

# AVALIAÇÃO DE COMPÓSITOS DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA/MASSA CERÂMICA ARGILOSA<sup>(1)</sup>

Mônica Castoldi Borlini<sup>(2)</sup>  
Carlos Maurício Fontes Vieira<sup>(3)</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>(4)</sup>

## Resumo

Em indústrias de cerâmica tradicional, as massas utilizadas são geralmente muito heterogêneas, consistindo de matérias-primas com uma larga faixa de composições. Por esta razão, essas massas são capazes de incorporar e reutilizar uma variedade de materiais residuais. Este trabalho tem por objetivo a incorporação de cinza proveniente da queima de bagaço de cana, utilizado em caldeiras de processamento de açúcar, em cerâmica vermelha. O sistema estudado cinza/massa cerâmica argilosa pode ser considerado como um material compósito. Foram feitas incorporações de 0, 10, 20 e 30% de cinza em uma massa cerâmica argilosa da região de Campos dos Goytacazes. Os corpos de prova foram preparados por extrusão e queimados em um forno elétrico a temperatura de 1050°C. Foram determinadas as seguintes propriedades: retração linear e resistência mecânica a flexão em três pontos a seco e queimado e absorção de água. Os resultados mostraram que a resistência à flexão dos corpos de prova secos não mudou até a incorporação de 20% de cinza. Praticamente não houve mudança na absorção de água mas os valores de retração linear e resistência à flexão dos corpos queimados diminuíram com a adição de cinza.

**Palavras-chave:** Cinza de bagaço de cana; Incorporação; Compósito.

<sup>1</sup> 60º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, ABM, 25 a 28 de julho de 2005, Belo Horizonte - MG.

<sup>2</sup> Engenheira química, doutoranda em Engenharia e Ciências dos Materiais da Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF.

<sup>3</sup> Engenheiro Mecânico, professor do Laboratório de Materiais Avançados, LAMAV, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF.

<sup>4</sup> Engenheiro Metalurgista, sócio da ABM, professor titular do Laboratório de Materiais Avançados, LAMAV, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes.

## INTRODUÇÃO

No município de Campos dos Goytacazes, localizado no norte do Estado do Rio de Janeiro, atualmente existem cerca de 100 cerâmicas de médio e grande porte, com uma produção mensal de 60.000.000 de peças. A produção na região é voltada sobretudo para a fabricação de blocos de vedação, sendo ainda produzidos em menor quantidade telhas, pisos extrudados, lajotas, bloco estrutural e tijolos aparentes [1].

Além da cerâmica, Campos tem sua economia também voltada para a produção de açúcar. Há atualmente sete indústrias açucareiras na região, produzindo em torno de 500.000 toneladas de açúcar por ano. Para cada tonelada de cana, são produzidos 300 kg de bagaço e 95 kg de açúcar. O bagaço é queimado em caldeiras, gerando uma cinza pesada (parte inferior da caldeira) e uma cinza denominada de volante, que é a que sai pela chaminé. O bagaço é queimado em temperaturas por volta de 1000°C. A estimativa da disponibilidade de cinzas para cada usina é de aproximadamente 7000 toneladas/ano. A cinza, normalmente, possui teor relativamente elevado de potássio e fósforo. Portanto, a cinza poderá atuar como fundente na cerâmica, podendo assim proporcionar uma melhoria das propriedades da cerâmica vermelha produzida em Campos dos Goytacazes. Vários trabalhos têm sido realizados utilizando cinzas, em geral, em incorporação à cerâmica [2-11].

Este trabalho tem por objetivo a incorporação de cinza proveniente da queima de bagaço de cana, utilizado em caldeiras de processamento de açúcar, em cerâmica vermelha. Uma vez que a cinza, após a incorporação, forma uma fase distinta da argila, o sistema estudado cinza/argila se comporta como um material compósito. Genericamente, os compósitos formados pela incorporação de resíduo em argila já foram estudados em outra publicação [12].

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As matérias-primas utilizadas nesse trabalho foram: uma cinza obtida da queima do bagaço de cana de açúcar em caldeiras e uma massa cerâmica composta pela mistura de três diferentes argilas cauliníticas e areia quartzosa. A composição química da cinza pode ser vista pela Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química da cinza (% em peso).

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZrO <sub>2</sub>	PF
Cinza	77,5	4,7	3,8	0,3	5,4	3,0	2,3	0,3	2,3	0,06	0,31

Foram feitas incorporações de 0, 10, 20 e 30% de cinza, conforme indicado na Tabela 2, em massa cerâmica industrial da região de Campos dos Goytacazes. Destas incorporações foram preparados corpos de prova e retiradas amostras. Corpos de prova retangulares (100 x 30 x 10 mm) foram preparados por extrusão, secos ao ar livre por 72 horas e posteriormente em estufa a 110°C por mais 24 horas e, então, queimados em um forno elétrico à temperatura de 1050°C, com taxa de aquecimento de 3°C/min. Nas amostras foram determinadas as seguintes propriedades: retração linear e resistência mecânica à flexão em três pontos, a seco e queimado, bem como absorção de água.

**Tabela 2.** Composições estudadas (% em peso)

	<b>Composições</b>			
	<b>AC0</b>	<b>AC10</b>	<b>AC20</b>	<b>AC30</b>
<b>Cinza</b>	0	10	20	30
<b>Massa cerâmica</b>	100	90	80	70

A absorção de água foi determinada de acordo com o procedimento padrão [13]. A retração linear foi obtida por medida do comprimento das amostras, antes e após a queima, usando um paquímetro Mitutoyo com precisão de  $\pm 0,01$  mm. A resistência a flexão em três pontos foi determinada em uma máquina de teste universal Instron 5582, usando uma velocidade de carregamento de 0,5 mm/min.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta a composição química calculada das misturas estudadas. Observa-se que, com o aumento da adição de cinza, há um aumento da porcentagem de  $\text{SiO}_2$ , bem como um aumento na porcentagem de óxidos alcalinos e alcalinos terrosos e uma diminuição da porcentagem de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Há também um decréscimo da perda ao fogo com a adição de cinza. Vale aqui lembrar que com uma maior quantidade de óxidos alcalinos há maior facilidade de formação de fase líquida.

**Tabela 3.** Composição química calculada das massas com incorporação de cinza (% em peso).

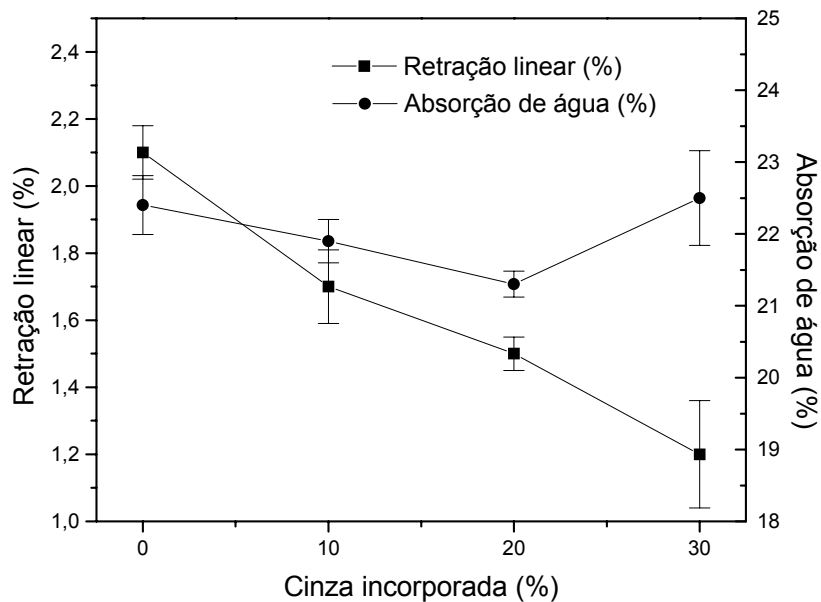
<b>Composição</b>	<b>AC0</b>	<b>AC10</b>	<b>AC20</b>	<b>AC30</b>
$\text{SiO}_2$	54,2	56,5	58,9	61,2
$\text{Al}_2\text{O}_3$	27,5	25,2	22,9	20,7
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3,0	3,1	3,2	3,2
$\text{TiO}_2$	1,2	1,1	1,0	0,9
$\text{K}_2\text{O}$	1,2	1,6	2,0	2,5
$\text{Na}_2\text{O}$	0,2	0,2	0,2	0,1
$\text{MgO}$	0,6	0,8	1,1	1,3
$\text{CaO}$	0,3	0,5	0,7	0,9
$\text{MnO}$	-	0,03	0,06	0,1
$\text{P}_2\text{O}_5$	-	0,2	0,5	0,7
$\text{ZrO}_2$	-	0,01	0,01	0,02
PF	12,1	10,9	9,7	8,6

A Tabela 4 apresenta as propriedades dos corpos de prova a seco. Em relação à densidade aparente a seco, observa-se que praticamente não houve mudança desta com a incorporação de cinza até 20% e houve um decréscimo com a incorporação de 30% de cinza. Já a retração linear diminuiu com a incorporação de até 20% de cinza. A resistência mecânica a seco é praticamente a mesma para as composições com incorporação de até 20% de cinza. É importante mencionar que a resistência mecânica a seco é dependente do grau de empacotamento das partículas e das forças de atração iônica e de Van der Waals [14]. Isso explica porque não houve mudança nos valores da resistência mecânica até 20%, uma vez que a densidade a seco também não se alterou.

**Tabela 4.** Propriedades dos corpos de prova a seco.

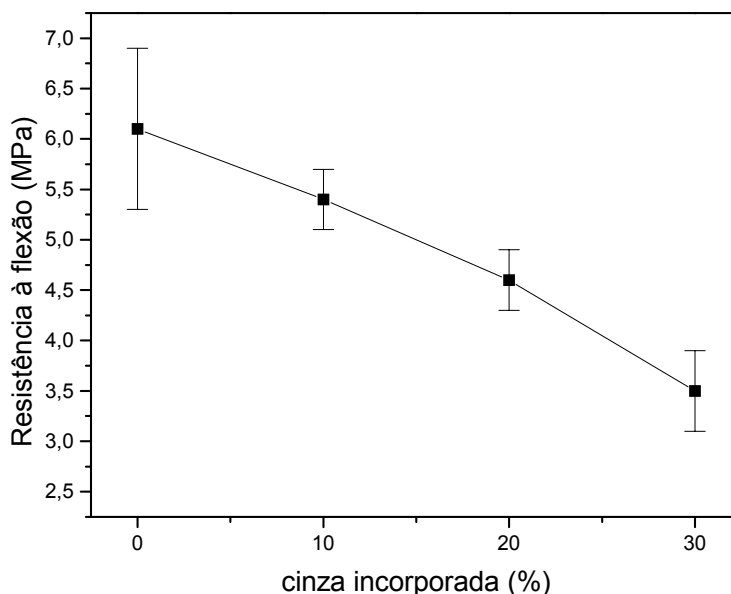
Composições	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Retração linear (%)	Resistência à flexão (MPa)
AC0	1,75 ± 0,01	3,2 ± 0,3	1,8 ± 0,2
AC10	1,75 ± 0,01	2,5 ± 0,3	1,6 ± 0,1
AC20	1,76 ± 0,01	2,0 ± 0,2	1,7 ± 0,1
AC30	1,71 ± 0,02	3,0 ± 0,3	1,1 ± 0,1

As propriedades tecnológicas de queima determinadas para as composições estudadas são apresentadas nas Figuras 1 e 2. Observa-se na Figura 1 que, considerando as barras de erro, praticamente não houve mudança na absorção de água. Esta propriedade está diretamente ligada à porosidade aberta, sendo muito importante e servindo como requisito técnico para produtos cerâmicos após queima. Por outro lado, houve um decréscimo da retração linear com a incorporação de cinza. Este fato é devido ao quartzo, principal constituinte da cinza, que atua como inerte durante a queima [15].



**Figura 1.** Absorção de água e retração linear dos corpos de prova queimados.

A Figura 2 mostra a resistência mecânica à flexão dos corpos de prova queimados. Observa-se um decréscimo da resistência à flexão com a adição de cinza. Isto é atribuído às partículas de quartzo que apresentam uma variação volumétrica a 573°C, formando trincas, que contribuem para o decréscimo da resistência mecânica [16]. Assim, o sistema compósito estudado, além da influência da cinza como uma fase residual incorporada à matriz contínua de argila, sofre também os efeitos do quartzo como outra fase distinta [12]. Na realidade, o quartzo, não só é o mais importante constituinte da cinza, Tabela I, mas também existe na areia deliberadamente adicionada às massas argilosas de Campos dos Goytacazes para reduzir sua plasticidade [17].



**Figura 2.** Resistência à flexão dos corpos de prova queimados.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foi avaliada a incorporação de cinza proveniente da queima de bagaço de cana, utilizado em caldeiras de processamento de açúcar, em cerâmica vermelha, podendo-se concluir que:

- Dentro dos desvios estatísticos, a incorporação em até 20% de cinza praticamente não influenciou a resistência mecânica a seco, ou seja, a resistência da massa antes de ser queimada.
- Após a queima, a incorporação causou decréscimo tanto na retração linear quanto na resistência mecânica da cerâmica vermelha produzida. Por outro lado, praticamente não houve mudança na absorção de água, dentro dos limites do erro estatístico.
- De maneira geral, não houve melhoria nas propriedades tecnológicas de queima avaliadas da cerâmica com a incorporação de cinza. Isto é devido à elevada quantidade de quartzo na cinza que atuou como fase inerte, retardando as reações de sinterização.
- Finalmente, os efeitos da incorporação desse tipo de resíduo em uma argila podem ser considerados como próprios do comportamento de um compósito do tipo cerâmica-cerâmica. No presente trabalho, as propriedades da fase dispersa, no caso o quartzo da cinza, contrapõem-se à influência dos óxidos alcalinos que, como fundentes, poderiam melhorar as características tecnológicas da cerâmica vermelha.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES, FAPERJ e FENORTE/TECNORTE o apoio financeiro e bolsas concedidas a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 I. S. Ramos, J. Alexandre, M. G. Alves, J. A. Barroso, L. S. Teixeira, F. P. Correa, Dimensionamento da Indústria Cerâmica em Campos do Goytacazes – RJ, anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica, João Pessoa, PB, p. 1122–1133, 2003.
- 2 M. Dondi, M. Marsigli, B. Fabbri, *Tile & Brick Int.* 13 [3] 1997 a, 218-225.
- 3 M. Dondi, M. Marsigli, B. Fabbri, *Tile & Brick Int.* 13 [4] 1997 b, 302-308.
- 4 B. Wiebusch, C. F. Seyfried, *Water Science and Technology*, 36, 1997, 251-258.
- 5 L. M. H. Quintana, J. M. D. Soares, P. P. Frizzo, L. D. Bohrer, Utilização da cinza de casca de arroz na produção de cerâmica vermelha, anais do 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Florianópolis, SC, p. 15001-15010, 1999.
- 6 J. M. D. Soares, L. M. H. Quintana, M. Rampazzo, Avaliação de Blocos Cerâmicos com Adição de Cinza de Casca de Arroz, anais do 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Pedro, SP, p. 15501-15509, 2000.
- 7 M. C. Borlini, Dissertação de Mestrado, DEMAR/FAENQUIL, Lorena-SP (2002), 189 p.
- 8 M. Dondi, G. Ercolani, G. Guarini, M. Raimondo, *Journal of the European Ceramic Society* 22, 2002 a, 1729–1735.
- 9 M. Dondi, G. Guarini, M. Raimondo, I. Venturi, *Journal of the European Ceramic Society* 22, 2002 b, 1737–1747.
- 10 M. Dondi, G. Guarini, M. Raimondo, A. Ruffini, *Journal of the European Ceramic Society* 22, 2002 c, 1749–1758.
- 11 A. M. Segadães, C. Kniess, W. Acchar, N. C. Kuhnen, D. Hotza, Pre-Laboratory Assessment of the Reuse-Potential of Industrial Wastes in Clay-Based Products, In: *Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology - REWA'S 2004*, Madrid, Espanha, p. 503-511, 2004.
- 12 E. T. A. Souza, C. M. F. Vieira, S. N. Monteiro, Sistema Argila-Resíduo, uma Análise Fundamental de Compósitos com Matriz Cerâmica, anais do 58º Congresso Anual e Internacional da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Rio de Janeiro, RJ, p. 1915-1925, 2003.
- 13 ASTM (1972) *Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products*, C 373-72, USA.
- 14 L. H. Van Vlack, *Propriedades dos Materiais Cerâmicos*, Ed. Edgard Blucher Ltda, 1973, 247 p.
- 15 P. Emiliani, F. Corbara, *Tecnología Cerámica – La Lavorazione* (Faenza: Gruppo Editoriale Faenza Editrice), 1999, 85.
- 16 V. Kilikoglou, G. Vekinis, Y. Maniatis, *Acta Metall. Mater.* 43 [8] 1995, 2959-2965.
- 17 M. C. Borlini, H. F. Sales, C. M. F. Vieira, R. A. Conte, D. G. Pinatti, S. N. Monteiro, Use of Biomass Ashes as an Addition to Red Ceramics, In: *Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology - REWA'S 2004*, Madrid, Espanha, p. 503-511, 2004.

# EVALUATION OF CANE BAGASSE ASH/CLAY CERAMIC BODY COMPOSITES<sup>(1)</sup>

Mônica Castoldi Borlini<sup>(2)</sup>  
Carlos Maurício Fontes Vieira<sup>(3)</sup>  
Sergio Neves Monteiro<sup>(4)</sup>

## Abstract

In industries of traditional ceramics, the bodies are usually very heterogeneous, consisting of raw materials with a wide range of the composition. For this reason, these bodies are capable of incorporating and reusing a variety of residual materials. This work has for objective the incorporation of an ash, generated from burning sugar cane bagasse used in boilers of sugar processing mills, in red ceramics. The studied ash/clay ceramic body system can be considered as a composite material. Incorporations of 0, 10, 20 and 30 wt.% of ash were accomplished in a clay ceramic body from the area of Campos dos Goytacazes. The incorporated bodies were prepared by extrusion and fired in an electric furnace at the temperature of 1050°C. Specimens were tested for the following properties: linear shrinkage, three points flexural mechanical strength, at dry and fired conditions, as well as water absorption. The results showed that the flexural strength of the dry bodies did not change up to the incorporation of 20% of ash. Practically there was not change in the water absorption. The values of the linear shrinkage and the flexural strength of the fired bodies decreased with ash incorporation.

**Key-words:** Cane bagasse ash; Incorporation; Composite.

<sup>1</sup> 60<sup>th</sup> Annual Congress of the Brazilian Society for Metallurgy and Materials, ABM, July 25 to 28, 2005, Belo Horizonte – MG. tory for Advanced Materials, State University of the Northern Rio de Janeiro – UENF.

<sup>2</sup> Mechanical Engineer, Assistant Profetory for Advanced Materials, State University of the Northern Rio de Janeiro – UENF.

<sup>3</sup> Metallurgical Engineer, professor, Laboratory for Advanced Materials, State University of the Northern Rio de Janeiro – UENF, Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes.