

ANÁLISE MICROESTRUTURAL 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

O objetivo desse trabalho foi avaliar a microestrutura de cerâmica vermelha incorporada com cinza de bagaço de cana de açúcar queimada em duas distintas temperaturas. As matérias-primas utilizadas foram uma massa cerâmica industrial e uma cinza de bagaço de cana de açúcar, obtida da queima do bagaço nas caldeiras de uma usina sucro-alcooleira da região de Campos dos Goytacazes-RJ. Foram feitas incorporações com 0, 10 e 20% de cinza com granulometria inferior a 44 μm (325 mesh). Os corpos de prova foram preparados por prensagem uniaxial e queimados nas temperaturas de 1050 e 1200°C. Para análise microestrutural da cerâmica com incorporação de cinza foram realizados, após a queima, ensaios de difração de raios-X e de microscopia eletrônica de varredura. A cerâmica com incorporação de 20% de cinza, queimada a 1200°C, apresentou grande diferença na microestrutura em relação às outras composições estudadas, apresentando grande formação de fase líquida.

Palavras-chave: Cinza de bagaço de cana; Incorporação; Cerâmica vermelha; Análise microestrutural.

MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF RED CERAMIC INCORPORATE WITH SUGAR CANE BAGASSE ASH

Abstract

The objective of this work was to evaluate the microstructure of red ceramic incorporate with sugar cane bagasse ash burned in two different temperatures. The used raw materials were an industrial ceramic body and a sugar cane bagasse ash, obtained from burning the bagasse in the boilers of a alcohol industry located in the area of Campos dos Goytacazes, state of Rio de Janeiro. Incorporations with 0, 10 and 20% of ash with granulometry inferior to 44 μm (325 mesh) were carried out. Specimens were prepared by uniaxial press-molding and fired in the temperatures of 1050 and 1200°C. Microstructural analysis of the ceramic incorporated with ash was accomplished, after firing, by X-ray diffraction and scanning electron microscopy. The ceramic with incorporation of 20% of ash, fired at 1200°C, presented great difference in the microstructure in relation to the other studied compositions, due to a significant formation of liquid phase.

Key words: Sugar cane bagasse ash; Incorporation; Red ceramic; Microstructural analysis

- 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

Campos dos Goytacazes, município situado ao norte do Estado do Rio de Janeiro, possui sete usinas açucareiras, produzindo em torno de 500.000 toneladas de açúcar. A combustão do bagaço de cana em indústrias açucareiras gera grande quantidade de monóxido de carbono e cinzas volantes que são despejados ao meio ambiente, poluindo o ar.⁽¹⁾ Além disto, cinzas pesadas também são geradas no fundo das caldeiras e podem contribuir para a poluição ambiental.

A cinza utilizada nesse trabalho é uma cinza proveniente do processo da queima do bagaço de cana de açúcar em caldeiras de usinas sucro-alcooleiras. O bagaço é queimado nas caldeiras a uma temperatura de aproximadamente 980-1000°C, gerando as cinzas. A cinza investigada nesse trabalho é uma cinza de cor clara considerada cinza pesada. Esta cinza é caracterizada basicamente por altas quantidades de SiO₂ e quantidades significativas de K₂O. As fases cristalinas encontradas na cinza são: quartzo, feldspato potássico, mulita, hematita e fosfato de cálcio, sendo o quartzo a principal fase cristalina encontrada na cinza.⁽²⁾

O óxido de silício é encontrado na natureza sob as formas polimorfas: quartzo, tridimita e cristobalita. As transformações de fase ocorrem com a variação de temperatura, recebendo cada uma, a sua denominação específica. O quartzo alfa é estável à temperatura ambiente, transformando-se na variedade beta a 573°C e em tridimita a 870°C. À temperatura de 1470°C ocorre a transformação para cristobalita, até atingir o ponto de fusão a 1713 °C.^(3,4)

O objetivo desse trabalho foi avaliar a microestrutura de uma cerâmica vermelha incorporada com cinza de bagaço de cana de açúcar queimada em duas distintas temperaturas, 1050 e 1200°C. Para análise microestrutural da cerâmica com incorporação de cinza foram realizados, após a queima, ensaios de difração de raios-X e de microscopia eletrônica de varredura.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As matérias-primas usadas nesse trabalho foram uma cinza obtida do processo de queima do bagaço de cana de açúcar em caldeiras de uma usina sucro-alcooleira da região de Campos dos Goytacazes-RJ e uma massa cerâmica industrial usada na fabricação de tijolos e telhas.

A composição química da cinza, determinada por espectrometria de fluorescência de raios-X,⁽²⁾ e da massa cerâmica pode ser visto na Tabela 1. A difração de raios-X (DRX)⁽²⁾ 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).⁽²⁾

	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 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.

Tabela 2. Composições estudadas (% em peso).

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

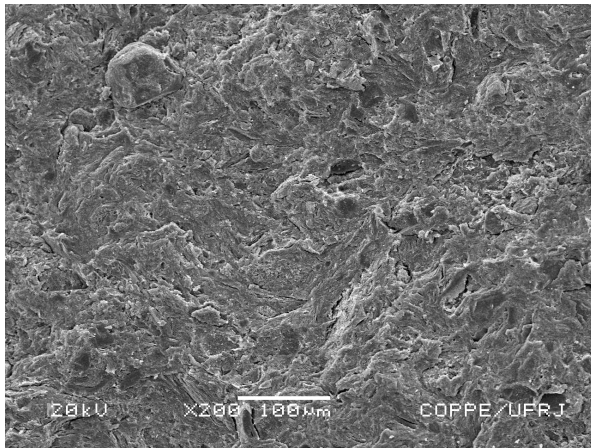
A microestrutura da superfície de fratura das amostras queimadas foi caracterizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), usando o equipamento Jeol modelo JSM-6460 LV do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ.

A identificação das fases cristalinas nas peças queimadas foi realizada por difração de raios-X (DRX) usando um equipamento Bruker-AXS D5005 equipado com espelho de Goeble para feixe paralelo de raios-X, nas seguintes condições de operação: radiação $\text{CoK}\alpha$ (35 kV/40 mA), velocidade do goniômetro de 0,02° 2 θ por passo com tempo de contagem de 1,0 segundo por passo e coletados de 5 a 80° 2 θ .

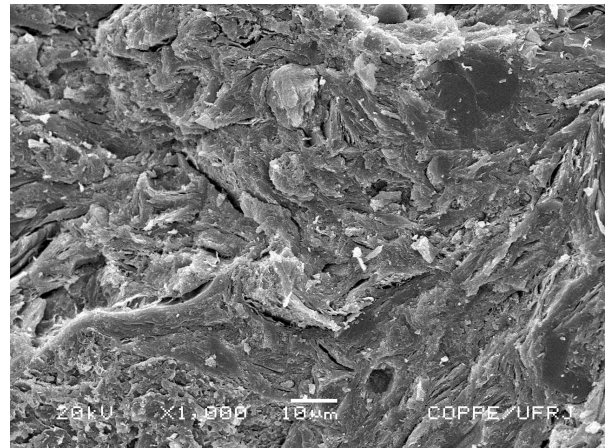
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1-6 apresentam as micrografias da superfície de fratura da cerâmica sem e com adição de cinza de bagaço de cana de açúcar, queimadas a 1050 e 1200°C. Em particular, as Figuras 1-3 mostram micrografias das cerâmicas com incorporação de 0, 10 e 20% de cinza queimadas a 1050°C. Pode ser observado que a composição **A0C** (massa cerâmica sem incorporação) apresenta uma superfície de fratura rugosa. Isso é esperado para materiais argilosos queimados a essa temperatura. Nessa temperatura, a quantidade de fase líquida e sua viscosidade não são suficientes para fechar a porosidade aberta. Nas micrografias da cerâmica com cinza (Figura 2 e 3) nota-se uma heterogeneidade, aglomerados, indicando que a temperatura de 1050°C não foi suficiente para produzir sinterização líquida total, e sim, parcial.

As Figuras 4-6 apresentam as micrografias das cerâmicas com incorporação de 0, 10 e 20% de cinza queimadas a 1200°C. Nas micrografias da composição **A0C** nota-se sinterização líquida, porém, insuficiente para preenchimento dos poros, necessitando de adição de fundentes. Já a composição **A10C325** (com cinza) apresenta maior formação de fase líquida. A sinterização via fase líquida ainda foi insipiente e insuficiente para evitar a seqüência contínua de poros angulares que, provavelmente, foi responsável pela fratura. A composição **A20C325** apresenta uma quantidade de líquido significativa, a amostra está vitrificada, porém, com a presença de grande volume de poros decorrentes da contração das cinzas na sua liquefação. Este grande volume de poros, vários deles contínuos, pode ser a falha responsável pela resistência mecânica.

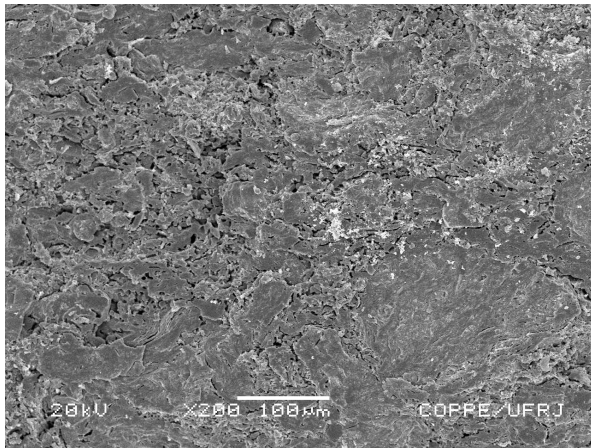


(a)

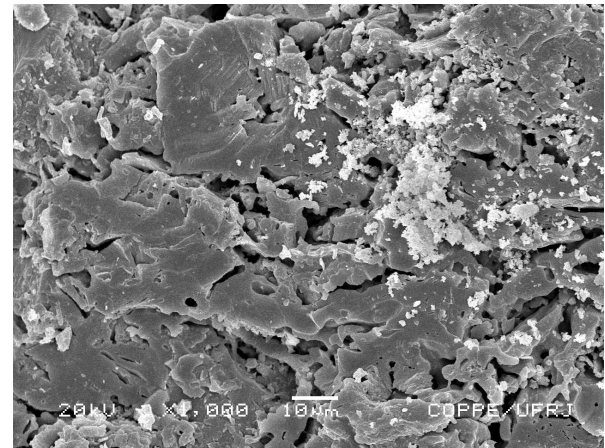


(b)

Figura 1. Micrografias (MEV) da região de fratura da composição **A0C** queimada a 1050°C. (a) 200x; (b) 1.000x.

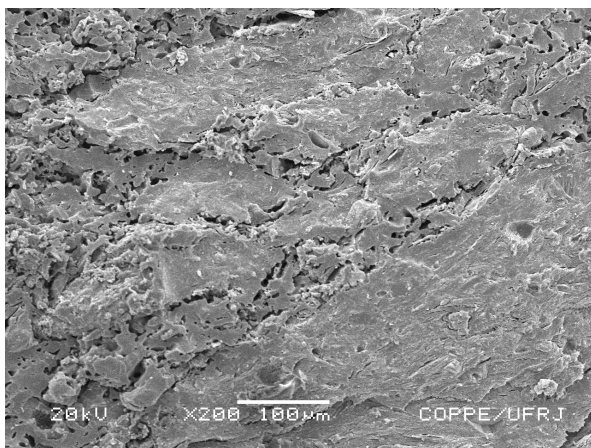


(a)

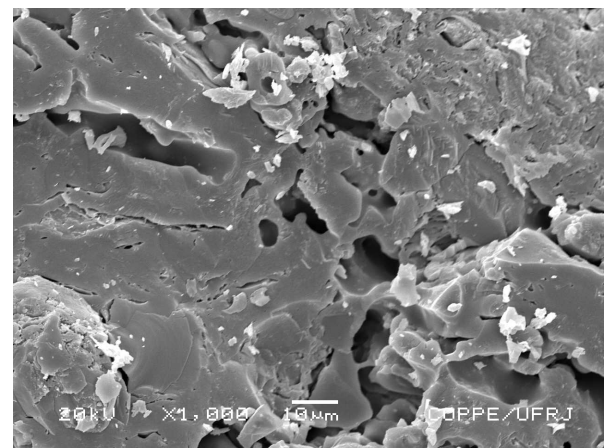


(b)

Figura 2. Micrografias (MEV) da região de fratura da composição **A10C325** queimada a 1050°C. (a) 200x; (b) 1.000x.

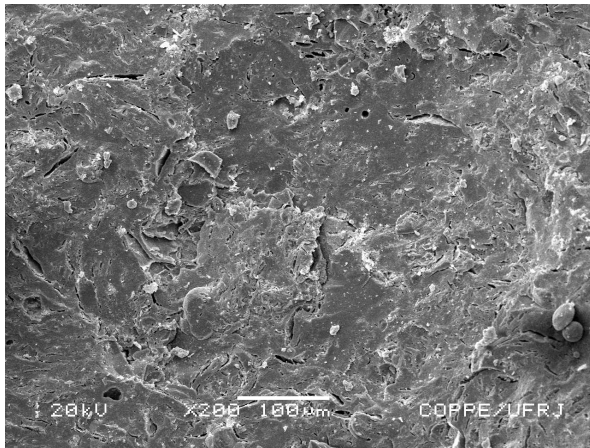


(a)

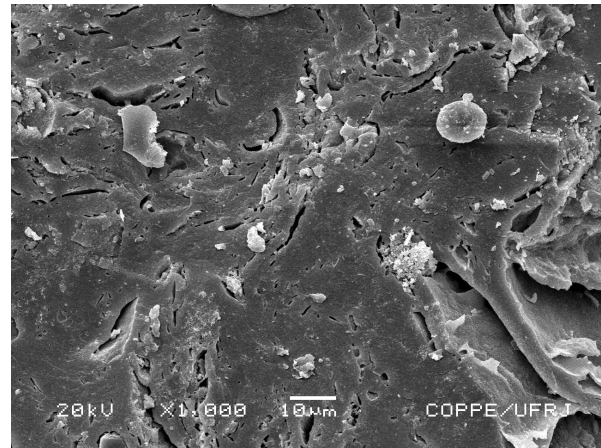


(b)

Figura 3. Micrografias (MEV) da região de fratura da composição **A20C325** queimada a 1050°C. (a) 200x; (b) 1.000x.

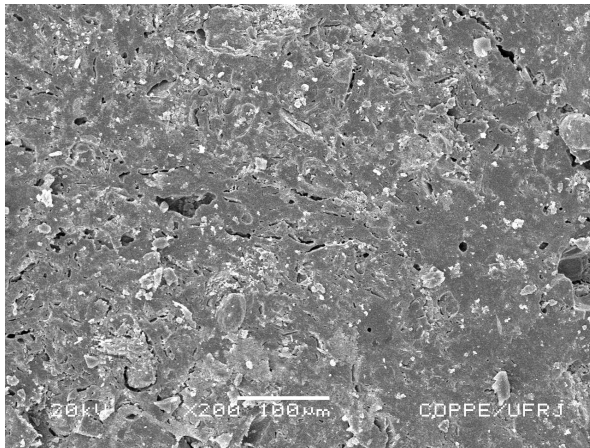


(a)

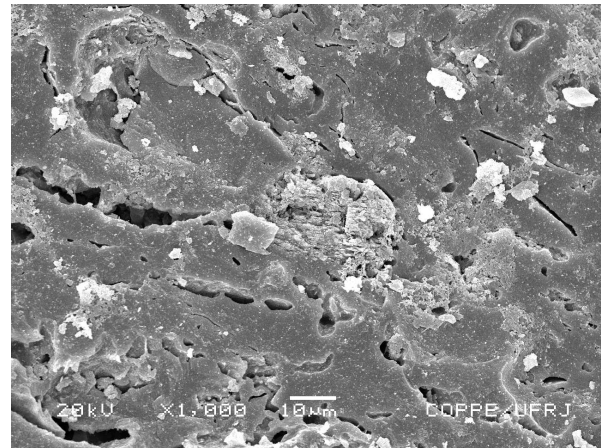


(b)

Figura 4. Micrografias (MEV) da região de fratura da composição **A0C** queimada a 1200°C. (a) 200x; (b) 1.000x.

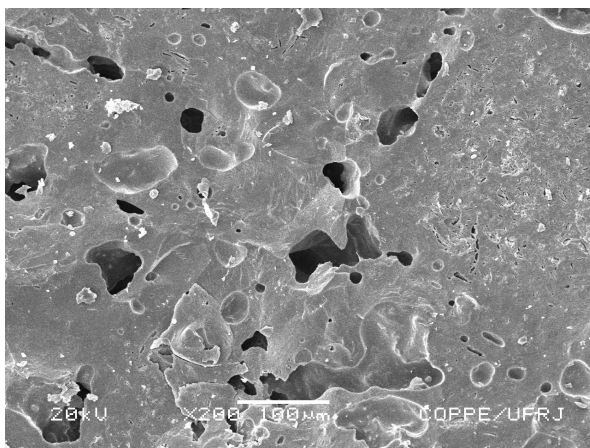


(a)

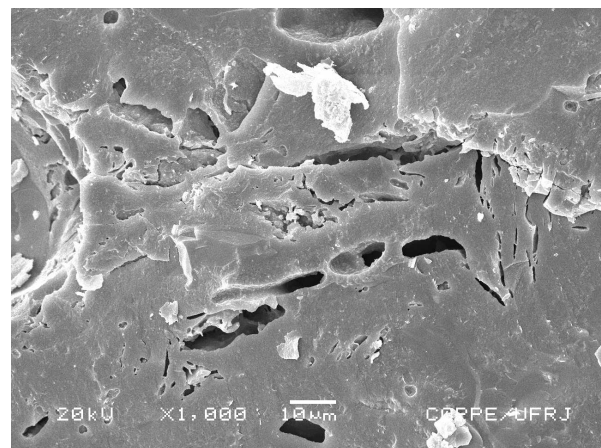


(b)

Figura 5. Micrografias (MEV) da região de fratura da composição **A10C325** queimada a 1200°C. (a) 200x; (b) 1.000x.



(a)



(b)

Figura 6. Micrografias (MEV) da região de fratura da composição **A20C325** queimada a 1200°C. (a) 200x; (b) 1.000x.

As Figuras 7 e 8 apresentam os difratogramas de raios-X (DRX) das composições **A0C**, **A10C325** e **A20C325** queimadas a 1050 e a 1200°C, respectivamente. Na Figura 7, as seguintes fases foram identificadas para a composição **A0C**: mulita, tridimita, quartzo e hematita. Já para as composições com cinza, queimadas a 1050°C, além das fases identificadas para A0C, também foi identificado silicato de alumínio e cálcio. A 1200°C, para todas as composições estudadas, as fases identificadas foram: mulita, tridimita, quartzo e hematita. Nessa temperatura, a fase de silicato de alumínio e cálcio não foi identificada no DRX. As fases identificadas no DRX estão de acordo com a composição química das matérias-primas, onde ambas apresentam SiO₂ em maior porcentagem em sua constituição. A adição de cinza na massa cerâmica não mudou as fases cristalinas majoritárias, apenas houve formação de mais uma fase, na temperatura de 1050°C, a do silicato de alumínio e cálcio.

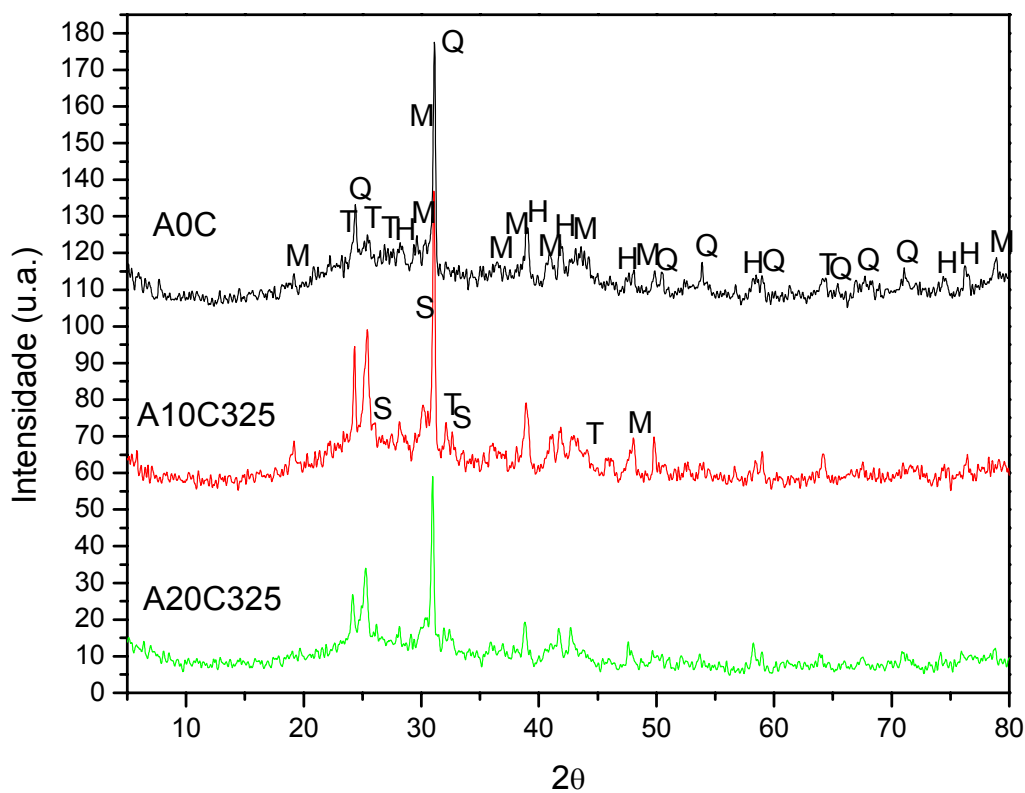


Figura 7. Difratograma de raios-X das composições **A0C**, **A10C325** e **A20C325** queimadas a 1050°C. M = mulita, T = tridimita, Q = quartzo, H = hematita, S = silicato de alumínio e cálcio.

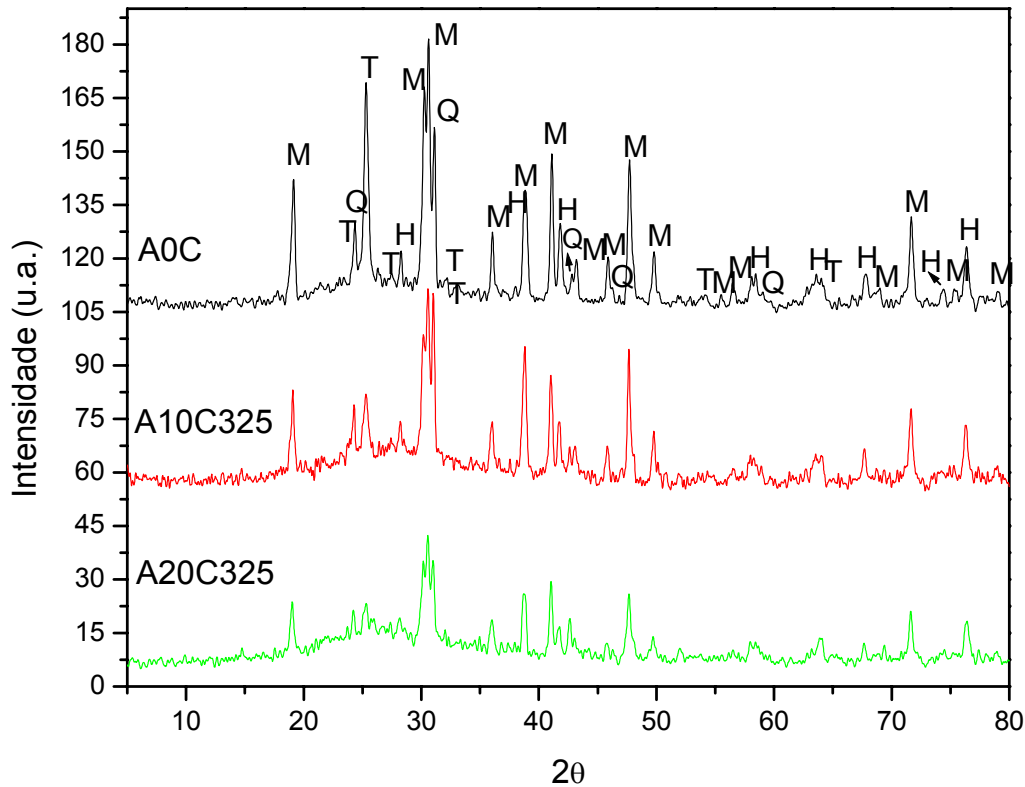


Figura 8. Difratoograma de raios-X das composições **A0C**, **A10C325** e **A20C325** queimadas a 1200°C. M = mulita, T = tridimita, Q = quartzo, H = hematita.

CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi avaliada a microestrutura de cerâmica vermelha incorporada com cinza de bagaço de cana de açúcar queimada em duas distintas temperaturas. Os resultados permitem as seguintes conclusões:

- Há necessidade de adição de fundentes na massa cerâmica para maior formação de quantidade de fase líquida.
- Para as composições com cinza, a temperatura de 1050°C é baixa para uma formação de fase líquida mais eficiente, sendo que nessa temperatura há alta heterogeneidade do material com significativo volume de poros angulares e quase contínuos. A porosidade angular é devido à viscosidade alta.
- A 1200°C, a composição **A10C325** (com 10% de cinza) apresenta uma maior formação de fase líquida, sendo ainda insipiente e insuficiente para evitar a seqüência contínua de poros angulares. Já a composição **A20C325** (com 20% de cinza) apresenta uma quantidade de líquido significativa, porém, com a presença de grande volume de poros decorrentes da contração das cinzas na sua liquefação que, provavelmente, foi o responsável pela fratura, para todas as composições com cinza estudadas.
- As seguintes fases cristalinas foram identificadas para as composições estudadas, sem e com incorporação de cinza: mulita, tridimita, quartzo e hematita. Já as composições com cinza (**A10C325** e **A20C325**), queimadas a 1050°C, além das fases identificadas para as outras composições estudadas, também foi identificado silicato de alumínio e cálcio. A adição de cinza não mudou as fases cristalinas majoritárias, apenas houve formação de mais uma fase, na temperatura de 1050°C, a do silicato de alumínio e cálcio.

Agradecimentos

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

REFERÊNCIAS

- 1 HINDY, K.T. Contribution of Cane Bagasse Used as a Fuel in The Sugar Industry to Changes in Outdoor and Indoor Air Quality in Middle Egypt. *Atmospheric Environment*. V 25 (3), p. 407-413, 1991.
- 2 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.
- 3 DEER, W.A.; HOWIE, R. A.; ZUSSMAN. An Introduction to the Rock-Forming Mineral, Logman Group Ltd, p. 340-355, London, 1975.
- 4 TORIKAI, D.; SCHINOHARA, A. H.; IWASAKI, H. ; SUZUKI, C.K. Estudo de Atenuação Ultrassônica em Quartzos. *Cerâmica*, 33(211), p.167-172, 1987.