



Universidade de Brasília

# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

João Henrique da Silva Rêgo<sup>1</sup>, Paulo Vitor de Freitas Resende<sup>1</sup>, Rafael Rezende Ferrari Oliveira<sup>1</sup>, Claudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro. Asa Norte. 70910-900. Brasília/DF – Brazil.



**CBC**  
6<sup>o</sup> CONGRESSO  
BRASILEIRO  
DO CIMENTO



Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland



SINDICATO NACIONAL DA  
INDÚSTRIA DO CIMENTO



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

## Resumo

O uso de adições minerais incorporadas em concretos de cimento Portland tem crescido de forma intensa nas últimas décadas. A efetividade da atuação das adições minerais pode ser medida pelo conceito de atividade pozolânica, que engloba o efeito da reação pozolânica (reações químicas que ocorrem entre os elementos ativos da pozolana, a cal e a água), efeito filler e efeito dos pontos de nucleação.

Para melhor entender este conceito e avaliar a atividade pozolânica de três adições minerais altamente reativas, testou-se, no presente trabalho, o desempenho mecânico de argamassas com cimento Portland através do ensaio de Índice de desempenho, normatizado pelas normas NBR 15894-2/2010 e NBR 13956-3/2012 para o metacaulim e sílica ativa respectivamente. Fundamentados nestas duas normas vigentes, também foi feito o mesmo para a cinza de casca de arroz, que ainda não possui ensaio normatizado.

Os resultados encontrados mostraram que as modificações do ensaio de Índice de atividade pozolânica com cimento (NBR 5752/92) que redundaram nos novos ensaios de Índice de desempenho (NBR 15894-2/12 e NBR 13956-3/10) são adequadas para avaliação da reatividade das adições altamente reativas, porém com algumas observações.



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

## ▪ Objetivo

- Avaliar as adições minerais altamente reativas através do ensaio de Índice de desempenho com cimento segundo as normas NBR 15894-2 e NBR 13956-3 para o metacaulim e sílica ativa, respectivamente, e observar a aplicação do Índice de desempenho para a cinza de casca de arroz.

## ▪ Programa experimental

### – Materiais

- Cimento Portland CP II-F-32;
- Areia Normal Brasileira;
- Aditivo químico superplastificante;
- Adições Minerais Altamente Reativas: sílica ativa (SA), cinza da casca de arroz (CCA) e metacaulim (ME).



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

## ■ Programa Experimental

### – Caracterização das adições minerais

- Análise química, Difração de raio x e Granulometria à laser.

### – Determinação do Índice de Desempenho

- A determinação do Índice de desempenho foi realizada de acordo com os procedimentos descritos na NBR 15894-2 para o metacaulim e na NBR 13956-3 para a sílica ativa.
  - A primeira argamassa “R” (referência), tem traço 1:3 (em massa) de cimento e areia normal e água, com relação água/cimento igual a 0,48.
  - A segunda argamassa, “A”, contém 10% em massa de sílica ativa em substituição a parte do CP II-F-32, areia normal e água.
  - A terceira argamassa, “B”, contém 15% em massa de metacaulim em substituição a parte do cimento Portland, areia normal e água.
  - A quarta argamassa, “C1”, contém 10% em massa de cinza de casca de arroz em substituição a parte do cimento Portland, areia normal e água.
  - A quinta argamassa, “C2”, contém 15% em massa de cinza de casca de arroz em substituição a parte do cimento Portland, areia normal e água.



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

Quantidade em massa necessária para a moldagem de seis corpos-de-prova cilíndricos para o ensaio de Índice de desempenho.

Material	Massa necessária nas argamassas (g)				
	R	A(10% SA)	C1(10% CCA)	B (15% ME)	C2(15% CCA)
Cimento Portland CP II F 32	624	561,6	561,6	530,4	530,4
Sílica ativa	-	62,4	-	-	-
Metacaulim	-	-	-	93,6	-
Cinza de casca de arroz	-	-	62,4	-	93,6
Areia Normal	1872	1872	1872	1872	1872
Água	300	300	300	300	300
Aditivo superplastificante	-	*	*	*	*

*\* A quantidade de aditivo superplastificante para determinação do Índice de desempenho é aquela necessária para manter o índice de consistência normal das argamassas A, B, C1 e C2 em  $\pm 10$  mm do obtido com a argamassa R, determinado de acordo com o anexo B da ABNT NBR 7215:1996.*



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

## ■ Resultados

- Caracterização das adições minerais altamente reativas
  - Análise química e granulometria a laser.

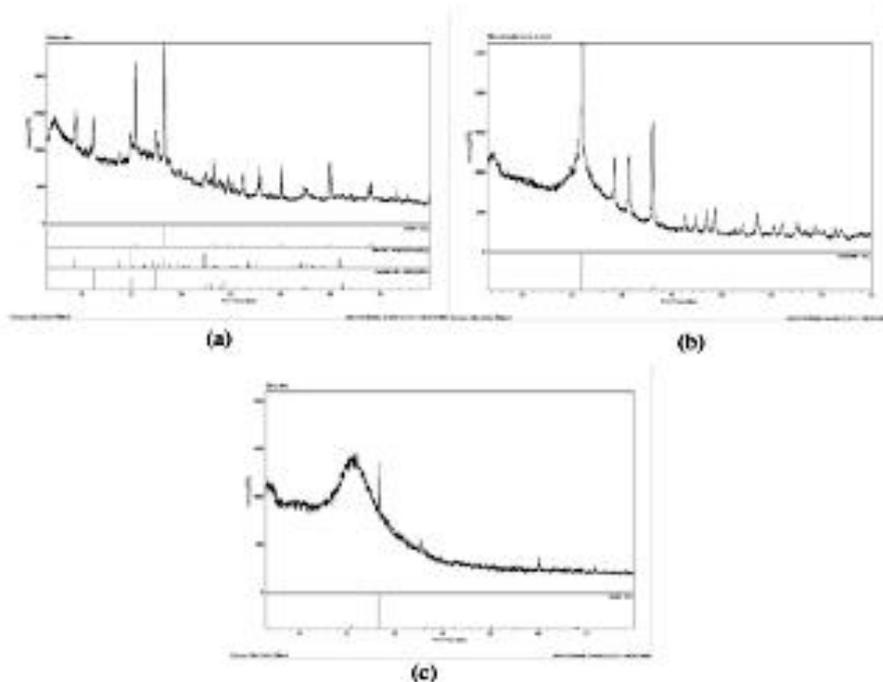
		Teor (% em massa)		
		Silica ativa	Cinza de casca de arroz	Metacaulim
Análise química (%)	SiO <sub>2</sub>	92,17	88,51	49,86
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,42	-	30,98
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,27	0,51	8,47
	K <sub>2</sub> O	3,66	6,18	5,59
	MgO	0,30	-	0,79
Granulometria a laser	D <sub>50</sub> (Diâmetro médio das partículas) (µm)	11,26	16,23	22,60

- Alto valor de diâmetro médio da sílica ativa e metacaulim justificado pela aglomeração das partículas.



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

## Difração de raios – X



Difratogramas de raios-X do ME (a), CCA (b) e SA (c).

- **Metacaulim**
  - pequena quantidade de material cristalino e um halo amorfo.
- **Cinza da casca de arroz,**
  - pico cristalino bem definido e referente à cristobalita (sílica cristalina).
- **Sílica ativa**
  - pouco material cristalino, apenas picos de baixa intensidade de Quartzo ( $\text{SiO}_2$ ).



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

## ■ Resultados

- Índice de Desempenho com cimento aos 7 dias

Argamassa	Superplastificante (%)	Consistência (mm)	Resistência à compressão (MPa)	Índice de desempenho (%)
CP	-	201,7	23,08	-
CP + 10% SA	0,35	196,7	22,8	96,10
CP + 15%ME	0,70	203,3	26,43	114,6
CP + 10% CCA	0,35	200	19,81	85,83
CP + 15% CCA	0,45	203,3	18,87	81,76

- De acordo com as normas NBR 15894-1 e NBR 13956-1, para um material ser considerado como uma adição mineral altamente reativa, o Índice de desempenho deve ser maior que 105%.



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

## ■ Conclusões

- Os resultados obtidos para as argamassas mostraram que a cinza de casca de arroz e a sílica ativa não atingiram o Índice de desempenho aos sete dias de idade para serem consideradas adições minerais altamente reativas.
- Em relação à sílica ativa, diante dos resultados da caracterização química e difração de raios x, considera-se precipitado a não aceitação desta adição, propondo a avaliação da resistência à compressão dessas argamassas aos 28 dias de idade.
- A cinza da casca de arroz, devido o seu baixo Índice de desempenho e pelos ensaios de caracterização, não foi considerada uma adição mineral altamente reativa. Essa baixa reatividade pode ser explicada pela presença de sílica no estado cristalino e a granulometria maior do que a recomendada.
- O Metacaulim apresentou as maiores resistências dentre todas as adições estudadas e um Índice de Desempenho superior aos 105%. O seu estado predominantemente amorfo explica esse comportamento.



# Avaliação do Ensaio de Índice de desempenho para Cinza de Casca de Arroz (CCA)

## ■ Agradecimentos

- Agradeço a Fundação de Apoio à Pesquisa da Distrito Federal (FAP-DF) pelo auxílio para participação no evento.

## ■ Referências Bibliográficas

- Listadas no artigo completo.

**Prof. João Henrique da Silva Rêgo**  
**Departamento de Engenharia Civil e Ambiental –**  
**Universidade de Brasília (UnB)**

**55(61)31075550**

**[jhenriquerego@ig.com.br](mailto:jhenriquerego@ig.com.br)**