

Comportamento do concreto auto adensável à base de cimento álcali ativado em função do teor de superplastificante.

Behavior of self-compacting activated alkali cement based on superplasticizer content.

RESUMO

O cimento álcali ativado (CAT) é composto por materiais ricos em aluminatos, encontrados principalmente em subprodutos industriais e uma fonte de ativador alcalino. Este, tem se destacado pela alta resistência mecânica, baixo calor de hidratação e pelo baixo impacto ambiental. O concreto auto adensável (CAA) surgiu com o intuito de se obter estruturas mais duráveis e aumentar a otimização de recursos e processos, o CAA possui como características principais a fluidez, coesão e resistência a segregação o que facilita a capacidade de moldagem pela ação do peso próprio, garantindo o adensamento, resistência e durabilidade. O presente estudo avaliou o comportamento do cimento álcali ativado em concreto auto adensável, analisando seu desempenho em relação ao teor de aditivo superplastificante a partir de ensaios de consistência normal e resistência mecânica. O CAT apresentou resistência mecânica elevada, entretanto, não apresentou fluidez equivalente para ser considerado auto adensável.

PALAVRAS-CHAVE: Cimento álcali ativado. Concreto auto adensável.

ABSTRACT

Activated alkali cement (CAT) is composed of aluminate-rich materials, found mainly in industrial by-products and an alkaline activator source. This has been highlighted by high mechanical resistance, low heat of hydration and low environmental impact. Self-compacting concrete (CAA) emerged in order to obtain more durable structures and increase the optimization of resources and processes. The CAA has as main characteristics the fluidity, cohesion and segregation resistance which facilitates the moldability by own weight, ensuring density, strength and durability. The present study evaluated the behavior of activated alkali cement in self-compacting concrete, analyzing its performance in relation to superplasticizer additive content from normal consistency and mechanical strength tests. The CAT presented high mechanical resistance, however, did not present equivalent fluidity to be considered self-compacting.

KEYWORDS: Alkali cement activated. Self-compacting concrete.

Keila Stedile

kstedile@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

Darlan Fabricio Mantelli

mantelli@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato branco, Paraná, Brasil

Caroline Angulski da Luz

angulski@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato branco, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Os cimentos álcalis ativados (CAT's) começaram a ser estudados a partir de 1940 por Purdon. Este, tem se destacado atualmente devido à alta resistência mecânica apresentada e o baixo impacto ambiental.

Os CAT's são materiais cimentícios desenvolvidos por meio de um ataque alcalino aos aluminossilicato amorfos ou vítreos de uma matéria prima utilizada em sua composição (BERNAL, 2015). Na maioria das vezes os CAT's envolvem, apenas reuso de subprodutos da indústria sem exigir calcinação da matéria-prima, como escórias, cinzas volantes, resíduos de construção e demolições (RCD) produzindo cimentos de baixo impacto ambiental com propriedades mecânicas aplicadas à construção civil (LANGARO et al., 2016).

Com a necessidade de se obter estruturas mais duráveis, com economia e menor tempo de execução, tendo em vista a utilização otimizada dos materiais e a ausência do adensamento mecânico do concreto, novas tecnologias surgiram (GOMES e BARROS, 2009).

O concreto auto adensável (CAA) é descrito como um dos produtos mais revolucionários na construção civil que possibilitou novas tecnologias do concreto nas últimas décadas (EFNARC, 2002). A principal característica deste material é sua capacidade de moldar-se no interior das fôrmas por ação do peso próprio alcançando adensamento total, sem a necessidade de aplicação de forças externas, preenchendo espaços vazios de forma uniforme, o que acarreta em homogeneidade para a estrutura e otimização para obras com altas taxas de armadura (NUNES, 2001).

No entanto, para que as estruturas possam garantir qualidade é necessário que o concreto auto adensável não apresente exsudação e segregação (MELO, 2005).

O CAA tem grande versatilidade e pode ser comparado ao concreto convencional em sua aplicação, pois pode ser utilizado tanto moldado in loco como na indústria de pré-moldados, sua dosagem pode ser feita tanto no canteiro de obras como em centrais de concreto, além disso, pode ser manuseado com bombas de concreto, guias ou simplesmente espalhado.

Para o concreto ser considerado auto adensável são necessárias três propriedades, fluidez, coesão, resistência a segregação e resistência mecânica. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo o estudo do comportamento do concreto auto adensável à base de CAT em função do teor de superplastificante.

MATERIAIS E MÉTODOS

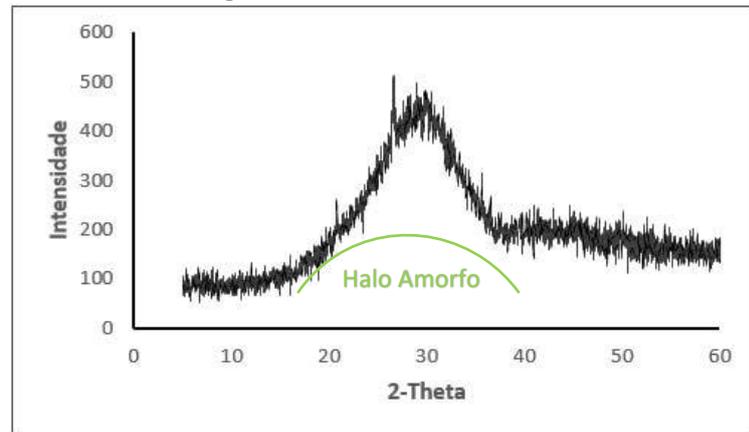
Para a realização desse estudo foi utilizado escória ácida, a qual foi triturada em moinho de bolas de porcelana por um período de 3 horas até obter superfície específica igual a $5112\text{cm}^2/\text{g}$. Sua massa específica é de $2,87\text{g}/\text{cm}^3$ e relação CaO/SiO_2 igual a 0,97 o que a caracteriza como ácida. A composição química da escória está exibida na Tabela 1. Para fins de caracterização da escória foi realizada a difração de raio-X (DRX), a qual apresentou caráter amorfo como mostra a Figura 1.

Tabela 1 – Composição do Cimento Álcali Ativado

Óxidos	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O	SO ₃
Escória	38,1	37,0	13,9	6,2	1,3	1,1	0,9	0,8	0,2	0,1

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 1 – DRX escória ácida.

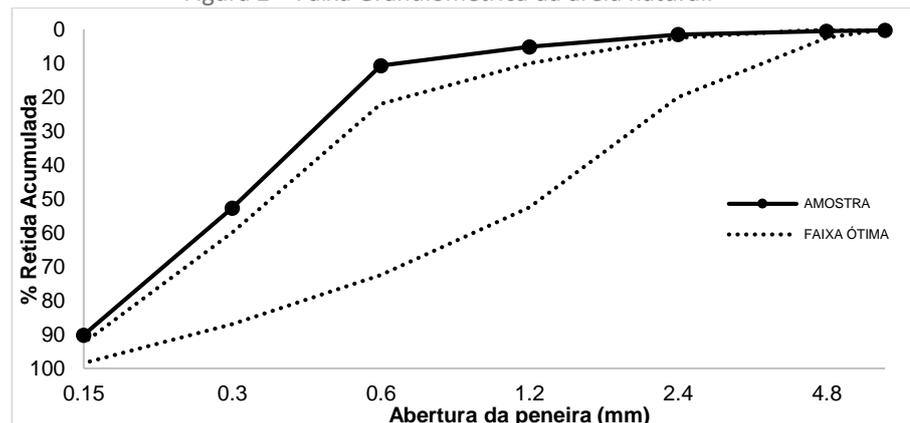


Fonte: Autoria própria (2019).

O ativador alcalino utilizado foi o hidróxido de sódio (NaOH) em micropérolas da marca Isofar. Com base no estudo de Langaro (2016), foi definido o teor de ativador alcalino de 5% da massa de escória este apresentou resultados satisfatórios. A composição do cimento álcali ativado é apresentada na Tabela 2.

O agregado miúdo utilizado foi areia natural com densidade de 2,69g/cm³ granulometria da mesma pode ser observada na Figura 2, também foi utilizada areia normatizada.

Figura 2 – Faixa Granulométrica da areia natural.



Fonte: Autoria própria (2019).

Para auxiliar na fluidez da argamassa foi utilizado aditivo superplastificante à base de Lignossulfonato da marca Grace. Segundo o fabricante este aditivo possui elevado poder dispersante com melhoria nas resistências finais, capacidade de prolongar a manutenção de abatimento do concreto mantendo os tempos de pega controlados. Além disso, é especialmente formulado para cimentos com alto teor de adições, possui massa específica entre 1,13 a 1,19 kg/cm³.

Tabela 2 – Composição do Cimento Álcali Ativado

CAT	
Escória de alto forno	95%
Hidróxido de Sódio (NaOH)	5%

Fonte: Autoria própria (2019).

Inicialmente foram realizados ensaios para verificar o teor ótimo de ativador, deste modo, foi analisada qual porcentagem apresentou resultados mais satisfatórios.

Para essa análise foi realizado ensaio em pasta a qual apresenta composição na Tabela 3. As porcentagens de ativador tiveram uma variação de 0,8%, iniciando em 1,2% da massa de cimento, sequentemente 2%, 2,8% e 3,6%.

Tabela 3 – Composição utilizada na produção da Pasta de CAA.

Cimento	Água (relação água/cimento)	Aditivo (% da massa de cimento)	Filler Calcário (% da massa de cimento)
1	0,4	1,2	10

Fonte: Autoria própria (2019).

Posteriormente foi realizado ensaio em argamassa para análise da trabalhabilidade do CAA. Para isso foi utilizada metodologia utilizada por Cadore (2018) apresentada no parágrafo posterior, a composição utilizada para a elaboração da argamassa pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4 – Composição utilizada na produção na argamassa de CAA.

Cimento	Areia	Água	Aditivo	Filler calcário (% da massa de cimento)
1	2,75	0,485	2	10

Fonte: Autoria própria (2019).

O procedimento de determinação do índice de consistência normal e avaliação da resistência mecânica seguiu a normativa NBR 7215 (ABNT, 1996). O procedimento iniciou-se inserindo a água, o cimento, o ativador NaOH e o filler calcário no misturador mantendo-os por agitação durante 2 minutos, em seguida a mistura foi deixada em descanso por 2 minutos, sequentemente acrescentado o aditivo superplastificante e misturado por 3 minutos em velocidade rápida, nas argamassas após essa etapa foi acrescentado o agregado miúdo e misturado por mais 3 minutos. As misturas foram acondicionadas em moldes prismáticos (4 cm x 4cm x 16 cm), mantidas em câmara úmida sob temperatura controlada de 23°C e desmoldadas após 48 horas. Sequentemente as argamassas foram armazenadas em ambiente de RH>95% e temperatura de 23±0°C até 7 e 28 dias para testes de resistência à compressão.

RESULTADOS

A Tabela 4 mostra os resultados da consistência da pasta cimentícia com os diferentes teores de aditivo superplastificante. Pode-se observar que o melhor resultado foi a pasta com 2% de aditivo (Figura 2). Com o resultado desse

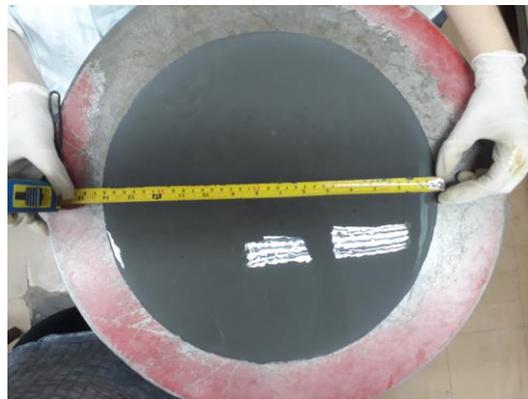
procedimento foi realizado a moldagem da argamassa com teor de aditivo de 2% em relação ao cimento.

Tabela 4 – Composição utilizada na produção da Pasta de CAA.

Teor de aditivo (%)	Espalhamento (cm)
1,2	42
2	52
2,8	49
3,6	49

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 3 – Espalhamento da Pasta de CAA com 2% de aditivo.



Fonte: Autoria própria (2019).

A primeira moldagem em argamassa com areia natural não apresentou fluidez como pode ser observado na Figura 2-a, na segunda tentativa optou-se por utilizar areia normalizada segundo a normativa NBR 7214 (ABNT, 2015), esta apresentou melhores resultados Figura 2-b. A fluidez está diretamente a trabalhabilidade do concreto possibilitando efetuar o bombeamento em grandes distâncias horizontais e verticais, podendo atingir locais com dificuldades para adensamento pelo meio convencional de vibração.

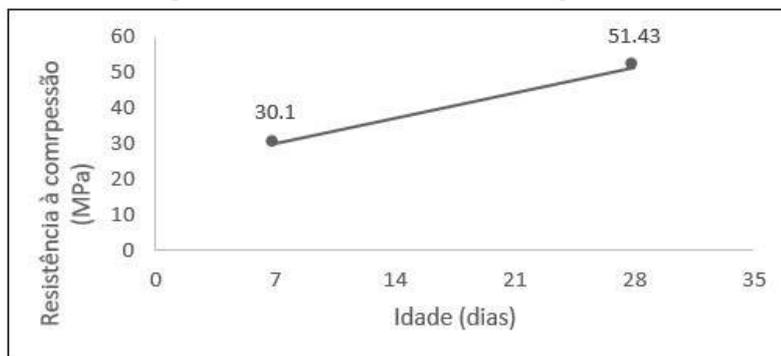
Figura 4 – Espalhamento da argamassa a) Areia natural, b) Areia normalizada



Fonte: Autoria própria (2019).

A análise de resistência à compressão foi realizada apenas para a argamassa com areia normalizada. A Figura 4 apresenta os resultados de resistência à compressão, nota-se que as amostras apresentaram resistência significativa e ganho elevado entre as idades de 7 a 28 dias.

Figura 5 – Resistência mecânica da argamassa.



Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÕES

O Objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento do cimento álcali ativado em concreto auto adensável analisando seu desempenho em função do teor de superplastificante.

- Em relação ao índice de consistência normal a pasta com CAT apresentou resultados significativos com 2% de aditivo, entretanto, o aumento dos teores não apresentou ganho de espalhamento, isso mostra que o aditivo tem um ponto de saturação o que não possibilita ganho na fluidez.

-Em relação ao índice de consistência normal a argamassa com CAT, na amostra com areia normal a amostra não apresentou espalhamento e sim um consumo maior de pasta. Isso se deve à granulometria da areia, uma granulometria menor demanda uma maior quantidade de água dificultando a deformabilidade da argamassa. Já a argamassa com areia normatizada apresentou espalhamento de 26 cm, entretanto, para ser considerado como CAA deve apresentar alcance entre 60 a 80 cm.

-Em relação à resistência mecânica, a argamassa com CAT apresentou valores de resistência próximos a 52 Mpa aos 28 dias, o que possibilita sua utilização em diversos fins na engenharia civil, tendo em vista que se enquadra na classe de resistência C60.

-A utilização de CAT para uso no CAA possui poucas referências, sendo que os principais estudos são em pastas. Os estudos em argamassas e concretos não apresentam bons resultados quanto ao espalhamento, mesmo com diferentes bases de aditivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora orientadora desse trabalho Prof^a Dra. Caroline Angulski da Luz, pela disponibilidade, suporte e incentivo. A todos os colegas do grupo de pesquisa e laboratório, em especial Priscila, Mariana, Juneor, Leonardo, Isabel e Laura que prestaram auxílio sempre que preciso. Agradeço também ao CNPq pelo auxílio e incentivo a pesquisa científica. Também a UTFPR por proporcionar a estrutura, material e incentivar o desenvolvimento científico e tecnológico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7215: Cimento Portland Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7214: Areia normal para ensaio de cimento – Especificações. Rio de Janeiro, 2015.

BERNAL, S. The resistance of alkali-activated cement-based binders to carbonation. In: **Handbook of Alkali-Activated Cements, Mortars and Concretes**. [S.l.]: Elsevier, 2015.p. 319–332.

EFRNARC, S. **Guidelines for self-compacting concrete**. London, UK: Association House, v. 32, p.24, 2002.

GOMES, P. C. C.; BARROS, A. R. D. **Métodos de dosagem de concreto auto adensável**. São Paulo: pini, 2009.

LANGARO, E. et al. **Estudo do teor de ativador no desempenho de cimentos álcali ativados feitos com escórias ácidas em idades iniciais**. 60º Congresso de Cerâmica, São Paulo, 2016.

MELO, K. A. D. **Contribuição à dosagem do concreto auto –adensável com adição de filler calcário**. 2005. 183 p. Pós graduação em engenharia Civil - vPPGEC.

NUNES, S. C. B. **Betão Auto-Compactável: Tecnologia e Propriedades**. 2001. 198p. Pós graduação em Estruturas de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porot.

TUTIKIAN, B. F.; MOLIN, D. C. D. **Concreto auto-adensável**. São Paulo: PINI, 2008.