

Utilização de resíduo de serragem de granito proveniente do estado do Espírito Santo em cerâmica vermelha

(Utilization of granite sawing waste from Espírito Santo state in red ceramic)

J. M. S. Moreira, M. N. Freire, J. N. F. Holanda
CCT-LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense
Av. Alberto Lamego 2000, Campos dos Goytacazes, RJ, 28013-602
holanda@uenf.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi utilizar um resíduo de serragem de granito, proveniente da indústria de pedras ornamentais do estado do Espírito Santo, como aditivo na fabricação de produtos cerâmicos para construção civil. Este resíduo é um material não biodegradável que quando descartado gera poluição e degrada o meio ambiente. Assim, uma amostra deste material foi selecionada de modo que suas características com respeito a composição química, difração de raios X, análise de tamanho de partícula, massa específica real e plasticidade pudessem ser estudadas. Foram preparadas misturas contendo até 10% em peso de resíduo, e sinterizadas em sete diferentes temperaturas entre 850 °C e 1150 °C. A evolução na formação de fases cristalinas nos corpos cerâmicos durante a sinterização foi acompanhada por DRX. As propriedades físico-mecânicas foram determinadas em função da temperatura de sinterização e % de resíduo adicionado. Os resultados revelaram que o resíduo é um material polimineral não plástico constituído basicamente por sílica, feldspatos, mica e calcita. Uma série de transformações de fases ocorreram durante a sinterização. Além do mais, os corpos sinterizados contendo resíduo de serragem de granito têm uso provável em cerâmica vermelha, contribuindo para a minimização de resíduos e desenvolvimento auto-sustentado.

Palavras-chave: reciclagem, resíduo de granito, cerâmica vermelha, massas cerâmicas.

Abstract

The aim of this work was to recycling a granite sawing waste from ornamental stone industry located at Espírito Santo State by use as additive in the manufacture of ceramic products for civil construction. This waste is a non-biodegradable material that as disposed generates pollution and environmental damage. Thus, waste sample was selected so that their characteristics regarding chemical composition, X-ray diffraction, particle size analysis, specific mass and plasticity could be studied. Mixtures containing up to 10 wt.% waste were prepared, and sintered at seven different temperatures ranging between 850 °C and 1150 °C. The formation and evolution of crystalline phases was evaluated by X-ray diffraction. The physical-mechanical properties as a function of sintering temperature and waste addition are presented. The results revealed that the waste is a polimineralic material non plastic rich in quartz, feldspars, mica, and calcite. A series of phase transformations take place during the sintering. In addition, the sintered bodies containing granite sawing waste are adequate for the red ceramic field, resulting in great advantages in waste minimization and self-sustainable development.

Keywords: recycling, granite waste, red ceramic, ceramic masses.

INTRODUÇÃO

O Brasil detém grandes reservas de pedras ornamentais de revestimento (granito e mármore) com os mais variados aspectos estéticos. As pedras naturais ornamentais são produtos que competem com os pisos e revestimentos cerâmicos. Estas pedras em forma de placas polidas, além da beleza, é necessário algumas características importantes tais como homogeneidade, resistências química e física das pedras e da superfície polida. Dentre os estados produtores destacam-se ES, PB, BA, MG, CE, MS, SP e RJ [1]. O estado do Espírito Santo é responsável por cerca de 80% da produção nacional de pedras ornamentais [2]. O município de

Cachoeiro do Itapemirim, responde por cerca de 90% da produção capixaba, sendo este setor mineral a principal atividade econômica da região, responsável pela geração de milhares de empregos diretos e indiretos. As pedras ornamentais de Cachoeiro do Itapemirim-ES não somente supre o mercado nacional, como grande parte é exportada principalmente para os Estados Unidos e países europeus.

Para o uso destas rochas na construção civil, é necessário o seu desdobramento para obtenção de blocos e chapas brutas. Em seguida é feito um processo de polimento nas peças serradas, resultando em produtos acabados para o mercado. Este processo de desdobramento e beneficiamento gera

enormes quantidades de resíduos na forma de lama. No caso de Cachoeiro do Itapemirim-ES, estima-se da ordem de 400 ton/mês de resíduos na forma de lama [3]. A minimização na geração destes resíduos vem sendo feita com o uso de fio diamantado que corta a rocha com maior precisão [4]. A lama obtida geralmente é constituída de pó de rochas, que corresponde a cerca de 20 a 25% do bloco beneficiado, além de outros acessórios como granalha metálica, cal e água.

A lama quando seca torna-se um resíduo sólido não biodegradável classificado como resíduo classe III - inerte. Entretanto, quando este resíduo não é descartado de forma correta pode alcançar rios, lagoas, córregos e até mesmo os reservatórios naturais de água, provocando problemas de assoreamento, causando danos ao meio ambiente [5, 6]. Além do mais, esta lama quando seca, sua poeira pode provocar danos à saúde humana, como por exemplo problemas de Silicose. Ainda, quando dispostos em depósitos em céu aberto afeta esteticamente a paisagem.

Os resíduos de serragem de rochas ornamentais, aparentemente sem valor industrial, podem ser usados como componente importante de massas argilosas na fabricação de produtos cerâmicos para uso na construção civil [7-10]. As razões para isto estão relacionadas aos seguintes aspectos principais: i) a composição químico-mineralógica do resíduo; ii) a sua natureza não plástica; e iii) não causa poluição durante a fabricação e uso dos novos produtos cerâmicos.

O objetivo principal deste trabalho é estudar a viabilidade da reciclagem da grande quantidade de resíduos de serragem de pedras ornamentais gerada pelas empresas instaladas na região de Cachoeiro do Itapemirim-ES. Ênfase é dada as características do resíduo e as propriedades físico-mecânicas das massas contendo resíduo, com referência especial a adequação destes materiais na fabricação de produtos de cerâmica vermelha para construção civil.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foram preparadas três massas cerâmicas contendo adições de até 10% em peso de resíduo de serragem de granito (Tabela I). No preparo dessas massas, foram usadas uma massa argilosa industrial e resíduo do corte/serragem de granito provenientes da região de Cachoeiro do Itapemirim-ES.

A amostra de resíduo peneirada em 40 mesh (425 μ m) foi caracterizada sob os seguintes aspectos: composição química determinada por fluorescência de raios X, difração de raios X

Tabela I - Composição das massas cerâmicas (% em peso).
[Table I - Compositions of the ceramic masses (wt.%)].

Amostras	Argila	Resíduo
M1	100,0	0,0
M2	95,0	5,0
M3	90,0	10,0

(Seifert, modelo URD 65) utilizando-se radiação $\text{Cu}_{K\alpha}$, granulometria (NBR 7181-84) [11], massa específica real dos grãos (NBR 6508-84) [12] e limites de consistência de Atterberg (NBR 6459-84 [13] e NBR 7180-84 [14]).

Os corpos cerâmicos obtidos por prensagem uniaxial sob 26 MPa numa matriz retangular (11,50 x 2,54 x 1,0 cm^3), foram posteriormente secos em estufa (110 $^{\circ}\text{C}$ por 24 h). A queima foi realizada em temperaturas de 850 até 1150 $^{\circ}\text{C}$ em forno elétrico de laboratório com microprocessador acoplado, sendo os corpos cerâmicos mantidos na temperatura final de queima por 2 h. A taxa de aquecimento foi de aproximadamente 1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ com patamar em 600 $^{\circ}\text{C}$ durante 1 h. De 600 $^{\circ}\text{C}$ até a temperatura final de patamar a taxa foi de 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$. O resfriamento foi realizado numa taxa de 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ até 600 $^{\circ}\text{C}$. Entre 600 e 500 $^{\circ}\text{C}$ a taxa foi de 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, e de 500 $^{\circ}\text{C}$ até a temperatura ambiente a taxa foi de 1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$. As seguintes propriedades dos corpos cerâmicos após queima foram determinadas: retração linear [15], absorção de água [16], massa específica aparente [16], porosidade aparente [16] e tensão de ruptura à flexão em carregamento de três pontos [17].

A identificação das fases presentes nos corpos cerâmicos sinterizados foi feita por difração de raios X. A microestrutura da superfície de fratura foi observada por microscopia eletrônica de varredura (Zeiss, modelo DSM 962).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O difratograma de raios X da amostra de resíduo de granito estudado é mostrado na Fig. 1. Verifica-se picos de difração característicos das fases cristalinas referentes a sílica (SiO_2), microclina (feldspato potássico - KAlSi_3O_8), albita (feldspato sódico - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), ilita/mica e calcita (CaCO_3). Ainda, há indícios da presença de dolomita e hematita no resíduo. A argila

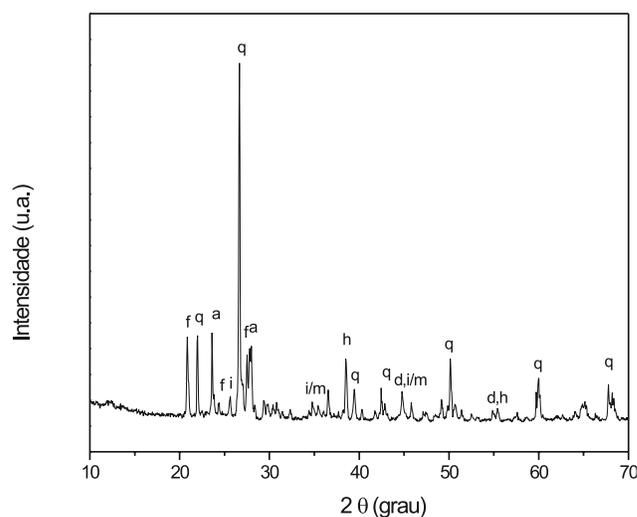


Figura 1: Difratograma de raios X do resíduo: f - microclina; a - albita; i/m - ilita/mica; q - quartzo; h - hematita; e d - dolomita.
[Figure 1: X-ray diffraction pattern of the waste: f - microcline; a - albite; i/m - illite/mica; q - quartz; h - hematite; and d - dolomite.].

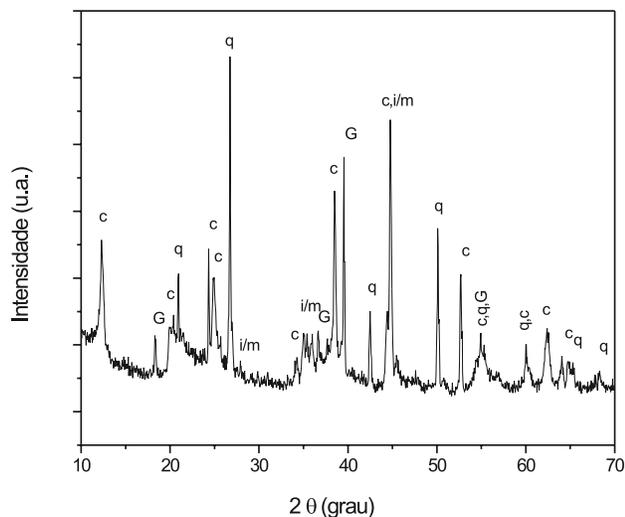


Figura 2: Difratoograma de raios X da argila: c - caulinita; q - quartzo; G - gibbsita; e i/m - ilita/mica.
 [Figure 2: X-ray diffraction pattern of the clay: c - kaolinite; q - quartz; G - gibbsite; and i/m - illite/mica.]

da região de Cachoeiro do Itapemirim-ES utilizada apresenta picos característicos da caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), gibbsita ($\text{Al}_2(\text{OH})_6$), sílica e ilita/mica, conforme mostrado na Fig. 2.

A composição química do resíduo de granito é dada na Tab. II. Verifica-se que do ponto de vista químico, o resíduo é constituído basicamente por SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 que corresponde a cerca de 87%. Os altos teores de SiO_2 e Al_2O_3 obtidos são típicos de rochas ígneas graníticas [18]. As presenças de Fe_2O_3 e CaO estão provavelmente relacionadas aos constituintes do próprio resíduo, assim como a adição de granalha e óxido de cálcio como lubrificante e abrasivo no processo de corte/serragem do granito. Os óxidos alcalinos ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$), que atuam como agentes fundentes, são provenientes principalmente da mica moscovita e feldspatos. A perda ao fogo é baixa e dentro da faixa para rochas graníticas.

A Tabela III apresenta os resultados da distribuição granulométrica e massa específica real do resíduo e das massas cerâmicas preparadas. Nota-se que do ponto de vista granulométrico, a massa argilosa pura (M1) e o resíduo de serragem de granito são também completamente distintos. A

Tabela II - Composição química (% em peso) do resíduo de granito.
 [Table II - Chemical composition (wt.%) of the granite waste.]

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	PF
65,95	12,84	7,89	0,93	0,04	1,47	3,01	4,19	2,39	1,33

PF = perda ao fogo

Tabela III - Distribuição de tamanho de partículas do resíduo e massas preparadas (%).
 [Table III - Particle size distribution of the waste and ceramic prepared (%).]

Amostras ($< 2 \sigma_m$)	Fração Argila ($2 \Omega \times \Omega 60 \sigma_m$)	Silte ($60 \Omega \times \Omega 2000 \sigma_m$)	Areia (g/cm^3)	ψ
M1	47	38	15	2,64
M2	48	35	17	2,66
M3	48	36	16	2,62
Resíduo	8	67	25	2,68

ψ = massa específica dos grãos

Tabela IV - Limites de Atterberg para o resíduo e massas cerâmicas preparadas.
 [Table IV - Atterberg limits for the waste and ceramic masses.]

Amostras	Limites de Consistência de Atterberg		
	Limite de Liquidez (%)	Limite de Plasticidade (%)	Índice de Plasticidade (%)
M1	55	34	21
M2	53	33	20
M3	51	33	18
Resíduo	-	NP	NP

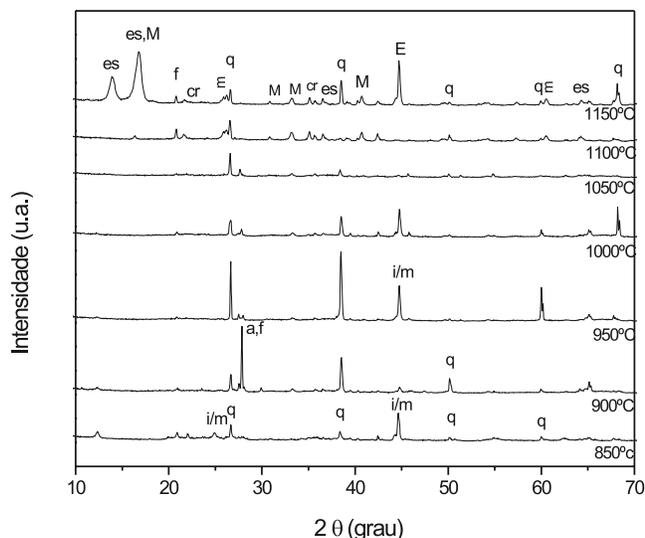


Figura 3: Difratoformas de raios X dos corpos cerâmicos contendo resíduo (amostra M3) após sinterização em várias temperaturas: f - microclina; a - albite; i/m - illita/mica; q - quartzo; cr - cristobalita; M - mulita; E - $v\text{-Al}_2\text{O}_3$; e es - MgAl_2O_4 .

[Figure 3: X-ray diffractograms of waste-containing ceramic bodies (sample M3) after sintering at various temperatures: f - microcline; a - albite; i/m - illite/mica; q - quartz; cr - cristobalite; M - mullite; E - $v\text{-Al}_2\text{O}_3$; and es - MgAl_2O_4 .]

massa argilosa pura apresenta elevado conteúdo (47%) de partículas com tamanho inferior a $2\ \mu\text{m}$. Esta fração $< 2\ \mu\text{m}$ está fundamentalmente relacionada com a presença de argilominerais [19]. Ao contrário, o resíduo apresenta elevado conteúdo da fração silte-areia. O resíduo de serragem de granito apresentou valor de massa específica real da ordem de $2,68\ \text{g/cm}^3$. Este valor está dentro da faixa de referência ($2,60$ até $2,90\ \text{g/cm}^3$) para rochas graníticas [1].

A Tabela IV apresenta os limites de consistência de Atterberg para o resíduo e massas cerâmicas preparadas. Os resultados mostram que as massas argilosas apresentaram um índice de plasticidade da ordem de 18-21%. Assim, estas massas argilosas podem ser classificadas do ponto de vista de Mecânica dos Solos [20], como pertencente ao grupo de argilas inorgânicas de plasticidade alta. Foram feitas algumas tentativas no sentido de determinar os limites de consistência de Atterberg para o resíduo de serragem de granito. No entanto, todos os experimentos foram impraticáveis, devido a natureza não coesiva deste material. Isto está de acordo com a literatura [8], onde apesar da presença de partículas de tamanho abaixo de $2\ \mu\text{m}$, o resíduo comporta-se como um material não plástico. De fato, nota-se claramente na Tabela IV o efeito desplastificante do resíduo.

Os difratogramas de raios X resultantes de amostras da massa M3 (10% em peso de resíduo) sinterizados de $850\ ^\circ\text{C}$ a $1150\ ^\circ\text{C}$ são mostrados na Fig. 3. Observa-se claramente que as amostras experimentaram uma série de transformações de fases durante o processo de sinterização. A ausência de picos característicos da caulinita evidencia a sua transformação para a metacaulinita amorfa [19]. Acima de $1000\ ^\circ\text{C}$ a mica não é

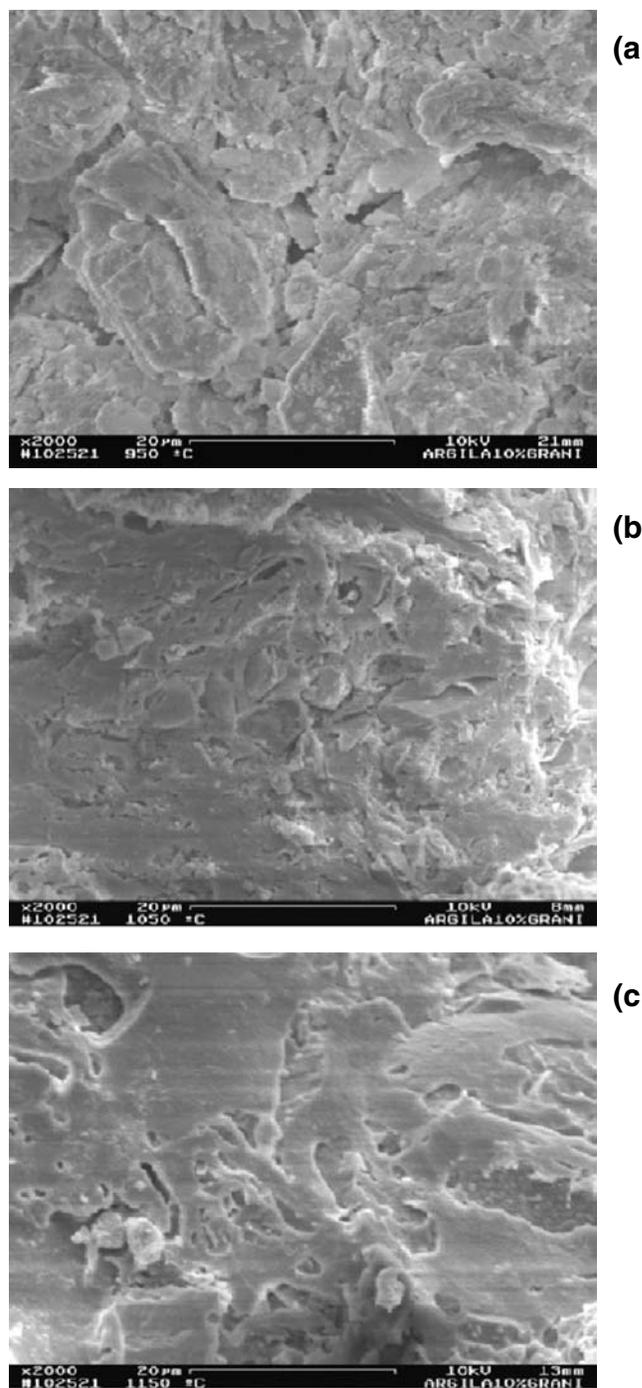


Figura 4: Microestrutura da amostra M3 (10% em peso de resíduo) sinterizada: a) $950\ ^\circ\text{C}$; b) $1050\ ^\circ\text{C}$; e c) $1150\ ^\circ\text{C}$.

[Figure 4: Microstructure of the sintered sample M3 (10 wt.% waste): a) $950\ ^\circ\text{C}$; b) $1050\ ^\circ\text{C}$; e c) $1150\ ^\circ\text{C}$.]

mais observada e os feldspatos estão se degradando [5]. Pode-se constatar também a formação da cristobalita, principalmente acima de $1050\ ^\circ\text{C}$. Além disso, nota-se o aparecimento de picos de difração característicos da mulita na região de temperaturas mais altas. Esta fase cristaliza-se, sobretudo, a partir de material proveniente da metacaulinita. Ainda, há indícios da formação de espinélios.

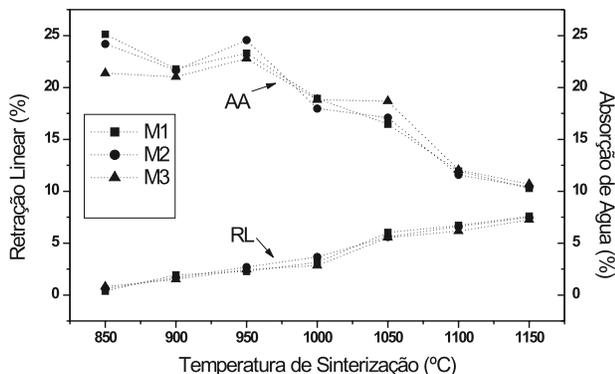


Figura 5: Diagrama de gresificação das massas cerâmicas. [Figure 5: Gresification diagram of the ceramic masses.]

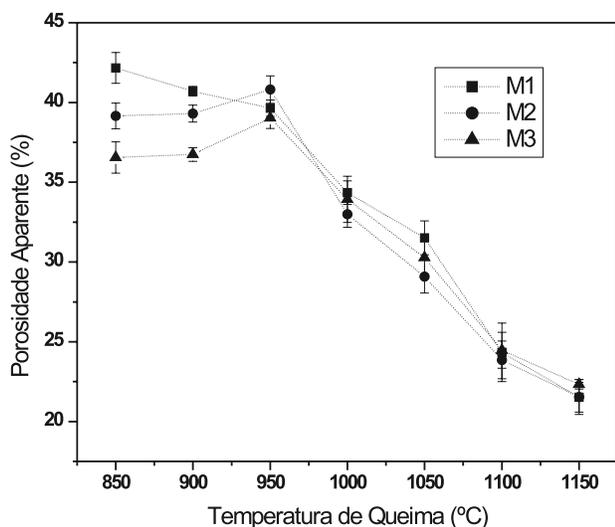


Figura 6: Porosidade aparente em função da temperatura de sinterização e do percentual de resíduo incorporado. [Figure 6: Apparent porosity as a function of the contents of waste for all sintering temperatures.]

A Fig. 4 apresenta a microestrutura correspondente de amostras sinterizadas (massa M3) em algumas das temperaturas utilizadas. Em 950 °C (Fig. 4a), observa-se uma grande quantidade de porosidade aberta, caracterizando uma textura altamente grosseira e heterogênea. Isto explica as propriedades dos corpos cerâmicos nesta região de temperatura. Após sinterização em 950 °C, uma estrutura mais densificada começou a ser formada (Fig. 4b). Em 1150 °C (Fig. 4c), nota-se claramente que a estrutura do corpo cerâmico já está definitivamente bem densificada, onde ocorreu grande redução da porosidade. Isto está fundamentalmente relacionada a ocorrência de uma maior quantidade de fase vítrea formada.

O diagrama de gresificação para os corpos sinterizados é mostrado na Fig. 5. Os resultados mostram que, em geral, os corpos cerâmicos apresentam uma tendência de aumento do parâmetro de retração linear e diminuição nos valores de absorção de água com o aumento da temperatura empregada. Os valores de retração linear obtidos estão dentro dos limites para produção industrial. Entre 850 °C e 950 °C, ocorreu pouca

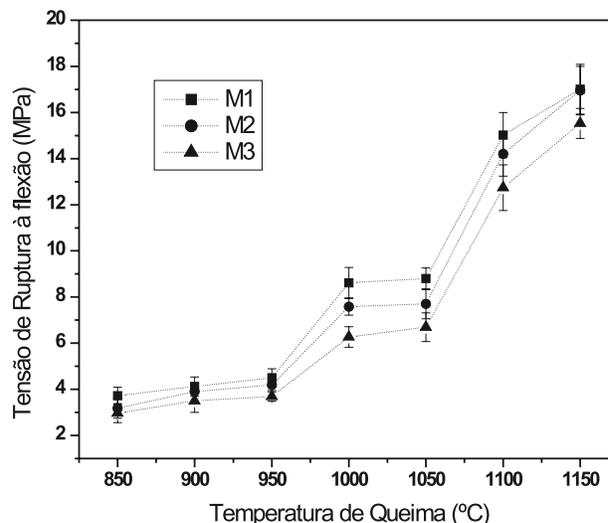


Figura 7: Massa específica aparente em função da temperatura de sinterização e do percentual de resíduo incorporado. [Figure 7: Apparent density as a function of the contents of waste for all sintering temperatures.]

alteração nos valores de retração linear (0,38 - 3,01%) e absorção de água (21,62 - 25,52%). Isto está relacionado a baixa sinterabilidade dos corpos cerâmicos, caracterizado pela fraca soldagem entre os grãos. Nesta região de temperatura mecanismos de sinterização de estado sólido dominam o processo. Acima de 950 °C ocorreram modificações significativas nos valores de retração linear (3,15 - 7,59%) e absorção de água (10,83 - 18,93%). Estas modificações devem, sobretudo, a vitrificação que preenche parcialmente os poros entre as partículas mais refratárias, promovendo retração e densificação do corpo cerâmico. Quanto ao efeito do resíduo em si, nota-se que adições de até 10% em peso de resíduo tendem

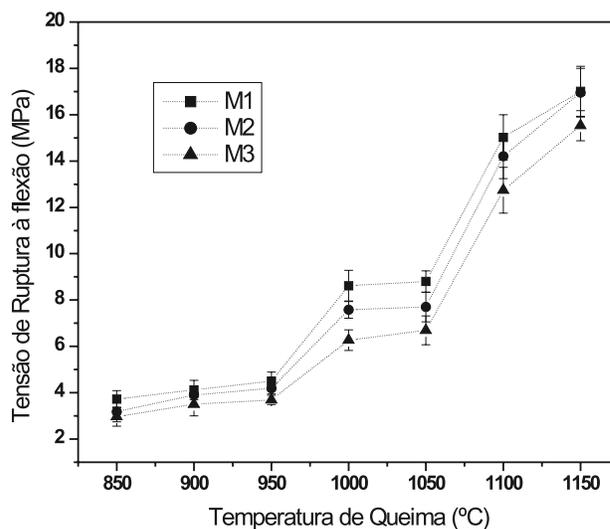


Figura 8: Tensão de ruptura à flexão em função da temperatura de sinterização e do percentual de resíduo incorporado. [Figure 8: Flexural strength as a function of the contents of waste for all sintering temperatures.]

a reduzir levemente os valores de retração linear. Isto indica que os corpos cerâmicos contendo resíduo apresentam melhor estabilidade dimensional. Os dados de porosidade aparente (Fig. 6) e massa específica aparente (Fig. 7) dos corpos cerâmicos seguem o mesmo comportamento observado para o parâmetro de absorção de água.

O valor especificado de absorção de água para tijolos maciços e blocos cerâmicos (< 25%) [21] é atingido já a partir de 850 °C. A especificação para telhas (< 20%) é atingida somente para temperaturas a partir de 1000 °C, independentemente da quantidade de resíduo empregada.

A tensão de ruptura à flexão dos corpos cerâmicos é mostrada na Fig. 8. Verifica-se que ocorreu grande variação nos valores de tensão de ruptura (2,97-17,54 MPa), com a elevação da temperatura. Isto deve-se à estrutura mais densa com o fechamento da porosidade, principalmente na região de temperaturas mais altas. De forma que os dados de resistência mecânica corroboram os resultados discutidos anteriormente.

Os dados da Fig. 8 também mostram uma tendência de queda nos valores de tensão de ruptura com adição do resíduo de serragem de granito. A razão para isto pode estar relacionada às partículas de quartzo oriundas do resíduo que foram incorporadas na estrutura do material sinterizado, atuando como sítios de iniciação de fratura [22].

Os resultados mostram, ainda, que em termos de resistência mecânica, os corpos cerâmicos já a partir de 850 °C atingem a especificação para fabricação de tijolos maciços (2,0 MPa). Acima de 950 °C são alcançadas as especificações para blocos cerâmicos (5,5 MPa) e telhas (6,5 MPa).

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho demonstram a possibilidade de reciclagem de resíduo de serragem de granito, gerado por empresas de beneficiamento de Cachoeiro do Itapemirim-ES, como matéria-prima alternativa para fabricação de produtos de cerâmica vermelha (tijolos, blocos cerâmicos e telhas) para construção civil. Assim, o uso desse resíduo em cerâmica vermelha constitui-se numa das melhores soluções para minimização de resíduos e desenvolvimento auto-sustentado.

O resíduo de granito é um material não plástico rico em SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ e agentes fundentes (K₂O e Na₂O). Do ponto de vista mineralógico é constituído basicamente por quartzo, feldspatos, mica e calcita. Os corpos cerâmicos experimentaram uma série de transformações de fases durante o processo de sinterização, resultando na formação de novas fases cristalinas e vítrea. As propriedades físico-mecânicas são afetadas, tanto pela temperatura de sinterização, quanto pelo resíduo adicionado. O efeito da temperatura é mais acentuado, principalmente acima de 950 °C. No entanto, a resistência mecânica dos corpos cerâmicos são fortemente afetadas pela incorporação do resíduo. Assim, deve-se evitar quantidades excessivas de resíduo de granito na fabricação de cerâmica vermelha.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPq (Processo:

551478/2002-0) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] S. M. R. Patrício, G. A. Neves, F. E. Brasileiro, H. C. Ferreira, Anais do 13º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Curitiba, PR (1998) p. 4385-4392.
- [2] NITES - Núcleo Regional de Informações Tecnológicas do Espírito Santo, Rochas de Qualidade, Desperdício na Indústria de Mármore e Granito, Edição 118, (1994).
- [3] K. M. Souto, G. A. Neves, H. C. Ferreira, M. C. Silva, Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Florianópolis, SC (2001) p. 701-712.
- [4] M. Filgueira, Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, PPGECM-CCT, Campos dos Goytacazes, RJ (2001).
- [5] H. F. Mothé Filho, H. Polivanov, C. G. Mothé, Anais do 45º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Florianópolis, SC (2001) p. 401-412.
- [6] S. A. Silva, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, DEA, Vitória, ES (1998).
- [7] C. G. Mothé, H. F. Mothé Filho, V. C. Almeida, Key Eng. Mater. **189-191** (2001) 132-137.
- [8] R. R. Menezes, H. S. Ferreira, G. A. Neves, H. C. Ferreira, Cerâmica **48**, 306 (2002) 92-101.
- [9] G. C. Xavier, F. S. A. Júnior, M. P. Soares, Anais do 46º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Paulo, SP (2002) p. 1494-1507.
- [10] I. P. Falcão, A. S. Júnior, Anais das Jornadas Ibero-americana de Materiais de Construção, Madri, Espanha (2001) p. 1-9.
- [11] ABNT, NBR 7181-84, Solo: Análise Granulométrica (1984).
- [12] ABNT, NBR 6508-84, Solo: Massa Específica Real dos Grãos (1984).
- [13] ABNT, NBR 6459-84, Solo: Determinação do Limite de Liquidez (1984).
- [14] ABNT, NBR 7180-84, Solo: Determinação do Limite de Plasticidade (1984).
- [15] ABNT, NBR MB-305, Solo: Determinação da Retração Linear (1984).
- [16] ASTM, C 378-88, Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products (1988).
- [17] ASTM, C 674-77, Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials (1977).
- [18] J. D. Dana, C. S. Hurlbut, Manual de Mineralogia, Ed. Livros Técnicos e Científicos S.A., RJ, Brasil (1978) 643p.
- [19] P. S. Santos, Ciência e Tecnologia de Argilas, Vol. 1, 2ª edição, Edgard Blücher Ltda, S. Paulo (1989).
- [20] H. P. Caputo, Mecânica dos Solos e Suas Aplicações Fundamentais, Livros Técnicos, RJ, Brasil (1994).
- [21] Polo Produções, Anuário Brasileiro Cerâm. Verm., Ed. J. L. Francisco, Criciúma, SC (2000) 36-38.
- [22] E. A. Carvalho, G. P. Souza, J. N. F. Holanda, Proceedings of 10th International Conference on Fracture, Ed. K. Ravi-Chandar et. al., Honolulu, Hawaii (2001) cdrom, 1-6. (Rec. 20/06/03, Rev. 23/10/03, Ac. 31/10/03)