

UTILIZAÇÃO DE CINZA DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUO MUNICIPAL EM CERÂMICA VERMELHA¹

Jhonatas Pereira Dias Vitorino²

Sergio Neves Monteiro³

Carlos Maurício Fontes Vieira⁴

Resumo

Este trabalho tem por objetivo caracterizar e incorporar em cerâmica argilosa um tipo de resíduo, cinza leve, proveniente da incineração de lixo urbano. O resíduo foi submetido a ensaios de caracterização mineralógica e química. Formulações foram preparadas com incorporações de resíduo em até 10% em peso em massa argilosa. Foram preparados corpos de prova retangulares por prensagem uniaxial a 20 MPa para queima a 900°C. As propriedades físicas e mecânicas avaliadas foram: retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão. Os resultados indicaram que o resíduo é predominantemente constituído de quartzo e de compostos de cálcio. Embora a utilização do resíduo tenha melhorado a absorção de água da cerâmica argilosa, sugere-se incorporar quantidades ao redor de 5% para evitar efeito deletério na resistência mecânica.

Palavras-chave: Cinzas; Resíduo; Propriedades; Cerâmica vermelha.

USE OF ASH FROM INCINERATION OF MUNICIPAL WASTE INTO RED CERAMIC

Abstract

This work has as its objective to characterize and to incorporate into a clayey ceramic a type of waste, fly-ash, from the incinerator of urban waste. The waste was submitted to mineralogical and chemical characterization. Formulations were prepared with incorporation of the waste up to 10 wt.% into the clayey ceramic body. Rectangular specimens were prepared by uniaxial mold-press at 20 MPa to fire in a laboratory furnace at 900°C. The physical and mechanical properties evaluated were: linear shrinkage, water absorption and flexural rupture strength. The results showed that the waste is predominantly composed of quartz and calcium compounds. Although, the use of the waste has enhanced the water absorption of the clayey ceramic, it is suggested to incorporate amount around 5 wt.% to avoid deleterious effect in the mechanical strength.

Key words: Ashes; Waste; Properties; Red ceramic

¹ *Contribuição técnica ao 64° Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Graduando em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Universidade Estadual do Norte Fluminense-Darcy Ribeiro – UENF, Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV. jhvitorino@hotmail.com*

³ *Professor titular. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV. sergio.neves@ig.com.br*

⁴ *Professor associado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV. vieira@uenf.br*

1 INTRODUÇÃO

As atenções mundiais têm se voltado para um assunto de grande interesse nos dias de hoje, a produção e destinação de grande quantidade de rejeitos industriais e resíduos de diversas naturezas. Quando depositados em local impróprio, estes resíduos podem causar uma série de danos à saúde humana e também ao meio ambiente como contaminação do ar e de lençóis freáticos, contaminação do solo, assoreamento de rios e lagoas. A reciclagem destes materiais é de grande interesse para as indústrias, principalmente devido às exigências dos órgãos ambientais. Uma das práticas estudadas para destinação correta destes resíduos tem sido a utilização em materiais da construção civil, como por exemplo, blocos de vedação e telhas à base de argilas. A variabilidade natural das características das argilas associada a técnicas de processamento relativamente simples e ainda a baixa performance exigida para os produtos permitem a presença de níveis de impurezas relativamente elevados. Com isso, pode-se deliberadamente incorporar outros tipos de materiais resultantes das mais diversas fontes de geração.⁽¹⁻⁵⁾ Além do mais, a fase de queima durante o processo de produção da cerâmica argilosa pode promover a eliminação dos metais potencialmente tóxicos por volatilização, mudanças químicas e estabilização na fase vítrea,⁽⁶⁻⁹⁾ formada por aluminossilicatos e fundentes.

A empresa Usinaverde S/A se dedica à incineração do lixo municipal. Em funcionamento desde 2004, está instalada no município do Rio de Janeiro, na Ilha do Fundão. A empresa recebe diariamente 30 toneladas de resíduos sólidos, já pré-tratados, provenientes da Unidade de Coleta de Reciclados da Comlurb. O lixo passa por uma pré-coleta para retirar materiais com valor comercial para reutilização. Este lixo é composto basicamente de matéria orgânica e plástico do tipo polietileno. É possível encontrar ainda pequenas quantidades de papel, tecido, madeira, couro e PVC. O lixo é então incinerado e o calor da incineração dos gases de combustão é aproveitado para gerar energia elétrica. O projeto é considerado uma tecnologia limpa, pois destrói termicamente os gases poluentes produzidos no processo, liberando na atmosfera, apenas vapor de água e CO₂. Entretanto, esta tecnologia gera cinzas, leves e pesadas, como resultado do processo de incineração. O estudo do aproveitamento das cinzas em cerâmica vermelha motivou uma parceria entre a Usinaverde e o Laboratório de Materiais Avançados da Universidade Estadual do Norte Fluminense – Lamav/UENF.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi utilizada uma massa argilosa caulinítica da região de Campos dos Goytacazes, além da cinza leve *fly ash* do processo de incineração do lixo urbano, fornecida pela empresa Usinaverde S/A. As cinzas volantes *fly ash* são recolhidas nos equipamentos após o forno (caldeira de recuperação de calor, filtro de mangas e lavadores de gases), que correspondem aproximadamente a 30% do total das cinzas.

A cinza foi submetida a ensaios de caracterização mineralógica por difração de raios-X e química, por fluorescência de raios-X.

Para os ensaios de difração de raios-X, foram utilizadas amostras em forma de pó em difratômetro marca Shimadzu, modelo XRD-7000, operando com radiação de Cu-K α , e 2 θ variando de 5° a 65°. As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados

PDF02⁽¹⁰⁾ em software Bruker DiffracPlus. A composição química das matérias-primas foi determinada por fluorescência de raios-X, em equipamento Philips PW 2400.

Na etapa de preparação das composições, tanto a cinza quanto a massa a massa cerâmica, elaborada a partir da mistura de duas argilas, foram desagregadas e peneiradas em 20 mesh (0,841 mm). Posteriormente foram secas em estufa a 110°C até peso constante.

Foram preparadas composições com a incorporação de cinza à massa cerâmica nos seguintes percentuais em peso: 0/ 2,5/ 5/ 7,5 e 10. As composições foram homogeneizadas a seco e umedecidas a 8%.

Foram confeccionados corpos-de-prova por prensagem uniaxial a 20 MPa em matriz de aço no tamanho 114,3 x 25,4 x 10 mm. Os corpos-de-prova foram secos em estufa a 110°C até peso constante para queima em forno de laboratório a 900°C, com patamar de 120 minutos. Foi utilizada uma taxa de aquecimento/resfriamento de 2°C/min. As cerâmicas queimadas foram submetidas a ensaios físicos e mecânicos para a determinação da retração linear, absorção de água⁽¹¹⁾ e tensão de ruptura à flexão em três pontos.⁽¹²⁾

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o difratograma de raios-X da cinza do lixo municipal. As principais fases cristalinas existentes na cinza são o quartzo (SiO₂), calcita (CaCO₃), Guelenita (Ca₂Al((AlSi)O₇)), dolomita (CaMg(CO₃)₂) e sulfato de cálcio (CaSO₄), cristobalita (SiO₂), fosfato de Cálcio (Ca₃(PO₄)₂), hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) e hematita (Fe₂O₃).

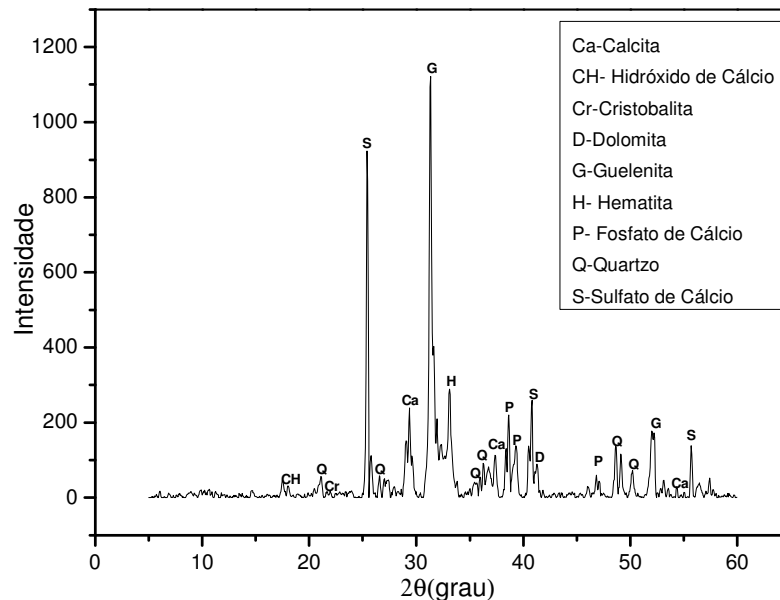


Figura 1. Difratograma de raios-X da cinza de lixo.

A Tabela 1 apresenta a composição química da cinza do lixo. Observa-se que aproximadamente 78% em peso da cinza consiste de sílica (SiO₂), óxido de cálcio (CaO) e alumina (Al₂O₃). A elevada quantidade de SiO₂ está provavelmente relacionada com a fase cristalina quartzo e eventualmente fases amorfas de

aluminossilicatos, não detectáveis por difração de raios-X. O CaO está associado predominantemente com sulfato, carbonatos e hidróxido. A presença de fases cálcicas indica uma limitação na quantidade de cinzas a ser incorporada em cerâmica vermelha devido a possíveis aparecimentos de defeitos. É possível notar que a perda ao fogo da cinza é relativamente baixa. Este valor é consideravelmente menor que as argilas de Campos dos Goytacazes.⁽¹³⁻¹⁵⁾

A composição química da cinza de lixo urbano estudada neste trabalho difere da encontrada por Borlini⁽¹⁶⁾ principalmente em relação aos teores de alumina (Al_2O_3) e cal (CaO). Na cinza utilizada por Borlini os teores de Al_2O_3 e CaO eram de 8,4 e 10,6% em peso respectivamente, enquanto que no presente trabalho esses teores são de 15,29% para Al_2O_3 e 21,71% para CaO. Há também uma discrepância quanto as concentrações de alguns óxidos, Borlini encontrou um teor de 6,3% de Na_2O e 9,0% de K_2O enquanto que no presente trabalho esses teores foram menores, cerca de 2,86 e 2,44% respectivamente.

Tabela 1. Composição Química da cinza de lixo (% em peso)

SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	TiO_2	Na_2O	MgO	K_2O	P_2O_5	SO_3	Cl	SrO	PF
41,69	15,29	21,71	3,24	2,77	2,86	2,56	2,44	1,83	1,17	0,99	0,06	3,4

A Figura 2 apresenta a retração linear das cerâmicas queimadas 900°C. Observa-se que a incorporação da cinza não promoveu alterações significativas na retração linear da massa argilosa para teores de até 5%. Para valores de incorporação maiores, evidencia-se uma ligeira queda na retração da massa argilosa. Este comportamento está associado à menor perda ao fogo da cinza em comparação com a massa argilosa. A presença de carbonatos na cinza também pode contribuir para a redução da retração linear da massa argilosa.

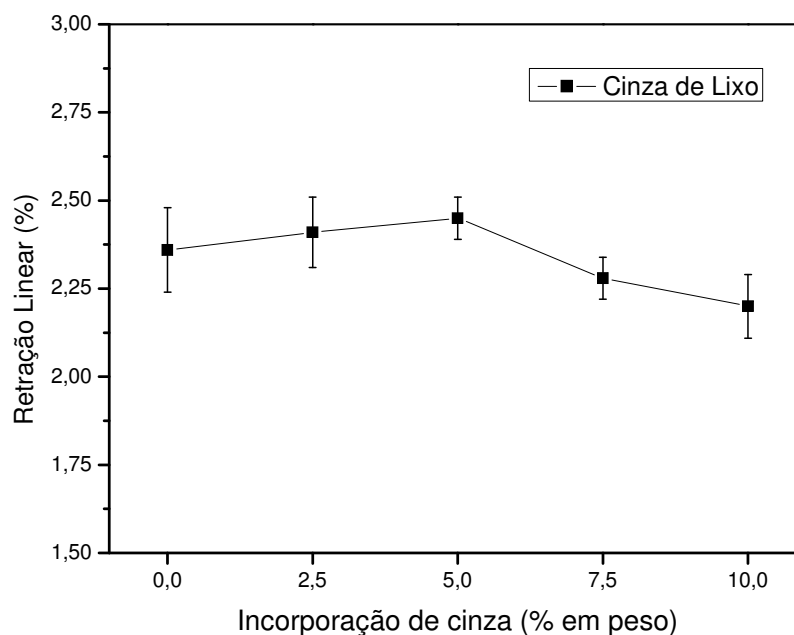


Figura 2. Retração linear das cerâmicas queimadas a 900°C.

A Figura 3 apresenta a absorção de água das cerâmicas queimadas a 900°C. É possível observar que a incorporação de cinza reduziu a absorção de água da cerâmica argilosa em todas as quantidades, diminuindo assim sua porosidade aberta. Este comportamento pode ser atribuído à menor perda de massa da cinza durante a queima em comparação com a massa argilosa e eventualmente à ação fundente dos constituintes da cinza, isoladamente ou em mistura com os constituintes da massa argilosa.

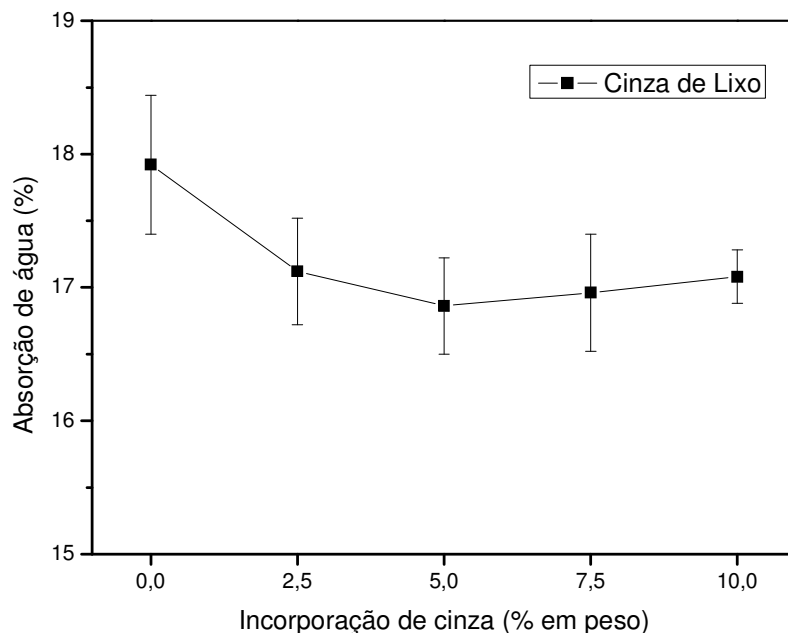


Figura 3. Absorção de água das cerâmicas queimadas a 900 °C.

A Figura 4 apresenta a tensão de ruptura a flexão das cerâmicas queimadas a 900°C. Nota-se que até 5% de incorporação praticamente não ocorreu variação da resistência mecânica da massa argilosa, com uma tendência de pequeno incremento. Por outro lado, incorporações em maiores quantidades reduziram drasticamente a resistência mecânica da massa argilosa, embora o nível de porosidade seja menor. Este resultado aparentemente contraditório indica que possivelmente as partículas de cinza atuam como pontos de concentração de tensão contribuindo assim para a redução da resistência mecânica. Isto será comprovado por microscopia ótica e eletrônica de varredura na continuidade do trabalho.

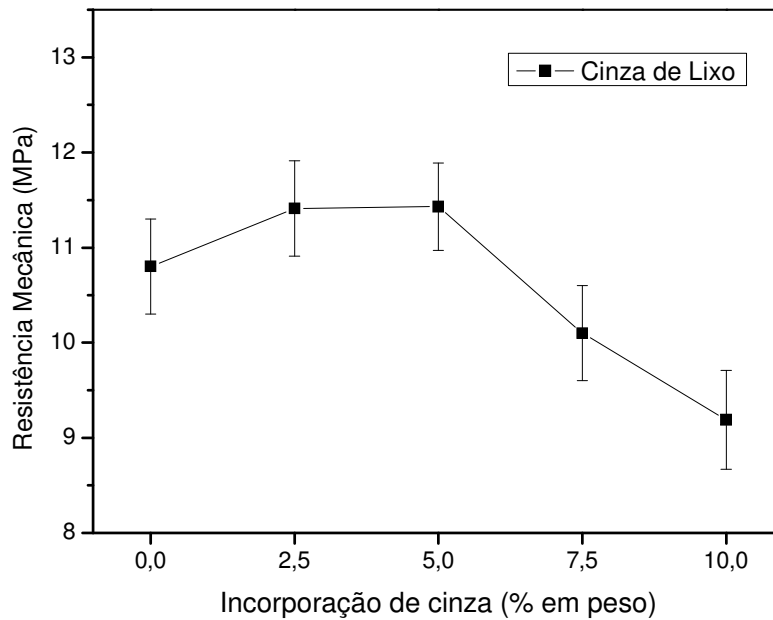


Figura 4. Tensão de ruptura à flexão das cerâmicas queimadas a 900°C.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho de caracterização de uma cinza proveniente da incineração de lixo urbano e sua incorporação em cerâmica vermelha até a quantidade de 10% em peso para queima a 900°C, pode-se concluir que:

- as fases cristalinas predominantes da cinza são quartzo e fases cálcicas como carbonatos, sulfato e hidróxido;
- a incorporação de cinza reduziu a absorção de água da massa cerâmica em todas as quantidades incorporadas;
- a retração linear da cerâmica argilosa foi reduzida com incorporações de 7,5% e 10%. Incorporações em menor quantidade não alteraram esta propriedade;
- a resistência mecânica da massa argilosa sofreu brusca redução com incorporações de 7,5% e 10% de cinza. Menores quantidades praticamente não alteraram esta propriedade;
- os resultados indicam que a incorporação deste tipo de cinza em cerâmica vermelha é promissora, podendo assim se tornar um destino ambientalmente correto para este resíduo; e
- finalmente, estes resultados preliminares do estudo sugerem incorporar quantidades ao redor de 5% em peso para não prejudicar o comportamento mecânico da cerâmica.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Faperj, processo n. E-26/103.023/2008, ao CNPq, processo n. 306027/2008-9 e pelo apoio financeiro à bolsa de Iniciação Científica. É motivo de agradecimentos a colaboração da empresa Usinaverde S/A.

REFERÊNCIAS

- 1 DAS, B., PRAKASH, S., REDDY, P.S.R., MISRA, V.N. An overview of utilization of slag and sludge from steel industries. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 50, n. 1, p. 40-57, 2007.
- 2 SEGADÃES, A.M., KNISS, C., ACCHAR, W., KUHNEN, N.C., HOTZA, D. Pre-laboratory assessment of the reuse-potential of industrial wastes in clay-based products, In: *Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology*, 2004, Madrid, Spain: 2004, p. 503-511.
- 3 ANDRÉS, A., CARMEN DÍAS, M., COZ, A., VIGURI, J.R., IRABIEN, A. Utilization of Waste Materials in Clay Building Bricks, In: *GLOBAL SYMPOSIUM ON RECYCLING, WASTE TREATMENT AND CLEAN TECHNOLOGY*, 2004, Madrid, Spain, 2004. p. 171-181.
- 4 DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production – A review. *Tile & Brick Int*, v. 13, n. 3, p. 218-225, 1997.
- 5 DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production – A review (part 2). *Tile & Brick Int.*, v. 13, n. 4, p. 302-309, 1997.
- 6 BLASCO, A.; ESCARDINO, A.; BUSANI, G.; MONFORT, E.; AMORÓS, J. L.; ENRIQUE, J.; BELTRÁN, V.; NEGRE, P. Tratamiento de emisiones gaseosas, efluentes líquido y residuos sólidos de la industria cerámica. AICE-ITC, Espanha, 1992.
- 7 BORLINI, M. C. Cerâmicas preparadas a partir de argila sedimentar com adição de cinzas da matéria orgânica do lixo e da celulignina do processo de pré-hidrólise de biomassas: propriedades mecânicas e inertização de metais pesados. 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Química de Lorena, 2002.
- 8 CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Principais problemas Ambientais na Indústria Cerâmica, Portugal, 1997.
- 9 DONDI, M.; FABBRI, B.; GUARINI, G.; MARSIGLI, M.; MINGAZZINI, C. Soluble salts and efflorescence in structural clay products: a scheme to predict the risk of efflorescence. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidrio*, v.36, p. 619-629, 1997a.
- 10 THE INTERNATIONAL CENTRE FOR DIFFRACTION DATA – ICDD. PDF02, 2006.
- 11 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, C 373-72, USA, 1972.
- 12 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials, C 674-77, USA, 1977.
- 13 VIEIRA, C. M. F., SÁNCHEZ, Rubén Jesus, MONTEIRO, S. N. Characteristics of clays and properties of building ceramics in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Construction & Building Materials*, v.22, p.781-787, 2008.
- 14 VIEIRA, C. M. F., TERRONES, L. A. H., SÁNCHEZ, R. J., MONTEIRO, S. N. Características e efeito da fração granulométrica < 2 micrometros no comportamento de queima de uma argila. *Cerâmica*, v.53, p.249-254, 2007.
- 15 VIEIRA, C. M. F., SÁNCHEZ, R. J., MONTEIRO, S. N. Microstructure Evolution in Kaolinitic Clay as a Function of Firing Temperature. *Interceram*, v.24, p.268-271, 2005.
- 16 BORLINI, M. C.; CONTE, R. A.; PINATTI, D. G. (2002) Vitrificação de cerâmica vermelha usando cinza do lixo urbano. *Anais do 46º Congresso Brasileiro de Cerâmica*, São Paulo, SP, p. 1-11.