

MICROESTRUTURA DE CERÂMICA VERMELHA SINTERIZADA INCORPORADA COM RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL¹

João Paulo Vargas Tavares Manhães²

Jean Mary Sousa Moreira³

José Nilson França de Holanda⁴

Anatoliy Nikolaevich Matlakhov⁵

Resumo

O campo da cerâmica tem sido largamente utilizado na reciclagem de resíduos industriais poluentes como uma matéria-prima alternativa para fabricação de produtos cerâmicos. Este trabalho objetiva estudar a microestrutura de peças sinterizadas de cerâmica vermelha contendo resíduo de rocha ornamental. As matérias-primas usadas foram uma argila comum da região de Campos dos Goytacazes-RJ e um resíduo de rocha ornamental da região de Santo Antônio de Pádua-RJ. Corpos cerâmicos retangulares foram preparados por prensagem uniaxial e sinterizados em temperaturas de queima entre 850 e 1150°C. A microestrutura das peças sinterizadas foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura e microscopia ótica. Os resultados mostraram que a microestrutura de cerâmica vermelha sinterizada é dependente da adição de resíduo e da temperatura de queima.

Palavras-chaves: Microestrutura; Resíduo de rocha; Cerâmica vermelha.

SINTERED MICROSTRUCTURE OF RED CERAMIC INCORPORATED WITH ORNAMENTAL ROCK WASTE

Abstract

The ceramic sector has been widely used to recycling of pollutant industry wastes as an alternative raw material for manufacturing of ceramic products. In this work is done a study on the sintered microstructure of red ceramic incorporated with ornamental rock waste. The raw materials used were a common clay from Campos dos Goytacazes-RJ and ornamental rock waste from Santo Antônio de Pádua-RJ. The ceramic bodies containing up to 20wt.% of waste were prepared by uniaxial pressing and sintered between 850 °C and 1150 °C. The microstructure was examined by scanning electron microscopy and optical microscopy. The water absorption was also determined. The results showed that the microstructure of the red ceramic is dependent of the sintering temperature and rock waste content, with predominance of the sintering temperature.

Key-words: Rock waste; Microstructure; Red ceramic.

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

² *Aluno do 8º período do Curso de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UENF; jpvtm@hotmail.com.br*

³ *Eng.º Metalúrgico, Mestrando, LAMAV/CCT/UENF;*

⁴ *Eng.º Físico, D.Sc., Professor Associado, LAMAV/CCT/UENF; holanda@uenf.br*

⁵ *Eng.º Metalúrgico, Ph.D., Professor Associado, LAMAV/CCT/UENF; anatoli@uenf.br*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo. As principais rochas ornamentais são do tipo granito, mármore, ardósia, gnaisse, etc.⁽¹⁾ A região Noroeste do estado do Rio de Janeiro é rica em rochas ornamentais, com enfoque para o município de Santo Antônio de Pádua. As rochas ornamentais deste município são principalmente rochas graníticas.⁽²⁾ No entanto, existem também em Santo Antônio de Pádua cerca de 72 empresas explorando pedras de revestimento denominadas de pedra Paduana, pedra Miracema, pedra olho de Pombo e a Pinta Rosa.

No processo de extração e beneficiamento dessas rochas ornamentais são geradas enormes quantidades de resíduos na forma de uma lama, que quando seca transforma-se num pó fino não biodegradável.⁽³⁾ Esta lama é geralmente depositada num pátio, porém a quantidade produzida é significativa. Durante a extração e corte de pedras ornamentais no município de Santo Antônio de Pádua-RJ, são geradas enormes quantidades de resíduo na forma de lama abrasiva.⁽⁴⁾ Em geral esses resíduos acabam se depositando no meio ambiente provocando enormes problemas de poluição. Portanto, a busca de uma solução para o destino final deste resíduo é de alto interesse técnico-científico, econômico e ambiental.

Uma alternativa para reciclagem de resíduos de rochas ornamentais é a sua incorporação em produtos cerâmicos.⁽⁵⁾ Além do processamento, uma questão importante é investigar o efeito do resíduo na microestrutura sinterizada dos corpos cerâmicos. A microestrutura influi fortemente em suas propriedades físico-mecânicas.

No presente trabalho foi feito um estudo com ênfase na microestrutura de corpos cerâmicos sinterizados contendo resíduo de rocha ornamental.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram preparadas três massas cerâmicas contendo adições de até 20 % em peso de resíduo de rocha ornamental do tipo gnaisse, cujas composições são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações dos corpos cerâmicos (% em peso).

Amostras	Argila	Resíduo
ARR0	100	0
ARR10	90	10
ARR20	80	20

Para preparação das massas foram utilizadas como matérias-primas uma massa argilosa industrial plástica da região de Campos dos Goytacazes-RJ, que corresponde à massa padrão (amostra ARR0) e o resíduo de rocha ornamental que foi coletado numa empresa localizada na região de Santo Antônio de Pádua-RJ. As características físico-químicas e mineralógicas da massa argilosa e resíduo de rocha utilizados são dadas na referência.⁽⁶⁾

As matérias-primas foram misturadas e homogeneizadas num misturador cilíndrico durante 15 minutos, e classificadas por peneiramento para menores de 40 mesh. A seguir, as massas foram umidificadas para 7 % em peso de água.

As massas cerâmicas preparadas foram compactadas por prensagem uniaxial com ação única do pistão superior, tendo a peça obtida as dimensões (11,50 x 2,54 x 1,0 cm³). A pressão de compactação foi de aproximadamente 26 MPa. Após a compactação, os corpos cerâmicos foram submetidos à secagem em estufa a 110 °C por um período de 24 horas.

O processo de queima dos corpos cerâmicos foi realizado num forno elétrico tipo mufla (BRASIMET, modelo K). As temperaturas de queima utilizadas foram de 850 à 1150 °C, utilizando um ciclo de queima lento de 24 horas. Foi determinada a absorção de água das peças cerâmicas queimadas por pesagem à úmido e a seco.

A microestrutura das peças cerâmica sinterizadas foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura e microscopia ótica, utilizando o microscópio Neophot 32.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A absorção de água é uma propriedade física que está fundamentalmente relacionada à microestrutura formada no corpo cerâmico durante o processo de sinterização. A Tabela 2 apresenta os valores de absorção de água dos corpos cerâmicos, indicando que esta diminui à medida que se aumenta a temperatura de sinterização, principalmente acima de 950 °C, independentemente do teor de resíduo de rocha ornamental incorporado. A razão principal para isso é o maior grau de sinterização, para temperaturas mais elevadas. Além disso, os fundentes alcalinos presentes no resíduo (K₂O e Na₂O) contribuem nas temperaturas mais elevadas para formação de mais fase líquida e, concomitantemente, para o fechamento parcial da porosidade aberta dos corpos cerâmicos.

Tabela 2. Valores de absorção de água dos corpos cerâmicos.

T (°C)	Formulações		
	ARR0	ARR10	ARR20
850	22,65	22,24	20,60
900	22,02	21,44	21,91
950	21,36	20,85	20,74
1000	19,99	17,43	15,86
1050	14,59	14,14	13,13
1100	12,53	12,05	11,02
1150	10,05	9,78	9,59

Os resultados também mostraram que ocorreram pequenas alterações nos valores de absorção de água com a incorporação do resíduo, para todas as temperaturas estudadas. Em geral, há uma tendência para diminuição dos valores de absorção de água. Isto está relacionado à composição químico-mineralógica do resíduo que contribui para diminuir o nível de porosidade aberta do corpo cerâmico.

A Figura 1 mostra a microestrutura sinterizada das amostras ARR0 (argila pura) e ARR10 (argila-10% de resíduo). Pode-se observar nessa figura que as microestruturas são muito similares. De fato os valores de absorção de água destas amostras são também muito similares. Verifica-se que em 850 °C a microestrutura da superfície de fratura é muito rugosa e porosa. Este tipo de microestrutura está

relacionado à fraca sinterização entre as partículas de metacaulinita amorfa e minerais acessórios da própria argila e do resíduo de rocha ornamental utilizado.

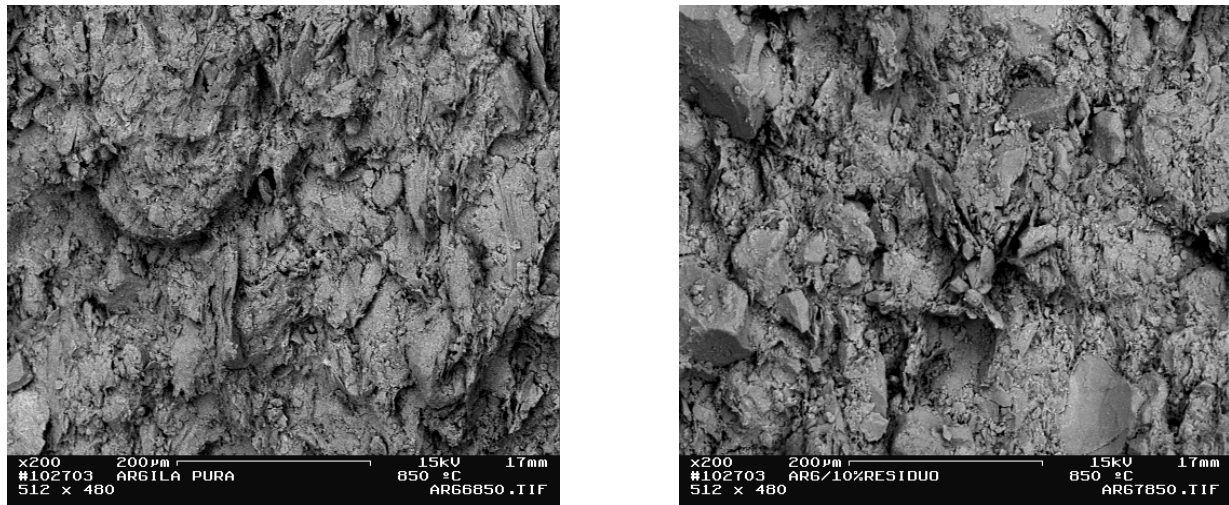


Figura 1. Amostras ARRO (argila pura) e ARR10 (argila-10 % de resíduo) queimadas em 850 °C com um aumento de 200x.

A Figura 2 mostra a microestrutura das amostras ARR10 (argila-10% de resíduo) sinterizada em duas diferentes temperaturas (850 °C e 1150 °C). Esta figura evidencia claramente que a microestrutura foi modificada com o aumento da temperatura de sinterização. Isto está de acordo com os valores de absorção de água, onde uma grande quantidade de porosidade aberta foi eliminada. Em 1150 °C a superfície de fratura apresenta uma textura mais suave, como resultado do maior grau de sinterização e vitrificação do corpo cerâmico. Nesta temperatura o mecanismo de sinterização predominante é o fluxo viscoso. A incorporação do resíduo de rocha ornamental à argila tende a provocar alterações significativas dos teores de óxidos fundentes (K_2O e Na_2O), mantendo-se os teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 como óxidos majoritários. O efeito fundente dos óxidos de potássio e sódio poderá ser explicado em termos dos diagramas de equilíbrio de fases dos sistemas $SiO_2-Al_2O_3-K_2O$ e $SiO_2-Al_2O_3-Na_2O$.

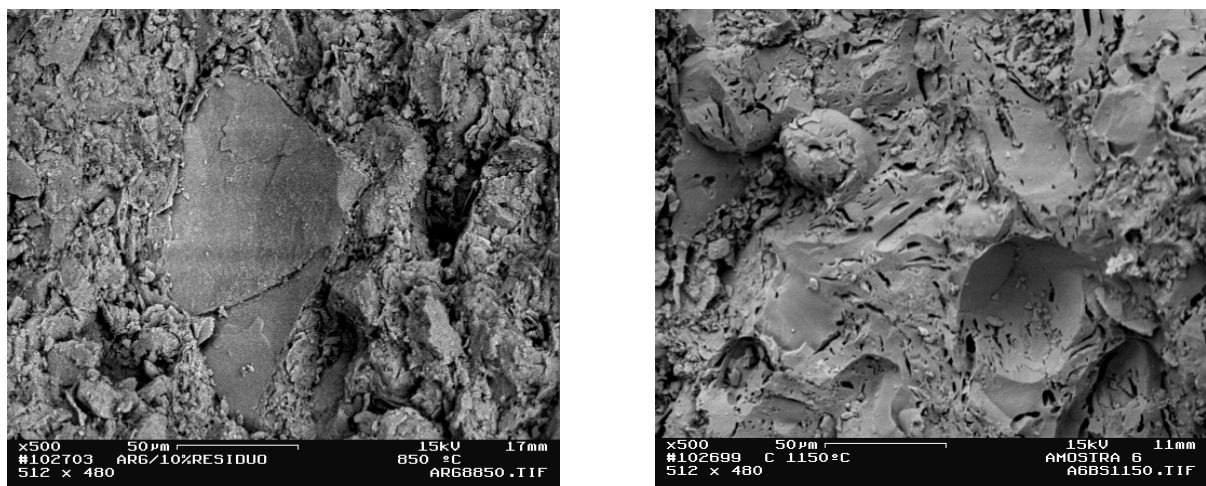


Figura 2. Amostra ARR10 (argila-10 % de resíduo) queimada em 850 °C e 1150 °C com um aumento de 500x, respectivamente.

A Figura 3 mostra as micrografias obtidas por microscopia óptica em campo claro para as amostras ARRO e ARR20 sinterizadas em 1150 °C. Pode-se observar uma alta quantidade de vidros formados e uma baixa porosidade da matriz vitrificada. A fase vítrea formada em alta temperatura penetrou na porosidade do corpo cerâmico por meio de forças capilares, resultando no fechamento da porosidade. Observa-se ainda uma coloração avermelhada da matriz sinterizada. Esta coloração pode estar provavelmente relacionada à presença de óxido de ferro presente na massa argilosa. Embora não tenham sido identificadas neste trabalho, as fases cristalinas presentes no corpo cerâmico sinterizado em 1150 °C são provavelmente quartzo, mulita e hematita.

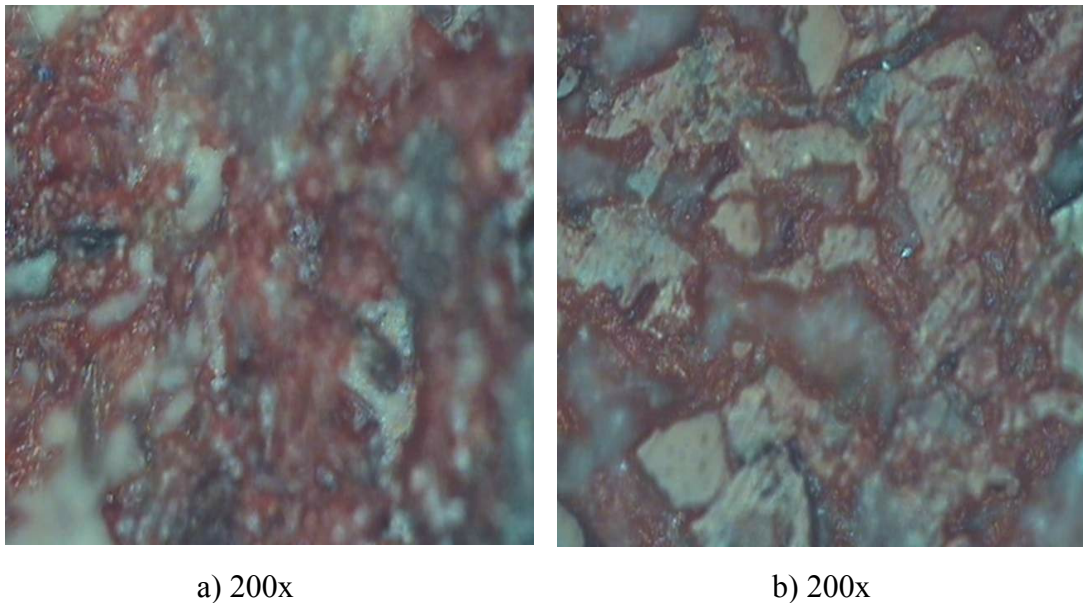


Figura 3. Micrografias ópticas em campo claro das amostras sinterizadas em 1150°C: a) ARRO e b) ARR20.

4 CONCLUSÕES

Verificou-se a correlação bem definida entre a microestrutura sinterizada e a absorção de água de corpos cerâmicos contendo resíduo de rocha ornamental, que é uma propriedade física de alto interesse prático usada para classificar e qualificar os produtos cerâmicos a base de argila usados na construção civil.

Observou-se que a temperatura de sinterização e quantidade de resíduo incorporado influenciam a microestrutura e propriedades dos corpos cerâmicos. No entanto, o efeito da temperatura é mais significante.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 MOREIRA, J.M.S, Projeto de Dissertação de Mestrado, PPGFCM-UENF, (2004).
- 2 <http://www.drm.rj.gov.br/potencial.htm>, (2004).
- 3 MENEZES, R.R.; FERREIRA, H.S.; NEVES, G.A.; FERREIRA, H.C. Uso de resíduos de granitos como matérias-primas cerâmicas. **Cerâmica**, v. 48, n. 306, p. 92, 2002.
- 4 <http://www.cimm.com.br/>, Boletim 04, janeiro de 2004.
- 5 DONDI, M.; MARSIGLI, M.; FABBRI, B. Recycling of industrial and urban wastes in brick production – a review. **Tile & Brick International**, v. 13, p.218-225, 1997.
- 6 MOREIRA, J.M.S.; MANHÃES, J.P.V.; HOLANDA, J.N.F. Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 51, n. 319, p. 180-186, 2005.