

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE QUEIMA NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE CERÂMICA VERMELHA INCORPORADA COM CINZA DE BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR¹

Mônica Castoldi Borlini²
João Luiz Cortat da Costa Mendonça³
Carlos Maurício Fontes Vieira⁴
Sergio Neves Monteiro⁵

Resumo

Esse trabalho teve por objetivo avaliar a influência da temperatura de queima nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha incorporada com cinza de bagaço de cana de açúcar proveniente de indústrias sucro-alcooleiras. Foram utilizadas como matérias-primas uma massa cerâmica industrial para fabricação de telhas e uma cinza de bagaço de cana de açúcar, gerada na queima do bagaço em caldeiras de uma indústria sucro-alcooleira. Ambas as matérias-primas são provenientes da região de Campos dos Goytacazes, norte do Estado do Rio de Janeiro. Foram feitas incorporações de 0, 10 e 20% de cinza com granulometria inferior a 44 μm (325 mesh) na massa industrial. Os corpos de prova foram preparados por prensagem uniaxial e queimados a temperaturas de 900, 1050 e 1200°C. As seguintes propriedades foram determinadas: retração diametral, absorção de água e resistência mecânica por compressão diametral. Os resultados indicam que não houve uma mudança significativa nas propriedades tecnológicas da cerâmica vermelha com incorporação de cinza.

Palavras-chave: Cinza de bagaço de cana; Incorporação; Cerâmica vermelha; Temperatura de queima

INFLUENCE OF THE FIRING TEMPERATURE IN THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RED CERAMIC INCORPORATED WITH SUGAR CANE BAGASSE ASH

Abstract

This work has for objective to evaluate the influence of the firing temperature in the technological properties of incorporate red ceramic with sugar cane bagasse ash originated from alcohol industries. As raw materials an industrial ceramic body for production of tiles and a sugar cane bagasse ash, generated during the burning of the bagasse in boilers of an alcohol industry were used. Both raw materials were obtained from the area of Campos dos Goytacazes, north of the State of Rio de Janeiro. Incorporations of 0, 10 and 20% of ash with inferior granulometry to 44 μm (325 mesh) were made in the industrial ceramic body. Specimens were prepared by uniaxial press-molding and fired at 900, 1050 and 1200°C. The following properties were determined: diametrical shrinkage, water absorption and mechanical resistance for diametrical compression. The results indicated that there was no significant change in the technological properties of the red ceramic incorporated with ash.

Key words: Cane bagasse ash; Incorporation; Red ceramic; Firing temperature

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

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

³ Graduando em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF.

⁴ Engenheiro Mecânico, professor do Laboratório de Materiais Avançados, LAMAV, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF.

⁵ 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

A produção de açúcar e álcool causa poluição do ar, que é agravada pela queima dos canaviais na época da colheita da cana, prática que gera altas emissões de partículas e gases, elevando consideravelmente os níveis de poluentes no ar da região.⁽¹⁾

Em Campos dos Goytacazes, município situado ao norte do estado do Rio de Janeiro, a produção de açúcar e álcool tem sido, há mais de um século, o principal item da sua economia. Apesar do declínio da indústria açucareira na metade do século passado, esta continua representando um dos maiores potenciais econômicos regionais. Há atualmente sete indústrias açucareiras na região, produzindo em torno de 500.000 toneladas de açúcar.

O bagaço é o principal combustível usado nas caldeiras para a geração de energia no processamento do açúcar. O bagaço é queimado em temperaturas por volta de 1000°C. O resultado da queima do bagaço nas caldeiras é uma cinza pesada e uma cinza volante, que embora não sejam diretamente liberadas no ar como as da colheita, podem poluir o meio ambiente quando descartadas de forma imprópria após a limpeza das caldeiras da usina. Uma solução para esta questão é a incorporação da cinza do bagaço da cana na cerâmica. A incorporação, além de solucionar o problema da cinza do bagaço da cana, pode trazer benefícios ao produto final. Vários trabalhos têm sido realizados utilizando cinzas, em geral, em incorporação à cerâmica.⁽²⁻⁶⁾

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da temperatura de queima nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha incorporada com cinza de bagaço de cana de açúcar proveniente de indústrias sucro-alcooleiras.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As matérias-primas usadas nesse trabalho foram uma cinza obtida do processo de queima do bagaço de cana de açúcar em caldeiras e uma massa cerâmica industrial usada na fabricação de telhas. Ambas as matérias-primas são provenientes da região de Campos dos Goytacazes, norte do Estado do Rio de Janeiro.

A composição química da cinza, determinada por espectrometria de fluorescência de raios-X⁽⁷⁾ e da massa cerâmica pode ser visto na Tabela 1. A difração de raios-X (DRX)⁽⁷⁾ foi usada para identificar as seguintes fases na cinza: quartzo, feldspato potássico, mulita, hematita e fosfato de cálcio.

Tabela 1. Composição química da cinza e massa cerâmica (% peso).⁽⁷⁾

| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | K ₂ O | MgO | CaO | MnO | P ₂ O ₅ | ZrO ₂ | PF |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|-----|-----|-----|-------------------------------|------------------|------|
| Cinza | 77,5 | 4,7 | 3,8 | 0,3 | 5,4 | 3,0 | 2,3 | 0,3 | 2,3 | 0,06 | 0,31 |
| Massa cerâmica | 50,2 | 27,9 | 6,0 | 1,1 | 1,2 | 0,7 | 0,2 | - | 0,2 | 0,03 | 12,4 |

A massa cerâmica foi desintegrada e peneirada a 840 µm (20 mesh). A cinza foi manualmente desaglomerada e peneirada a úmido usando peneira com abertura de 44 µm (325 mesh). Foi utilizada a fração de cinza que passou pela peneira. Foram feitas incorporações de 0, 10 e 20% de cinza na massa cerâmica, como mostra a Tabela 2. As composições estudadas de massa cerâmica com a cinza foram misturadas em um moinho de bolas por 30 minutos. As misturas foram

umedecidas ao nível de 8%, sendo finalmente, peneiradas a 840 μm (20 mesh) e guardada em sacos plásticos por 24 horas. Corpos de prova cilíndricos (20,2 x 9 mm^2) foram preparados por prensagem uniaxial a 20 MPa, seguido por secagem ao ar livre por 24 horas e então secagem em estufa a 110°C por mais 24 horas. A queima foi realizada em um forno elétrico a 900, 1050 e 1200°C. A taxa de aquecimento foi de 3°C/min até que a temperatura desejada fosse alcançada, ficando nessa temperatura por 30 minutos. O resfriamento ocorreu por convecção natural, após o desligamento do forno. As seguintes propriedades foram determinadas: densidade do corpo, retração diametral, resistência mecânica por compressão diametral, o chamado Brazilian Disc Test⁽⁸⁾ e absorção de água.

Tabela 2. Composições estudadas (% em peso).

| Composição | Cinza | Argila |
|-------------------|--------------|---------------|
| A0C | 0 | 100 |
| A10C325 | 10 | 90 |
| A20C325 | 20 | 80 |

A densidade do corpo e a absorção de água foram determinadas de acordo com o procedimento padrão.⁽⁹⁾ A retração diametral foi obtida por medidas do diâmetro das amostras antes e depois da queima, usando um paquímetro Mitutoyo com precisão de $\pm 0,01$ mm. A resistência mecânica foi determinada por compressão diametral em uma máquina de ensaios universal Instron 5582 usando uma velocidade de carregamento de 0,5 mm/min.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta a densidade a seco das composições estudadas. Pode ser visto nesta tabela que praticamente não houve mudança no grau de empacotamento da composição com 10% de incorporação de cinza na massa cerâmica quando comparada à composição A0C (apenas massa cerâmica). Já a composição A20C325 apresentou densidade a seco inferior à massa cerâmica.

Tabela 3. Densidade a seco das composições estudadas (g/cm^3).

| | A0C | A10C325 | A20C325 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| Densidade a seco (g/cm^3) | 1,92 \pm 0,02 | 1,89 \pm 0,02 | 1,80 \pm 0,02 |

A Figura 1 apresenta a retração diametral dos corpos de prova queimados em função do teor de cinza incorporada. É observado que a retração diametral aumentou significativamente com a temperatura. Isto é uma consequência do processo de sinterização. A 900°C, utilizando a barra de erro estatístico, a adição de 10% de cinza na massa cerâmica não mudou a retração diametral. A 1050°C, houve um ligeiro aumento da retração com a incorporação de cinza. Isto pode ser devido ao tamanho de partícula da cinza (inferior a 44 μm) ter contribuído para o mecanismo de sinterização. Já a 1200°C, houve um decréscimo da retração com a incorporação de cinza. Nessa temperatura, pode ser observado que as composições com incorporação de 10 e 20% de cinza apresentam praticamente a mesma retração diametral.

Em geral, observa-se que apenas na temperatura de 1200°C é que houve maior diferença na retração diametral dos corpos de prova, sem e com incorporação de cinza. A massa cerâmica **A0C** apresenta uma retração diametral mais

significativa a 1200°C, devido, principalmente, à grande quantidade de partículas finas, menores que 2 µm, conhecidas como argilominerais, que são extremamente reativas durante o processo de sinterização.

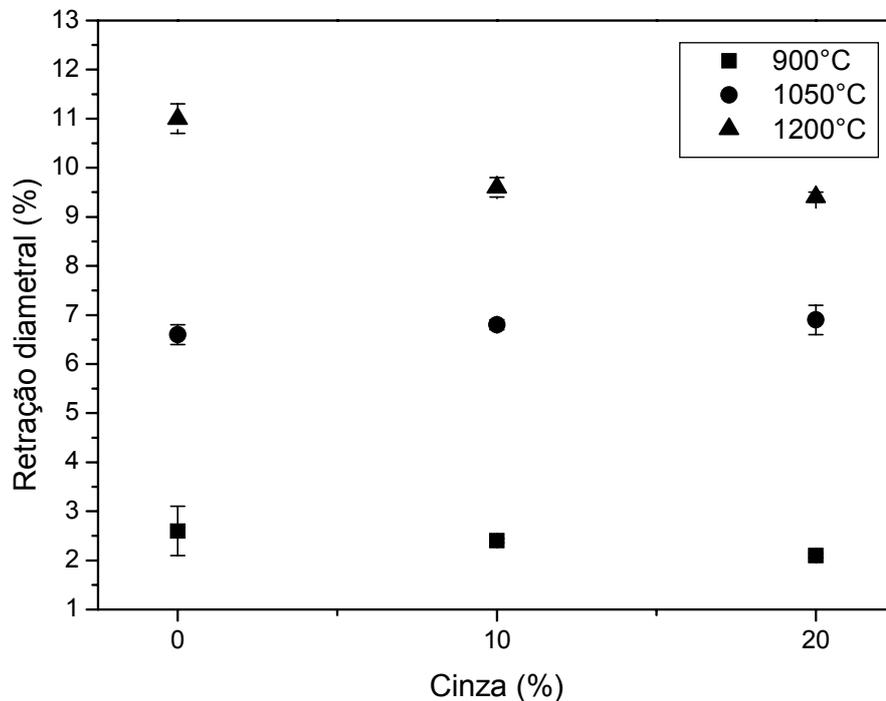


Figura 1. Retração diametral dos corpos de prova queimados

A Figura 2 apresenta a absorção de água em função da porcentagem de cinza incorporada na massa cerâmica. Observa-se que a absorção diminuiu com a temperatura de queima, sendo os resultados mais significativos a 1200°C. A 900°C houve um aumento da absorção de água com a incorporação de cinza. Já a 1050 e a 1200°C houve uma ligeira diminuição da absorção para **A10C325** e um ligeiro aumento para **A20C325**. Portanto, 10% de cinza na massa cerâmica atuou no sentido de fechar a porosidade aberta. Os valores de absorção de água estão relacionados com a efetivação do processo de sinterização por fase líquida.

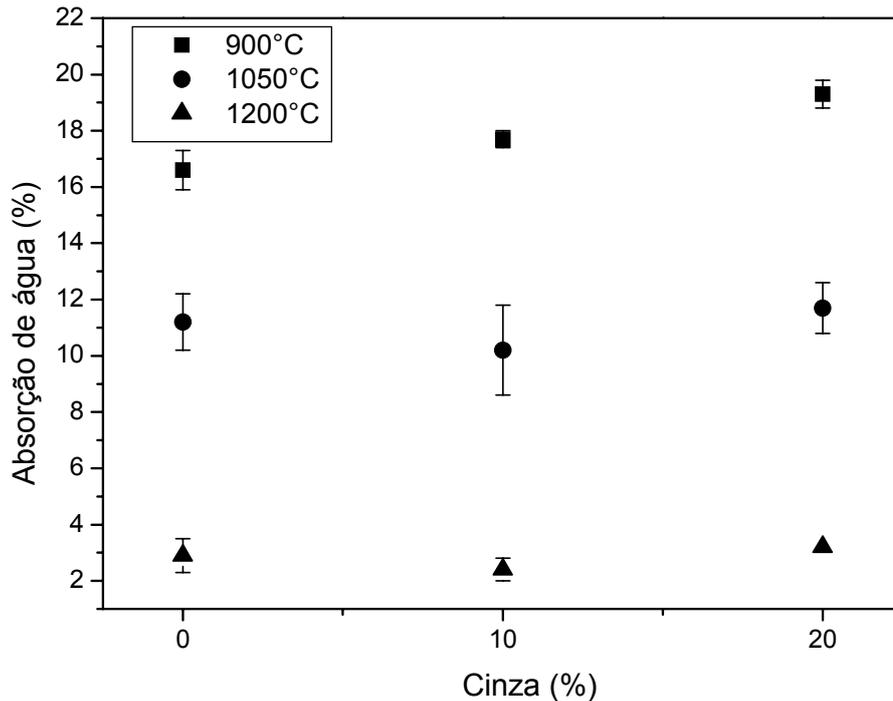


Figura 2. Absorção de água dos corpos de prova queimados

A Figura 3 mostra a compressão diametral em função da porcentagem de cinza incorporada à massa cerâmica. Em todas as temperaturas estudadas houve um decréscimo da resistência à compressão com a incorporação de cinza. Pode ser observado que a resistência mecânica aumentou com a temperatura de queima, com exceção da composição **A20C325**, que apresentou valores de compressão diametral a 1050°C próximos dos valores a 1200°C. Isto indica que, embora a absorção de água da composição **A20C325** queimada a 1200°C foi bem mais expressiva do que a absorção a 1050°C, o aumento da temperatura de 1050°C para 1200°C não influenciou nos resultados de compressão diametral para essa composição. Esse resultado pode ser atribuído à presença de partículas de quartzo, principal constituinte mineralógico da cinza, que pode estar atuando como defeito crítico.

A 1200°C, considerando a barra de erro estatístico, é observado que a composição **A10C325** apresentou praticamente a mesma resistência mecânica da composição **A0C** (massa cerâmica). Provavelmente, nessa temperatura, ocorreu maior formação de fase líquida da **A10C325**. A composição **A10C325**, aparentemente, apresentou maior densificação do que a composição **A20C325**. Isso mostra que 20% de cinza do bagaço de cana é uma quantidade alta para ser adicionada na massa cerâmica.

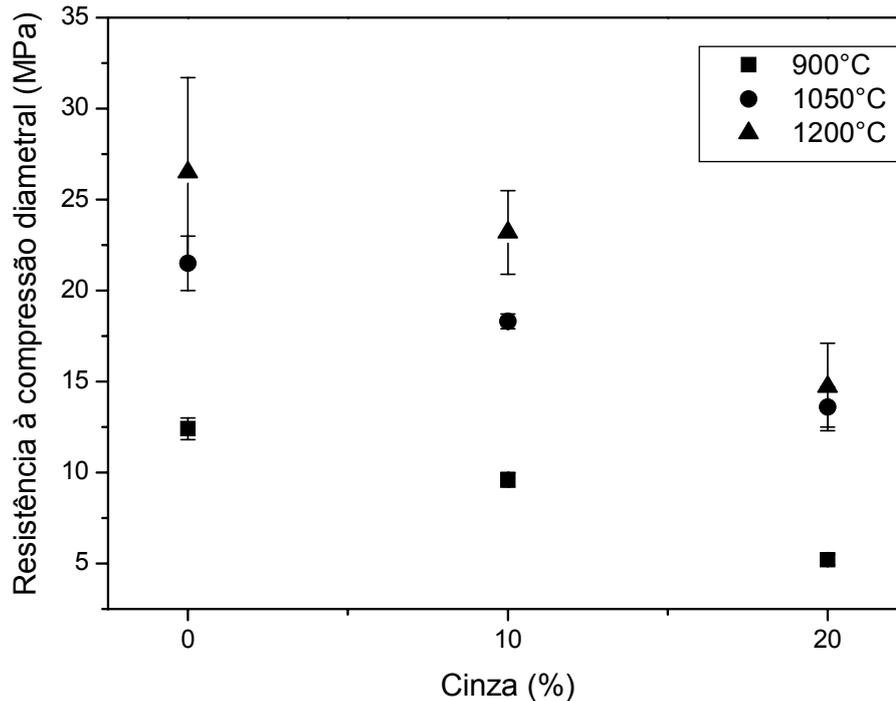


Figura 3. Resistência mecânica por compressão diametral dos corpos de prova queimados

CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi avaliada a influência da temperatura de queima nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha incorporada com cinza de bagaço de cana de açúcar proveniente de indústrias sucro-alcooleiras. Os resultados permitem as seguintes conclusões:

- Apenas na temperatura de 1200°C houve maior diferença na retração diametral dos corpos de prova sem e com incorporação de cinza.
- A 1050 e a 1200°C houve uma ligeira diminuição da absorção de água para a composição **A10C325** e um ligeiro aumento para a composição **A20C325**. Portanto, 10% de cinza na massa cerâmica atuou no sentido de fechar a porosidade aberta.
- Incorporações de até 10% de cinza na massa cerâmica, queimada a 1200°C, não mudaram a resistência mecânica quando comparada à massa cerâmica, levando em consideração a barra de erro estatístico.
- A temperatura de queima influenciou em todas as composições estudadas, com exceção da composição **A20C325**, que apresentou valores de compressão diametral a 1050°C próximos dos valores a 1200°C.

Em geral, não houve mudanças significativas nas propriedades tecnológicas estudadas de cerâmica vermelha com a incorporação de cinza do bagaço de cana de açúcar com granulometria inferior a 44 μm (325 mesh).

Agradecimentos

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

REFERÊNCIAS

- 1 FEEMA – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Programas e Projetos, Qualidade do ar, 2006. Disponível em: http://www.feema.rj.gov.br/qualidade_do_ar.htm Acesso em: 08 fev. 2006.
- 2 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, Maio de 2000, p. 15501.
- 3 M. DONDI, G. ERCOLANI, G. GUARINI, M. RAIMONDO. Orimulsion Fly ash in clay bricks—part 1: composition and thermal behaviour of ash, Journal of the European Ceramic Society 22 (2002 a), p. 1729-1735.
- 4 M. DONDI, G. GUARINI, M. RAIMONDO, I. VENTURI. Orimulsion fly ash in clay bricks—part 2: technological behaviour of clay/ash mixtures, Journal of the European Ceramic Society 22 (2002 b), p. 1737-1747.
- 5 M. DONDI, G. GUARINI, M. RAIMONDO, A. RUFFINI. Orimulsion fly ash in clay bricks—part 3: chemical stability of ash-bearing products, Journal of the European Ceramic Society 22 (2002 c), p. 1749-1758.
- 6 PINATTI, D.G.; CONTE, R.A.; BORLINI, M.C.; SANTOS, B.C.; OLIVEIRA, I.; VIEIRA, C.M.F.; MONTEIRO, S.N. Incorporation of the ash from cellulignin into vitrified ceramic tiles Journal of the European Ceramic Society, vol. 6, issue 3, p. 305-310, 2006.
- 7 BORLINI, M.C.; SALES, H.F.; VIEIRA, C.M.F.; CONTE, R.A.; PINATTI, D.G.; MONTEIRO, S.N. 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. 767-774, 2004.
- 8 S. J. SCHNEIDER JÚNIOR – Engineered Materials Handbook – Ceramics and Glass, Ed. ASM International, USA, 2000.
- 9 ASTM - American Society for Testing and Materials, Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, C 373-72, 1972, USA.