado no bairro Jundiáí, um dos locais mais nobres da cidade.

2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CAA

Conforme descrito por Loturco e Faria (2008), o CAA possui diversas características que fazem com que esse tipo de concreto seja mais vantajoso que o CCV. Tais vantagens podem ser observadas em vários aspectos, como: diminuição da mão-de-obra; obra mais rápida; redução de ruídos no canteiro de obras; obra mais segura; melhor acabamento; aumenta a durabilidade do concreto; maior economia.

O principal obstáculo encontrado é a respeito da dosagem, tendo variações nos seus componentes, dificultando a escolha pelo CAA, pois deve ser de extrema precisão.

Outro fator é que por perderem o efeito muito rápido, deve-se fazer a mistura dos aditivos superplastificantes momentos antes do lançamento do concreto.

2.3 APLICAÇÕES DO CAA

Depois de pesquisas sobre a aplicação do CAA realizadas entre os anos de 1993 e 2003, Domone (2006 *apud* TUTIKIAN, 2007) relatou que 67% do total das obras realizadas utilizaram o CAA, por ele possuir maiores benefícios técnicos quando comparado ao CCV, em dificuldades de vibração e difícil acesso ao local. Já 14% das empresas que optaram pelo uso do CAA, buscaram uma maior economia, pela diminuição do número de operários e pela redução significativa do tempo de conclusão da obra. Os últimos 10% preferiram o CAA por ser novidade, acreditando que esse material se tornaria um grande avanço na tecnologia da construção civil.

2.4 MATERIAIS CONSTITUINTES

De acordo com Dehn, Holschemacher e Weibe (2000 *apud* ARAÚJO, 2007), os materiais que compõem o CAA são, essencialmente, os mesmos utilizados na dosagem do CCV, como cimento, agregados, água, aditivos e adições. O diferencial do CAA encontra-se no uso de superplastificantes, a fim de beneficiar sua trabalhabilidade, maior proporção de finos, e eventualmente, uso de modificadores de viscosidade.

2.5 MÉTODOS DE DOSAGENS

Atualmente, existem vários métodos de dosagem de CAA propostos por vários autores, dentre eles os que mais se destacam, pela facilidade de reprodução ou por

serem os mais importantes, são os métodos de Okamura, precursor no estudo de dosagem do CAA, o de Gomes e o de Tutikian.

3 PROPRIEDADES DO CAA

Para um concreto ser considerado autoadensável ele deve se encaixar em três aspectos importantes: ser resistente à segregação, possuir capacidade passante e ser fluido (EFNARC, 2005 *apud* DAROS, 2009).

Conforme Tutikian (2007), resistência à segregação se caracteriza pela aptidão do CAA percorrer, ou não, por obstáculos sem perder a fluidez e a coesão. A habilidade passante é a capacidade de o CAA escorrer pelas fôrmas, sem segregar, nem interromper o fluxo. Já a fluidez é a propriedade que faz com que o concreto preencha todos os espaços, levando o agregado graúdo por toda a extensão da fôrma.

As propriedades do CAA no estado fresco é o ponto essencial que o diferencia do CCV. Segundo Tutikian e Dal Molin (2008), a trabalhabilidade do CAA no estado fresco é que faz com que ele seja aplicado de forma correta, já que não é necessária a ajuda de operários para que ocorra o adensamento.

O CAA possui dois aspectos: tensão de cisalhamento, que é uma medida de força, que ocasiona a movimentação do material, e a viscosidade plástica, que é a medida da taxa de fluxo do concreto. De acordo com Okamura (1997 *apud* DAROS, 2009), a viscosidade plástica é feita por meio da adição de água e superplastificantes, já a tensão de cisalhamento é consequência de materiais finos, como cimento.

Apesar das vantagens do CAA serem atribuídas, principalmente, as suas características no estado fresco, as propriedades no estado endurecido da mistura também devem ser minuciosamente verificadas. Somente após ambas as análises, o CAA pode ser aplicado de forma segura na construção civil (CAVALCANTI, 2006).

3.1 ENSAIOS DE AUTOADENSABILIDADE

3.1.1 Método do cone de Abrams (*slump flow test*)

Basicamente, esse procedimento, normatizado pela NBR 15823-2 (ABNT, 2017b), consiste em atestar se o CAA, apenas sob ação do seu próprio peso, é capaz de

espalhar-se até alcançar determinada dimensão em determinado tempo e uma dimensão limite.

3.1.2 Método do anel J

A NBR 15823-3 (ABNT, 2017c) normatiza o ensaio do anel J com a finalidade de analisar a capacidade passante, em fluxo livre, do CAA.

3.1.3 Método da Caixa-L (*L-Box test*)

De acordo com Tutikian (2004 *apud* MARQUES, 2011), o ensaio da Caixa-L mede a habilidade passante da mistura, conforme orientações da NBR 15823-4 (ABNT, 2017d).

3.1.4 Valores recomendados para o CAA

As propriedades do CAA são analisadas a partir dos limites estabelecidos pela NBR 15823-1 (ABNT, 2017a), de acordo com as classes dos ensaios descritos, conforme Tabela 1.

3.2 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA MECÂNICA

Para determinar e analisar as propriedades mecânicas e de durabilidade do CAA, Tutikian e Dal Molin (2008) afirmam que são aplicados os mesmos conceitos no que se refere à tecnologia dos concretos. Essas propriedades estão diretamente ligadas à dosagem e mistura do material.

3.2.1 Resistência à compressão

A NBR 5739 (ABNT, 2007) normatiza o procedimento para o ensaio de resistência à compressão de corpo-de-prova (CP) cilíndrico de concreto, os quais devem ser moldados de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2016).

3.2.2 Resistência à tração

Assim como no caso da resistência à compressão, a resistência à tração do CAA também é determinada conforme método para o CCV, por meio do ensaio de compressão diametral de CP cilíndrico, prescrito pela NBR 7222 (ABNT, 2011).

Tabela 1 - Ensaio e classificação para o CAA

Ensaio	Classe	Valores limites	Aplicação
Cone de Abrams (Espalhamento)	SF 1	550 a 650 mm	Estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura
	SF 2	660 a 750 mm	Maioria das aplicações correntes
	SF 3	760 a 850 mm	Estruturas com alta densidade de armadura e/ou fôrma arquitetônica complexa
T ₅₀₀ (Tempo de Escoamento)	VS 1	≤ 2 s	Elementos estruturais com alta densidade de armadura
	VS 2	> 2 s	Maioria das aplicações correntes
Anel-J (Habilidade Passante)	PJ 1	0 a 25 mm com 16 barras de aço	Maioria das aplicações correntes. Elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 60 mm a 80 mm
	PJ 2	25 mm a 50 mm com 16 barras de aço	Elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 80 mm a 100 mm
Caixa-L (Habilidade Passante)	PL 1	H2/H1 ≥ 0,80, com duas barras de aço	Elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 80 mm a 100 mm
	PL 2	H2/H1 ≥ 0,80, com três barras de aço	Maioria as aplicações correntes. Elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 60 mm a 80 mm
Caixa-U (Habilidade Passante)	PU	H2-H1 ≤ 30 mm	Maioria as aplicações correntes. Elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 60 mm a 80 mm
Funil-V (Viscosidade)	VF 1	≤ 8 s	Elementos estruturais com alta densidade armadura
	VF 2	9 a 25 s	Maioria das aplicações correntes
Coluna de Segregação ou Método da Peneira (Resistência a Segregação)	SR 1	≤ 20, distância a ser percorrida pelo concreto menor que 5 m	Espaçamento entre armaduras > 80 mm
		≤ 15, distância a ser percorrida pelo concreto maior que 5 m	Espaçamento entre armaduras > 80 mm
	SR 2	≤ 15, distância a ser percorrida pelo concreto menor que 5 m	Espaçamento entre armaduras < 80 mm

Fonte: ABNT, 2017 a - Adaptado.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL E ANÁLISE DE RESULTADOS

Desenvolveu-se um programa experimental o qual compreendeu basicamente as seguintes etapas: escolha dos materiais constituintes, desenvolvimento do traço e determinação das propriedades do concreto.

Todo o desenvolvimento da parte experimental foi realizado no laboratório da empresa Realmix, situada em Aparecida de Goiânia, Goiás, que além de ícone na indústria nacional de produção de concreto, também é pioneira na aplicação de CAA no Brasil.

Os resultados da caracterização dos materiais, determinados previamente conforme normatização vigente, foram fornecidos pela Realmix, já que os insumos utilizados partiram do estoque da empresa.

O método de dosagem do CAA foi desenvolvido pela própria Realmix, e disponibilizado um traço somente para análise desse trabalho.

4.1 DESENVOLVIMENTO DO TRAÇO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para obtenção da amostra de CAA, partiu-se do traço concedido pela empresa Realmix, o qual foi baseado nos seguintes parâmetros:

Resistência do concreto (f_{ck}) desejada: 25 MPa; relação a/c em função da resistência: 0,54; teor de argamassa: 63%; teor de ar incorporado: 2,5%.

O traço unitário utilizado a princípio foi o de 1:2,74:2,21:0,54 (cimento:agregado miúdo:agregado graúdo:a/c). Para compor os agregados miúdos foi utilizada uma proporção experimental de 49% de areia natural e 51% de pó de pedra. Inicialmente foi adotada uma relação a/c igual a 0,54. O aditivo plastificante foi utilizado em uma proporção de 0,85% em relação à massa de cimento. Já o aditivo superplastificante de 3ª geração foi adicionado em pequenas quantidades até se atingir a fluidez desejada, partindo inicialmente de uma proporção de 0,925% da massa do aglomerante.

Com a finalidade de aperfeiçoar o preenchimento entre os agregados, conseqüentemente minimizando o índice de vazios e melhorando o aspecto áspero da mistura, foi dosado um novo traço.

Com as alterações feitas, o traço unitário foi redefinido para 1:2,71:1,87:0,56. O aditivo plastificante foi adicionado em 0,90% em relação à massa de cimento. Já o aditivo superplastificante de 3ª geração foi adicionado aos poucos, partindo de uma relação de 0,89%.

Para analisar a fluidez do concreto dosado foi realizado o ensaio do *slump flow test*. O espalhamento (SF) alcançado foi de 595 mm, enquadrando-se na classe SF1, a qual aplica-se a estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura.

O ensaio do anel J foi realizado obtendo o valor de PJ igual a 49,50 mm, enquadrando-se na classe PJ2, podendo ser aplicado em elementos estruturais com armadura entre 80 mm a 100 mm.

Para o ensaio da caixa L, o resultado obtido para PL2 foi igual a 0,82, podendo ser utilizado na maioria das aplicações, especialmente nas estruturas que tenham espaçamento de 60 mm a 80 mm nas suas armaduras.

Para análise das propriedades do CAA no estado endurecido, foram moldados 09 CP's de dimensões 10x20 cm², conforme prescreve a NBR 5738 (ABNT, 2016), para posteriormente serem ensaiados de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007) para determinação da resistência à compressão do concreto dosado, sendo que as resistências médias à compressão variaram de 25,10 MPa, aos 03 dias, a 35,57 MPa, aos 28 dias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as propriedades do CAA no estado fresco, os resultados obtidos com o segundo traço dosado enquadraram-se nos limites da literatura deste trabalho. O CAA foi classificado como SF1, PJ2 e PL2.

Dessa forma, analisando os resultados obtidos nos ensaios, foi possível constatar que o CAA apresentou uma fluidez adequada, se mantendo coeso ao passar por obstáculos, garantindo sua habilidade passante sem segregar ou exsudar.

No que se refere à resistência mecânica do CAA, o concreto dosado apresentou uma resistência à compressão maior do que a esperada, com valor médio de 35,57 MPa aos 28 dias, não somente por fatores comuns, como relação a/c, materiais utilizados, reduzido índice de vazios etc., como também por dispensar o adensamento e facilitar o seu lançamento (o que requer menos habilidade do operário), etapas as quais geram muitos problemas na durabilidade de um CCV. Ou seja, a durabilidade do CAA pode ser mais eficiente do que a do CCV, por reduzir prováveis erros na fase de aplicação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Janaína das Graças. **Influências de adições minerais pozolânicas e de finos de pedra nas propriedades mecânicas e na microestrutura do concreto auto-adensável**. 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-1**: Concreto autoadensável Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. 2017 a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-2**: Concreto autoadensável Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual - Método do cone de Abrams. 2017 b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-3**: Concreto autoadensável Parte 3: Determinação da habilidade passante - Método do anel J. 2017 c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-4**: Concreto autoadensável Parte 4: Determinação da habilidade passante - Métodos da caixa L e da caixa U. 2017 d.

CAVALCANTI, Diogo Jatobá de Holanda. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto auto-adensável visando sua aplicação em elementos estruturais**. 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

DAROS, Bruna. **Estudo e desenvolvimento do concreto autoadensável com metacaulinita**. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, Criciúma, 2009.

GOMES, Paulo César Correia; BARROS, Paulo Rodrigues. **Métodos de dosagem de concreto autoadensável**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2009.

LOTURCO, Bruno; FARIA, Renato. Vantagens Concretas. **Téchne**, [s.l.], n. 140, nov. 2008. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/140/artigo286551-1.aspx>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

MARQUES, Ana Carolina. **Concreto auto-adensável**: Caracterização da evolução das propriedades mecânicas e estudo da sua deformabilidade por solicitação mecânica, retração e fluência. 2011. 175 f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de

São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PEDROSO, Fábio Luís. Concreto: As origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto & Construções**, São Paulo, n. 53, jan. fev. mar. 2009.

REPETTE, Wellington Longuini. Concreto Autoadensável. In: **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011. 2 v. cap. 48.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca. **Preposição de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis**. 2007. 162 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; DAL MOLIN, Denise Carpena. **Concreto auto-adensável**. São Paulo: Pini, 2008.