

## Elaboração de concretos auto adensáveis obtidos com cimentos álcali ativados visando à aplicação na indústria de pré-fabricados

## Elaboration of self-compacting concretes obtained with Alkali-activated cements for the application in the prefabricated industry

**Paulo Henrique Bortolozzo**  
[paulobortolozzo@alunos.utfpr.edu.br](mailto:paulobortolozzo@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Caroline Angulski da Luz**  
[angulski@hotmail.com](mailto:angulski@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Darlan Fabrício Mantelli**  
[mantelli@alunos.utfpr.edu.br](mailto:mantelli@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

### RESUMO

A escória de alto forno é um subproduto da produção do ferro gusa, que a partir de pesquisas e estudos vem adquirindo papel fundamental na produção de cimento. A escória (básica ou ácida) quando utilizada juntamente com um ativador é denominada cimento álcali-ativado. A utilização da escória em cimentos é uma alternativa sustentável para as indústrias cimenteiras, além de apresentar boa resistência e baixo calor de hidratação. No vigente trabalho procurou-se produzir um concreto auto adensável com a substituição do cimento Portland por cimento álcali-ativado utilizando diferentes superplastificantes. Após a produção dos concretos, pode-se notar que para as diferentes bases de superplastificantes, os resultados não tiveram uma grande diferença entre si, apresentando pouca fluidez e se mostrando um cimento complexo, tornando necessário mais pesquisas para se chegar a um concreto com cimento álcali ativado auto adensável.

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

### ABSTRACT

Blast furnace slag is a byproduct of pig iron production, which from research and studies has been acquiring a key role in the production of cement. The slag (basic or acidic) when used together with an activator is called alkali-activated cement. The use of slag in cements is a sustainable alternative for the cement industries, besides presenting good resistance and low heat of hydration. In the current work, was sought to produce a self-compacting concrete with the substitution of Portland cement for Alkali-activated cement using different superplasticizers. After the production of the concretes, it can be observed that for the different bases of superplasticizers, the results did not have a great difference between them, presenting little fluidity and showing a complex cement, requiring more research to reach a concrete with self-compacting Alkali-activated.

**KEYWORDS:** Alkali-activated cement. Self-compacting concrete. Slag. Keyword one. Keyword two. Keyword tree.

**Recebido:** 31 ago. 2018.

**Aprovado:** 04 out. 2018.

#### Direito autorial:

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



## INTRODUÇÃO

O concreto auto adensável é constituído pelos mesmos reagentes do cimento plástico, porém com algumas adições, como: superplastificantes, aditivos modificadores de viscosidade e as adições minerais, somado a um maior consumo de cimento, devido a uma proporção maior de pasta de cimento-agregado, quando comparado ao concreto simples (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Com a dada importância atual com o meio ambiente e como o principal constituinte do Cimento Portland é o clínquer (material que em sua produção libera grande quantidade de gás carbônico), alternativas estão sendo estudadas para desenvolver um concreto sustentável e com materiais que possam substituir o clínquer. Uma das alternativas é o cimento álcali-ativado (CAT), que é formado por escória mais um ativador (responsável pelo endurecimento da escória e aceleração da hidratação). Por não apresentar o clínquer em sua composição, e ter como principal componente a escória, subproduto da fabricação do ferro gusa, garante menos poluição ao meio ambiente e um destino a um material que apresenta poucas funções.

Existem poucos estudos realizados com concreto auto adensáveis com cimentos álcali ativados. Ainda segundo Manjunath (2018), concretos produzidos com esse cimento tendem a ter problemas com trabalhabilidade, uma vez que a escória apresenta ativação precoce, endurecendo em taxas muito rápidas, em um intervalo de 15 a 20 minutos. Segundo estudos de Jang (2014) uma alternativa para aumentar a trabalhabilidade em concretos com CAT é o aumento da porcentagem de materiais ultrafinos.

O vigente trabalho busca encontrar um concreto que cause baixo impacto ambiental e ao mesmo tempo atenda aos requisitos da indústria de pré-fabricados, garantindo boa trabalhabilidade e boa resistência.

## FORMATO DO TEXTO

A escória de alto forno utilizada foi de caráter ácido com uma relação CaO/SiO<sub>2</sub> igual a 0,97, com sua composição listada na Tabela 1. A escória foi triturada utilizando um moinho de bolas e apresentou uma superfície específica, obtida a partir do método de Blaine, de 5112 cm<sup>2</sup>/g.

Tabela 1 – Composição química da escória ácida

Ídade	Percentual
SiO <sub>2</sub>	38.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.3
CaO	37.0
MgO	6.2
SO <sub>3</sub>	0.1
Na <sub>2</sub> O	0.2
TiO <sub>2</sub>	0.8
MnO	1.1

Fonte: Autoria própria (2018).

Baseado no trabalho da Langaro (2016), adotou-se como ativador alcalino o hidróxido de sódio em pérolas, em uma proporção de 50g para cada quilo de escória, uma vez que obteve resultados mecânicos bons e possui um baixo impacto ambiental.

Os aditivos superplastificantes utilizados foram: TEC FLOW 8000 (base de policarboxilato), Daracem 19 (base de naftaleno sulfonato) e Mira Set 63 (base de lignossulfonato) fornecidos pela empresa Grace.

Foram utilizados agregados graúdos, de acordo com a NBR NM 248, caracterizados como brita de origem basáltica passante na peneira 12,5mm e retidos na 4,75mm, e para o agregado miúdo se utilizou a areia natural.

O filler calcário calcítico, foi utilizado como adição mineral, com uma superfície de 4576 cm<sup>2</sup>/g e uma massa específica de 2,57 g/cm<sup>3</sup> conforme a ABNT NM 76.

A proporção utilizada para a produção do concreto auto adensável foi baseada nos estudos de Homrich (2018), adotando um traço de 1:2:2 com uma relação água/aglomerante de 0,4, adição de 10% de filler calcário e uma variação na aplicação dos aditivos superplastificantes conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Composição amostras

Amostra	Quantidade aditivo (%)	Base aditivo
CAT_1.2PC	1.2	Policarboxilato
CAT_2.0PC	2.0	Policarboxilato
CAT_4.0PC	4.0	Policarboxilato
CAT_1.2ND	1.2	Naftaleno
CAT_2.0ND	2.0	Naftaleno
CAT_4.0ND	4.0	Naftaleno
CAT_1.2LM	1.2	Lignossulfonato
CAT_2.0LM	2.0	Lignossulfonato
CAT_4.0LM	4.0	Lignossulfonato

Fonte: Autoria própria (2018).

Os concretos foram executados de duas maneiras distintas:

a) Método 1: Preparação da solução ativadora com o incremento do superplastificante com 24 horas de antecedência dos ensaios. Na argamassadeira adicionou agregado miúdo com metade da solução ativadora por 1 minuto em velocidade lenta. A escória ácida foi adicionada juntamente com o filler calcário e bateu a mistura por mais 1 minuto em velocidade lenta. Por último, foi adicionado agregado graúdo mais o restante da solução, batendo por 30 segundos iniciais em velocidade lenta e 30 segundos finais em velocidade rápida;

b) Método 2: Preparação da solução ativadora sem o incremento do superplastificante, também com 24 horas de antecedência dos ensaios. Na argamassadeira foi adicionado agregado miúdo mais metade da solução ativadora por 1 minuto em velocidade lenta. Adicionou-se a escória ácida juntamente com o filler e bateu a mistura por mais 1 minuto em velocidade lenta. O próximo passo foi adicionar agregado graúdo mais o restante da solução, bater

os 30 segundos iniciais em velocidade lenta e os 30 segundos finais em velocidade rápida. Deixou a amostra descansar por 2 minutos. Após o descanso, com a velocidade rápida, misturou o concreto por mais 3 minutos adicionando o superplastificante.

Para efeito de comparação foi produzido uma amostra seguindo o mesmo traço do trabalho, porém sem a utilização do hidróxido de sódio.

Foram moldados 3 corpos de prova prismáticos de dimensões 4x4x16cm, da amostra CAT\_1.2LM e deixados em câmara úmida com uma temperatura de 23oC por 48 horas para posteriormente obter sua resistência com 7, 28, 56 dias.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os concretos tanto quando preparados utilizando o método 1, quando utilizando o método 2 apresentaram péssima fluidez, não demonstrando características auto adensáveis.

As amostras com base de policarboxilato apresentaram os piores resultados. Utilizando-se o método 2, foi possível observar uma piora na fluidez do concreto em relação ao mesmo concreto sem a utilização de qualquer aditivo (Figura 1).

Figura 1 – CAT\_1.2PC



Fonte: Autoria própria (2018)

Já para as amostras realizadas com a aplicação de superplastificante à base de lignossulfonato (Figura 2) e à base de naftaleno sulfonado (Figura 3) houve uma melhora na trabalhabilidade, porém de baixa relevância, onde pode-se perceber um pequeno destaque para a amostra produzida com o aditivo feito com a base de lignossulfonato.

Apesar de apresentar uma melhora na fluidez do concreto em relação ao concreto plástico, e principalmente ao concreto com adição de aditivo à base de policarboxilato, as amostras formadas pela base de lignossulfonato e não apresentaram fluidez suficiente mesmo com o acréscimo de aditivo.

Figura 2 – CAR\_1.2ND



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 3 – CAT\_4.0LM



Fonte: Autoria própria (2018)

A amostra sem ativador também não apresentou boa trabalhabilidade, mostrando pouca fluidez, descartando a hipótese de estar havendo uma reação entre o ativador e a escória, ou o ativador e os aditivos.

Os corpos de provas não foram rompidos por não apresentarem pega necessária para desmolde.

### CONCLUSÕES

Como o trabalho visava uma comparação futura com o trabalho de Homrich (2018), não foi possível estabelecer um modo de execução para um concreto com cimento álcali ativado que conseguisse obter uma alta adensabilidade.

Os materiais propostos, diante do traço utilizado não foram suficientes para gerar um concreto que pudesse ser utilizado comercialmente.

Como Jang (2014) propôs, uma alternativa para estudos futuros pode ser a utilização de uma maior relação entre materiais ultrafinos e escória, como a adição de metacaulim.



## REFERÊNCIAS

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3ª. ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

MANJUNATH, R.; MATTUR, Narasimhan C. **An experimental investigation on self-compacting alkali activated slag concrete mixes**. Journal of Building Engineering, v. 17, p. 1-12, 2018. Disponível em: <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710217306289> >.  
Acesso em: 20 ago. 2018.

JANG, J. G.; LEE, N. K.; LEE, H.K. Fresh and hardened properties of alkali-activated fly ash/slag pastes with superplasticizers. Construction and Building Materials, v. 50, p. 169-176, 2014. Disponível em: <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181300888X> >.  
Acesso em: 20 ago. 2018.

LANGARO, E.A. **Cimento álcali ativado a partir da valorização da escória de alto forno a carvão vegetal**. Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. 2016.

HOMRICH, J. T. O. **Avaliação do comportamento do cimento supersulfatado em concreto autoadensável**. 2018. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

## AGRADECIMENTOS

Principalmente à minha orientadora Profa Dra. Caroline Angulski da Luz, pelo conhecimento transmitido e pela oportunidade. Aos meus amigos e pesquisadores Guilherme, Jefferson, Darlan, Letícia e Mariana, em especiais, responsáveis por ensinamentos e auxílio nos estudos sempre que necessário.