

## UTILIZAÇÃO DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EM ARGAMASSAS ÁLCALI-ATIVADAS

**FERNANDES, Luiz Flávio Reis (1); GERALDO, Rodrigo Henrique (2); SALDEIRA, Conrado Game (4); CAMARINI, Gladis (4)**

(1) Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, luiz.flavio@ifsuldeminas.edu.br; (2) Pós-Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, rodrigo.h.geraldo@gmail.com; (3) Graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, cgasal@hotmail.com; (4) Professora Titular, Grupo de Estudos em Desenvolvimento Regional e Reciclagem de Resíduos Industriais e de Construção - GEDRRIC, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, gcamarini@gmail.com;

*Resumo: Aglomerantes álcali-ativados (AAA) são materiais alternativos ao cimento Portland, que embora seja o aglomerante mais empregado no planeta causa impactos ambientais negativos. Em alguns casos, argamassas produzidas com os AAA apresentam baixos índices de consistência, influenciando negativamente a trabalhabilidade do produto no estado fresco. O objetivo deste estudo foi avaliar a consistência de argamassas álcali-ativadas compostas com aditivo superplastificante a base de naftaleno. Duas argamassas foram produzidas com sílica da casca do arroz (SCA), soda cáustica (NaOH), água, metacaulim e agregado miúdo. Outras duas foram moldadas com os mesmos materiais, porém com o acréscimo de aditivo superplastificante em diferentes dosagens. Para avaliar o desempenho das argamassas utilizou-se a mesa de consistência (flow table) e a resistência mecânica nas idades de 1 e 7 dias. Não foi observado melhora significativa nos resultados de consistência quando utilizados aditivos superplastificantes, havendo um aumento de apenas 5,6% quando se utiliza 1% do aditivo. À medida que o tempo de cura aumentou, a resistência mecânica diminuiu nas misturas com aditivo, principalmente quando a proporção utilizada é de 0,5%. Evidencia-se que os aditivos superplastificantes a base de naftaleno não são indicados para essa composição e molaridade de argamassas álcali-ativadas.*

**Palavras-chave:** *geopolímero, trabalhabilidade, resíduo de porcelana.*

**Área do Conhecimento:** *Características tecnológicas e de desempenho – Tecnologias de componentes construtivos.*

### 1 INTRODUÇÃO

Novos aglomerantes são necessários para substituir, ainda que parcialmente o cimento Portland (CP), aglomerante altamente empregado na construção civil cuja produção causa impactos ambientais consideráveis, e nesse sentido os aglomerantes álcali-ativados (AAA) aparecem com potencial como uma alternativa ao CP (PACHECO-TORGAL et al., 2008).

Os AAA são produzidos a partir da mistura de uma fonte alcalina com materiais aluminossilicatos, que proporciona uma reação química resultando em um material enrijecido e com propriedades mecânicas consideráveis (PROVIS, 2017).

Assim como nos demais países do mundo, há grande interesse pelos AAA no Brasil (GERALDO, 2016). Concretos produzidos com AAA podem reduzir a emissão de gases de efeito estufa entre 32 e 43%, quando comparadas às emissões provenientes da produção do concreto convencional feito com CP e de mesma resistência à compressão (TEH et al., 2017).

Muitos autores empregam o silicato de sódio comercial na produção dos AAA, diminuindo os efeitos ambientais benéficos associados ao produto (TURNER e COLLINS, 2010). O uso de silicato de sódio

alternativo, produzido a partir da dissolução da sílica presente na cinza de casca de arroz surge como uma alternativa que proporciona materiais com propriedades mecânicas interessantes para a construção civil (GERALDO et al., 2017).

Apesar das vantagens ambientais e das boas propriedades mecânicas, muitas vezes há baixa trabalhabilidade no estado fresco dos produtos preparados com os AAA. O desenvolvimento de aditivos que possibilitem um bom controle reológico do material é um dos desafios associados ao pleno desenvolvimento dos AAA (PROVIS, 2017).

Este trabalho avaliou o efeito da utilização de um aditivo superplastificante usualmente empregado em materiais com CP em uma argamassa álcali-ativada, a fim de verificar se este apresentava efeito benéfico em sua trabalhabilidade.

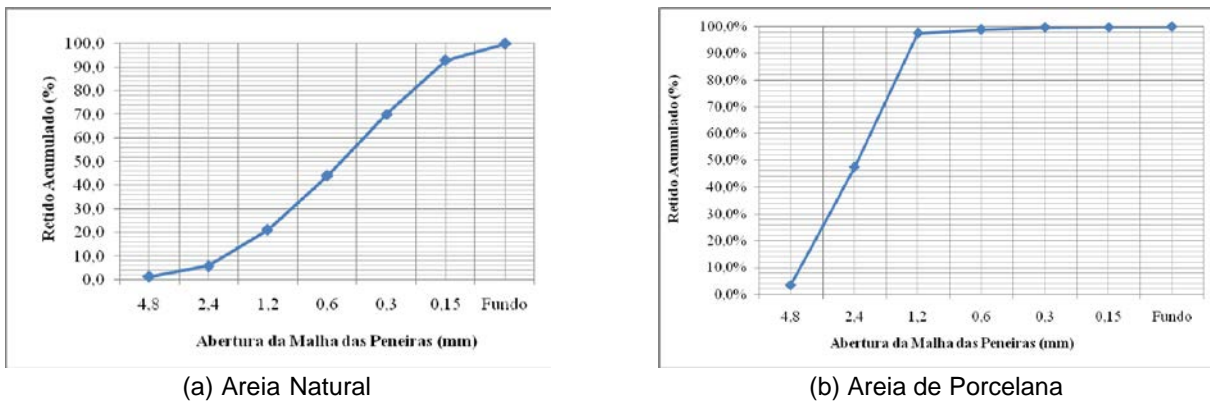
**2 MATERIAIS E MÉTODOS**

**2.1 Materiais**

Os materiais empregados nesta pesquisa foram: o NaOH em escamas com pureza superior a 97%; o metacaulim (MK), da marca “Metacaulim HP ULTRA”; a sílica da casca do arroz (SCA), da marca “Silcca Nobre”; areia natural de leito de rio utilizada na região de Campinas e areia de porcelana (ARP) foram utilizados como agregado miúdo; água fornecida pelo sistema público de abastecimento da cidade de Campinas/SP; e aditivo superplastificante a base de naftaleno.

A Figura 1 apresenta as curvas granulométricas da areia natural (a) e da areia de porcelana (ARP) (b). O Quadro 1 apresenta as características físicas destes agregados.

**Figura 1 - Curva Granulométrica dos agregados**



**Quadro 1 - Características físicas dos agregados**

Propriedade	Areia natural	Areia de porcelana
Dimensão Máxima Característica (mm)	2,4	4,8
Módulo de Finura	2,35	4,47
Massa Específica (kg/m³)	2.638	2.450

**2.2 Métodos**

A dissolução da SCA seguiu os procedimentos descritos por Geraldo et al. (2017). Foi empregado um agitador magnético com aquecimento e agitação (temperatura de 90 °C ± 5 °C), onde a mistura de NaOH, SCA e água em proporções pré-estabelecidas era mantida pelo período de 30 minutos, buscando assim um silicato

de sódio alternativo ao comercial.

As argamassas foram preparadas com o auxílio de um misturador mecânico da marca Perfecta Curitiba, com capacidade para 20 litros. Na preparação das argamassas era efetuada adição gradativa dos materiais na seguinte ordem: 1) Silicato de Sódio; 2) MK e 3) areia, com uma duração aproximada de 4,5 min até a obtenção de um material homogêneo. O adensamento se deu com o auxílio de uma mesa vibratória, com duração de 1 minuto. Todos os corpos de prova foram desmoldados 24 h ( $\pm 2$  h) após a moldagem. O aditivo superplastificante foi adicionado às misturas em duas dosagens: 5,4 g e 2,7 g, que correspondem respectivamente a 1,0% e 0,5% da massa total de material sólido.

As argamassas foram moldadas com aditivo superplastificante nessas duas dosagens. O Quadro 2 apresenta a composição das misturas.

**Quadro 2 - Descrição das misturas com aditivo superplastificante**

Identificação	Metacaulim (g)	Água (mL)	Tempo Dissolução (min)	Areia de Porcelana (g)	Areia Natural (g)	Aditivo (g)
AN	355	230	30	-	1065	-
AN <sub>1</sub>				-	1065	2,7
AN <sub>2</sub>				-	1065	5,4
ARP				1065	-	-
ARP <sub>1</sub>				1065	-	2,7
ARP <sub>2</sub>				1065	-	5,4

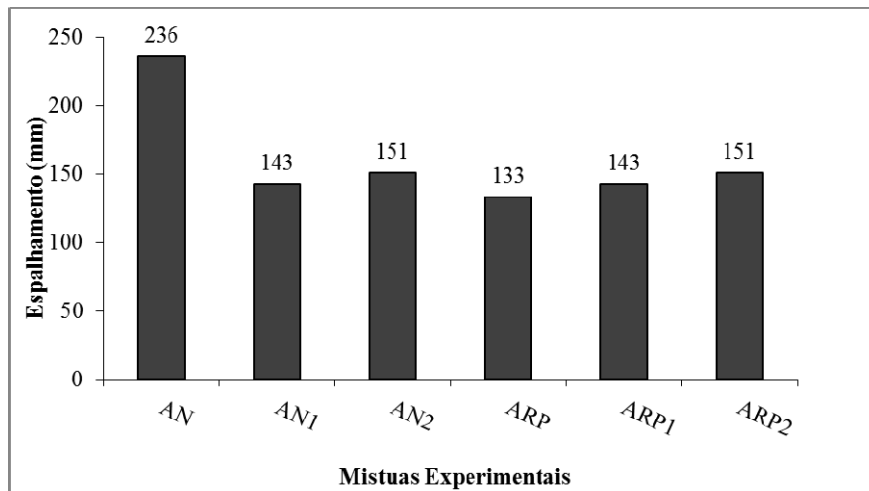
A consistência da argamassa foi determinada por meio da mesa de consistência (*flow-table*) seguindo os procedimentos descritos na NBR 13276 (ABNT, 2005).

Foram moldados corpos de prova prismáticos (160 mm x 40 mm x 40 mm) para os ensaios de resistência à tração na flexão e resistência à compressão, que seguiram as recomendações da NBR 13279 (ABNT, 2005). Os ensaios foram realizados com o auxílio de uma máquina modelo Versa Tester com capacidade de 150 kN.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 mostra os resultados de consistência das argamassas.

**Figura 2 - Consistência**



No estado plástico a argamassa deve apresentar boa trabalhabilidade, medida pela consistência, para promover o uso prático na construção civil.

A presença de aditivo superplastificante reduziu os valores da consistência independentemente do agregado miúdo utilizado. O melhor valor de espalhamento encontrado foi de 236 mm para a argamassa composta por areia natural (AN), sendo cerca de 56% superior à mistura composta por ARP sem aditivo. Isso porque ao ser moída, a areia de porcelana, adquire formato lamelar, cuja espessura é pequena em relação às outras dimensões. A forma dos grãos dos agregados é um fator que influencia fortemente a consistência das argamassas (CAMPOS, 2009).

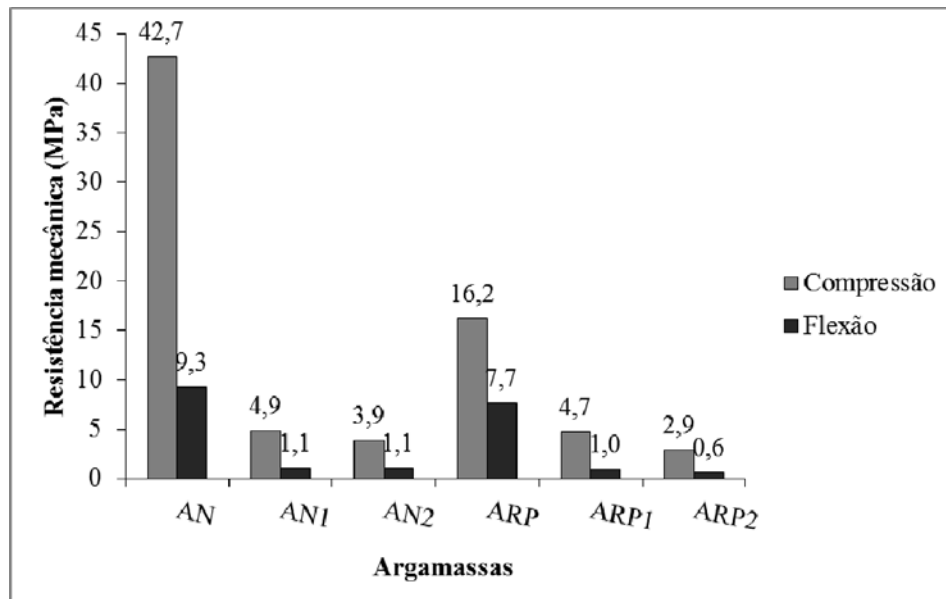
Não foi observado melhora significativa nos resultados de consistência quando utilizados aditivos superplastificantes. Porém, conforme esperado, um pequeno aumento foi verificado quando se utilizou o aditivo superplastificante (AN<sub>2</sub> e ARP<sub>2</sub>) na dosagem de 1% (5,4 g) em relação à massa sólida da mistura (SCA +NaOH+MK).

Observa-se que a presença da areia natural nas argamassas promove ganho de trabalhabilidade, indicando a possibilidade de se preparar as misturas sem o aditivo superplastificante.

Originalmente, os aditivos superplastificantes são produzidos para influenciar na consistência de misturas preparadas com cimento Portland. O uso de plastificantes tradicionalmente usados na produção de materiais à base de cimento Portland não produzem qualquer tipo de resultado nos aglomerantes álcali-ativados, pois o meio altamente alcalino destrói a estrutura química dos plastificantes, sendo a melhoria de trabalhabilidade atribuída unicamente ao incremento de água na mistura (CRIADO et al., 2009). Além disso, os aditivos superplastificantes são estudados intensamente para misturas com cimento Portland e seus efeitos em outros aglomerantes, tais como escória álcali ativada, têm recebido pouca atenção (PALACIOS E PUERTAS, 2005).

A Figura 3 mostra os resultados de resistência mecânica das argamassas na idade de 7 dias.

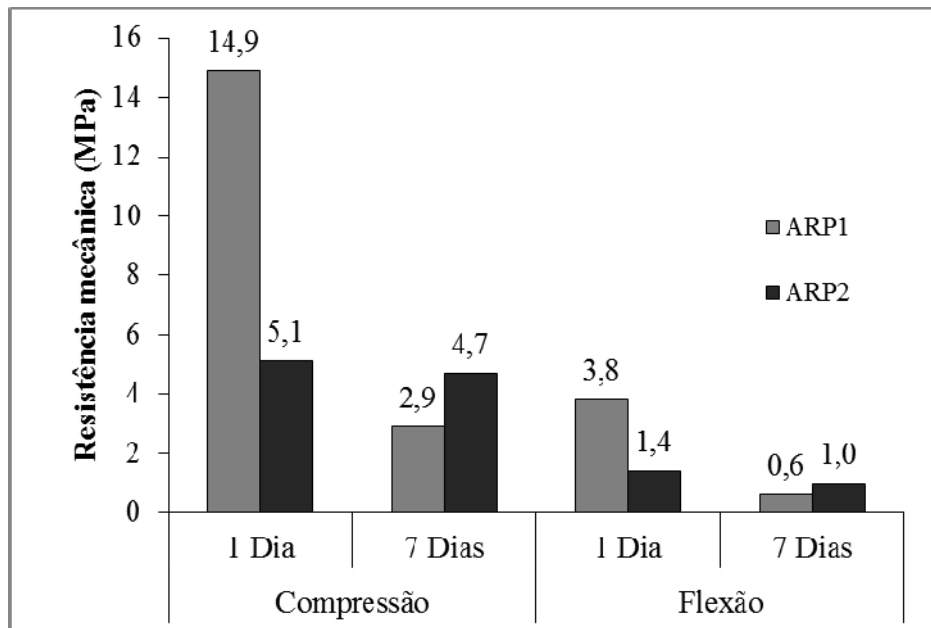
**Figura 3 - Resistência Mecânica das Argamassas**



Nenhuma das misturas com aditivo superplastificante a base de naftaleno atingiu os valores obtidos nas misturas sem aditivo (AN e ARP). Os resultados da resistência à compressão, cujo valor máximo foi de 4,9 MPa (AN<sub>1</sub>), de uma maneira geral, não são suficientes para a produção de argamassas álcali-ativadas, tendo em vista que é possível atingir valores superiores de resistência mecânica com argamassas moldadas sem a presença de aditivo superplastificante.

As argamassas compostas por ARP e aditivo superplastificante foram submetidas aos ensaios de resistência mecânica para avaliar o desempenho em relação ao período de cura (1 e 7 dias) (Figura 4).

**Figura 4 - Resistência Mecânica das Argamassas em relação ao tempo de cura**



O tempo de cura é uma variável que demonstra que a resistência mecânica diminui bastante ao longo do tempo quando se utiliza aditivo superplastificante, principalmente quando a proporção utilizada é de 0,5%, observado em ARP<sub>1</sub> a 1 e 7 dias. Certamente, tal ocorrência se deve ao fato de que os aditivos utilizados comumente em concretos convencionais não são adequados para utilização em materiais álcali-ativados conforme enfatizado anteriormente.

Alguns autores apontam que o uso de superplastificante é eficaz na melhora da trabalhabilidade da pasta (KHALE e CHAUNDHARY, 2007). Entretanto, neste trabalho foi observado que o aditivo superplastificante a base de naftaleno não resultou em melhoras na consistência das argamassas nem mesmo na resistência mecânica.

#### 4 CONCLUSÕES

Não foi observado melhora significativa nos resultados de consistência quando utilizados aditivos superplastificantes. A resistência mecânica diminui à medida que o tempo de cura aumentou.

Diante do exposto, observa-se a viabilidade da utilização do RP em substituição parcial ao agregado miúdo convencional. Os resultados indicam que não se deve utilizar aditivo superplastificante a base de naftaleno em aglomerantes álcali-ativados devido aos baixos valores de consistência e resistência mecânicas obtidas.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro concedido a pesquisa e aos técnicos do Laboratório de Aglomerantes e Resíduos (LARES-UNICAMP) pelo suporte técnico. Agradecemos a empresa Metacaulim do Brasil pela doação de material para a pesquisa e ao Prof. Dr. Carlos E. M. Gomes pela disponibilização da SCA.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

CAMPOS, M. A. Estudo do reaproveitamento de Isoladores Elétricos de Porcelana como agregados em argamassas e concretos. 155 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura, Universidade Estadual de Campinas, 2009, Campinas: Brasil.

CRIADO, M. et al. Alkali activated fly ash: effect of admixtures on paste rheology. *Rheologica Acta*, v. 48, n. 4, p. 447-455, 2009.

GERALDO, R. H. Aglomerante álcali-ativado contendo lodo de ETA e cinza de casca de arroz. 134f. Dissertação – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura, Universidade Estadual de Campinas, 2016, Campinas: Brasil.

GERALDO, R. H.; FERNANDES, L. F. R.; CAMARINI, G. Water treatment sludge and rice husk ash to sustainable geopolymer production. *Journal of Cleaner Production*, 2017, v. 149, p. 146–155.

KHALE, D.; CHAUNDHARY, R. Mechanism of geopolymerization and factors influencing its development: a review. *Journal of Materials Science*, 2007, v. 42, p. 729-746.

PACHECO-TORGAL, F.; CASTRO-GOMES, J.; JALALI, S. Alkali-activated binders: A review part 1. Historical background, terminology, reaction mechanisms and hydration products. *Construction and Building Materials*, 2008, v. 22, p. 1305-1314.

PALACIOS, M.; PUERTAS, F. Effect of superplasticizer and shrinkage-reducing admixtures on alkali- activated slag pastes and mortars. *Cement and Concrete Research*, v. 35, n. 7, p. 1358–1367, jul. 2005.

PROVIS, J. L. Alkali-activated materials. *Cement and Concrete Research*, Article in proof., mar. 2017.

TEH, S. H. et al. Hybrid life cycle assessment of greenhouse gas emissions from cement, concrete and geopolymer concrete in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 2017, v. 152, p. 312–320.

TURNER, L. K.; COLLINS, F. G. Carbon dioxide equivalent (CO<sup>2</sup>) emissions: a comparison between geopolymer and OPC cement concrete. *Construction and Building Materials*, 2013, v. 43, p. 125-130.