

CARACTERIZAÇÃO E INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DE QUARTZITOS EM CERÂMICA VERMELHA

Michelle Pereira Babisk

Bolsista do Programa de Capacitação Interna, Física, M. Sc.

Francisco Wilson Hollanda Vidal

Orientador, Engenheiro de Minas, D. Sc.

Resumo

A incorporação de resíduos industriais em cerâmica vermelha vem sendo muito utilizada atualmente na busca de matérias-primas alternativas, e também buscando uma destinação ambientalmente correta aos resíduos que poluem. Durante os processos de beneficiamento das rochas ornamentais, há perdas significativas de material e geração de resíduos, os quais têm sido dispostos de forma inadequada na natureza, sem previsão de utilização. O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. O objetivo desse trabalho é caracterizar e avaliar a aplicabilidade de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha. Foram estudadas incorporações de até 40% em peso de resíduo na massa cerâmica e os resultados indicaram que o resíduo de quartzito é um material com potencial para ser utilizado como componente na massa de cerâmica vermelha.

Palavras-chave: cerâmica vermelha, resíduos e quartzito.

1. Introdução

O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto quase que inteiramente de grãos de quartzo. Sua origem está relacionada com ação de processos metamórficos desenvolvidos principalmente sobre rochas sedimentares ricas em quartzo (ABIROCHAS, 2012).

A produção brasileira de rochas ornamentais em 2010 foi estimada em 8,9 Mt, sendo a região nordeste responsável por 24,7%. Durante os processos de beneficiamento das rochas, há perdas significativas de material e geração de resíduos, os quais têm sido dispostos de forma inadequada na natureza, sem previsão de utilização (MARTINEZ & HEIDER, 2011).

Nas serrarias, placas de quartzito são transformadas em lajes quadradas ou retangulares, nesta fase são gerados dois resíduos, um mais grosseiro, que é misturado aos da pedreira, e um extremamente fino, proveniente do desgaste da rocha durante o processo de corte com serras a diamante. No município de Várzea/PB, são gerados cerca de 17 mil kg de aparas e 3 mil kg de resíduos finos por dia (CETEM, 2011).

A incorporação de resíduos industriais em cerâmica vermelha vem sendo muito utilizada atualmente na busca de matérias-primas alternativas, e também buscando uma destinação ambientalmente correta aos resíduos que

poluem. Este trabalho teve como objetivo caracterizar os finos gerados do beneficiamento de quartzito, bem como avaliar a influência da incorporação do resíduo nas propriedades de cerâmica vermelha.

2. Metodologia

As matérias primas utilizadas nesse trabalho foram os resíduos finos de quartzitos e uma massa cerâmica usada na produção de produtos de cerâmica vermelha. Ambas as matérias primas são provenientes da região do Seridó, do município de Várzea/PB.

Depois de coletadas, as matérias primas foram secas em estufa a 110°C por 24h. O resíduo foi destorroado em almofariz de porcelana, manualmente, e a massa cerâmica foi triturada em um britador de mandíbulas e depois peneirada a 42 mesh.

A análise de composição química foi realizada em um espectrômetro de fluorescência de raios-X, marca Philips, Modelo PW 2400, utilizando como método de preparação das amostras, pastilhas fundidas com fluxo (tetra/metaborato de lítio).

A análise de fases cristalinas foi realizada por difração de raios-X (DRX), obtidas pelo método do pó, em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, operando com radiação $\text{Co K}\alpha$ (35 kV/40 mA) em uma varredura de 5 a 80° (2 θ).

Foram preparadas composições de 0, 10, 20, 30 e 40% em peso de resíduo na massa cerâmica. As composições, com 8 % de umidade, foram conformadas por prensagem uniaxial a 20 MPa em matriz de dimensões 114 x 25 mm.

Após secagem em estufa a 110° C as peças foram medidas e pesadas, e em seguida queimadas a 800 e 1050°C, com uma taxa de aquecimento de 2°C/min e 180 min de tempo de patamar. Após a queima, as peças foram novamente medidas.

As propriedades físicas e mecânicas avaliadas foram à massa específica aparente, absorção de água (ASTM, 1972) e resistência mecânica. A resistência foi avaliada por meio de ensaios de tensão de ruptura por flexão em 3 pontos em uma máquina de ensaio universal EMIC – DL1000, de acordo com a norma (ASTM, 1977).

A região de fratura foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), em um microscópio modelo FEI Quanta 400, por difração de elétrons retro espalhados, com a distância de trabalho aproximada de 10 mm e tensão de aceleração de 25 kV.

3. Resultados e Discussão

Na análise de fluorescência de raios-X foi identificada a composição química das matérias-primas, em % peso (Tabela 1), e na difração de raios-X a composição mineralógica, identificando assim a estrutura dos compostos encontrados na análise química.

A análise química do resíduo de quartzito revela que a sílica (SiO_2) é o componente majoritário, seguida pelos óxidos Al_2O_3 e K_2O . Os dados da argila indicam predominância de sílica e de alumina, com quantidades significativas de MgO , K_2O e Na_2O , que são óxidos fundentes e contribuem para a formação de fase líquida e densificação do material, além do elevado teor de Fe_2O_3 responsável pela coloração avermelhada do material após queima. Teores abaixo de 3% são indicados para a fabricação de produtos de coloração clara.

Tabela 1. Composição química das matérias primas (% em peso).

Matérias primas	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	P.F.
Resíduo de quartzitos	-	0.63	9.99	83.13	-	3.33	0.54	0.13	-	0.94	1.3
Massa cerâmica	1.57	2.06	24.2	54.98	0.2	2.54	1.30	0.56	0.14	5.02	7.5

No difratograma do resíduo, mostrado na Figura 1a, foram observados os picos do quartzo (SiO_2), que é um mineral responsável por reduzir a plasticidade e atuar como inerte durante a queima; da mica moscovita ($\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$), que é um mineral de textura lamelar, e que em tamanho reduzido pode atuar como material fundente devido à presença de óxidos alcalinos, ou seja, facilitador da formação da fase líquida; de grande importância durante a sinterização das peças, e da microclina (KAlSi_3O_8) que é um feldspato alcalino.

Na análise mineralógica da massa cerâmica (Figura 1b) são observados os picos do quartzo, da mica moscovita e da caulinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que é um argilomineral presente no caulim e em muitas argilas utilizadas para a fabricação de produtos cerâmicos destinados a construção civil, sendo este mineral responsável pelo desenvolvimento da plasticidade.

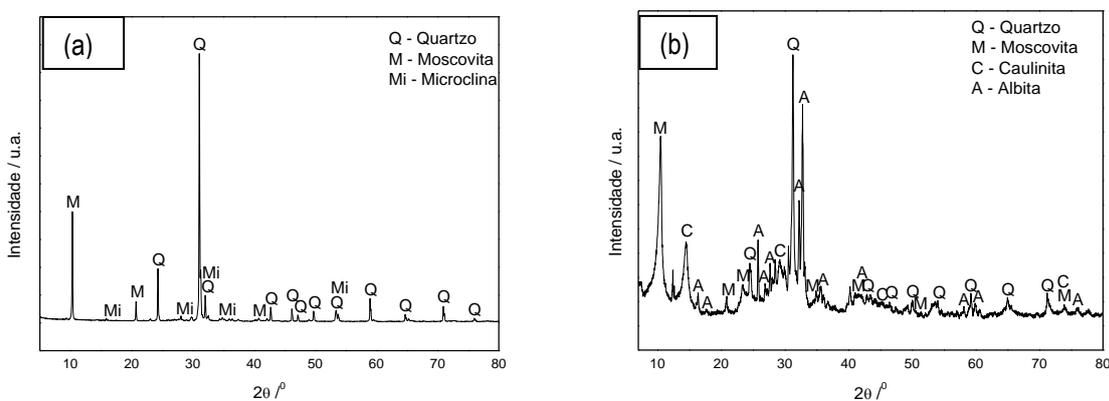


Figura 1 - Difratogramas de raios-X do resíduo de quartzitos (a) e da massa cerâmica (b).

A Figura 2 apresenta a massa específica aparente a seco das composições preparadas. Nos corpos de prova com incorporações de até 30% de resíduo não ocorreram variações e na composição com 40% houve diminuição no valor da massa específica. O aumento da massa específica é devido ao maior empacotamento das partículas durante a etapa de conformação em decorrência da deformação plástica dos grânulos que ao se deformarem passam a ocupar os espaços vazios que havia entre eles (porosidade intergranular).

Pode-se observar na Figura 3 que a retração de todas as composições aumenta significativamente com o aumento de temperatura de 800 para 1050°C. A retração linear de queima depende fundamentalmente da massa específica aparente da peça prensada, da composição da massa e das condições de queima.

A 800°C a incorporação em até 20% de resíduo de quartzitos favoreceu e diminuiu a retração linear. As incorporações de 30 e 40% apresentaram uma expansão, devido à maior quantidade de resíduo de quartzito incorporado que, como citado anteriormente, é composto majoritariamente por quartzo. Porque quando é aquecido, o quartzo α estável, que é a forma alotrópica da sílica estável à temperatura ambiente que expande-se uniformemente até 573 °C, quando ocorre a transformação reversível do quartzo α em quartzo β estável. Esta transformação, de estrutura romboédrica para hexagonal, é acompanhada de uma expansão volumétrica [9].

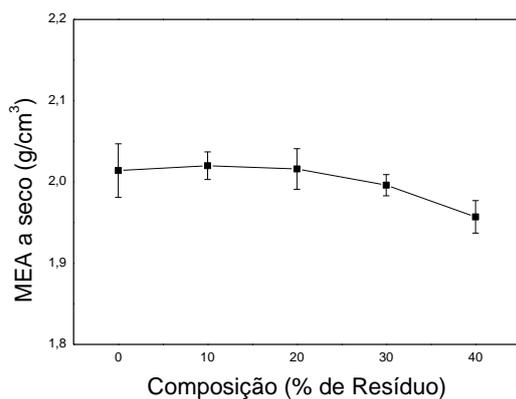


Figura 2 – Massa específica aparente a seco.

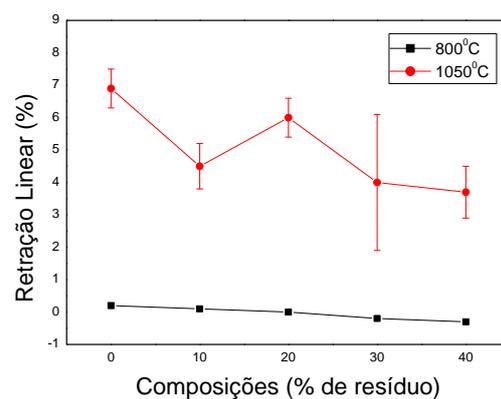


Figura 3 – Retração linear.

A absorção de água do material cerâmico queimado é um parâmetro utilizado para medir a porosidade aberta e avaliar a fundência do material. A menor infiltração de água nos mesmos determina maior durabilidade e resistência ao ambiente natural ao qual o material é exposto.

A Figura 4 apresenta a absorção de água em função da porcentagem de resíduo de quartzito incorporado na massa cerâmica. Nota-se que para a temperatura de 800°C não ocorreu variação significativa da absorção de água. Já a 1050°C houve uma brusca redução de absorção, isto devido a maior formação de fase líquida que contribui para diminuição da porosidade. Observou-se que a absorção de água aumenta gradativamente com a incorporação do resíduo.

A Figura 5 apresenta a tensão de ruptura por flexão das composições estudadas. A resistência mecânica de todas as composições aumenta significativamente com o aumento de temperatura de 800 para 1050°C. Isto ocorre devido aos mecanismos de sinterização que possibilitam maior formação de fase líquida reduzindo assim a porosidade do material e promovendo uma melhor consolidação das partículas.

As composições acima de 20% de incorporação de resíduo, sinterizadas a 800°C, tendem a reduzir a resistência mecânica de acordo com o aumento do teor de resíduo incorporado. Para a temperatura de 1050°C, nota-se ainda que considerando a barra de erro estatístico não ocorre variação da resistência mecânica das composições com a incorporação do resíduo de quartzitos em comparação a massa cerâmica pura.

Considerando o valor médio, observa-se uma tendência de redução da resistência mecânica com o aumento do teor de resíduo incorporado. Isto ocorre devido ao caráter inerte do quartzo, mineral predominante do resíduo, bem como a eventuais trincas acarretadas pela sua transformação alotrópica.

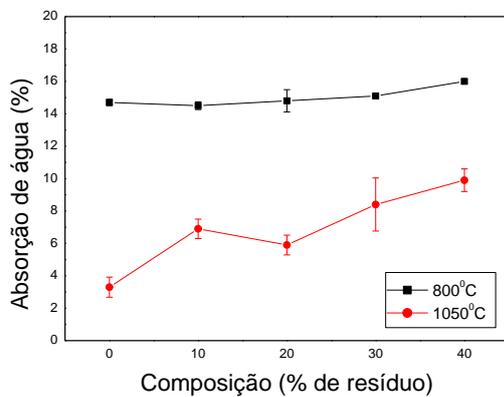


Figura 4 – Absorção de água .

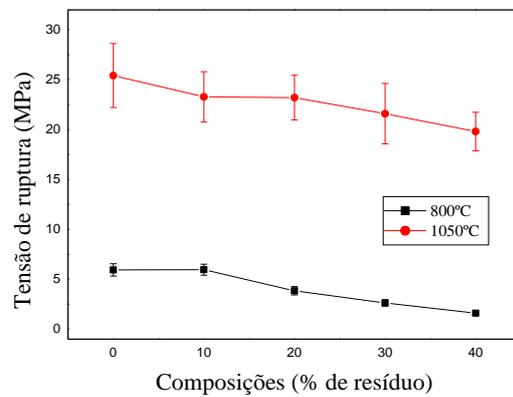


Figura 5 – Tensão de ruptura à flexão.

As Figuras 6 e 7 apresentam micrografias das superfícies de fratura das cerâmicas, obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) via difração de elétrons retro espalhados, sinterizados respectivamente, a 800 e 1050°C.

Nas micrografias apresentadas na figura 6 observam-se superfícies de fratura irregulares com elevada porosidade e textura bastante rugosa, evidenciando fratura do tipo intergranular. Tais irregularidades podem estar relacionadas com a baixa temperatura de sinterização, devido ao fornecimento de energia insuficiente para formação de fase líquida na cerâmica.

Na composição com 40% de resíduo de quartzito (6c) podem ser observadas regiões onde ocorreu arrancamento de material, possivelmente o quartzo que permanece inerte na faixa de temperatura utilizada. O quartzo contribui para o aparecimento de trincas na cerâmica, acarretando redução da resistência.

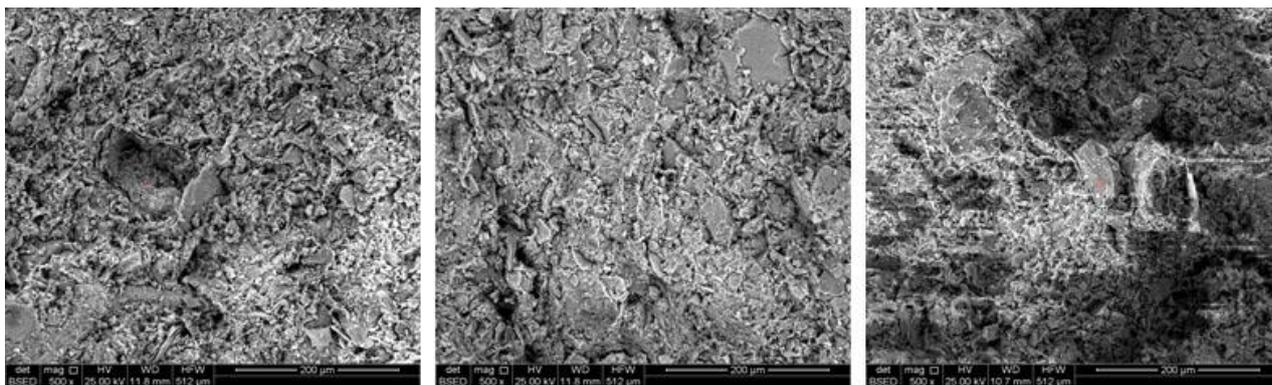


Figura 6 – Micrografias obtidas por MEV das composições queimadas a 800°C com 0% (a), 20% (b) e 40% (c) de resíduo de quartzitos.

Observa-se na Figura 7 uma superfície de fratura melhor densificada que as cerâmicas a 800°C, isto devido ao aumento da temperatura que possibilitou uma maior formação de fase líquida que contribui para diminuição da porosidade e o aumento da resistência.

A microestrutura da cerâmica sem resíduo está mais densificada que as das cerâmicas com incorporações de resíduo. Na Figura 7b observa-se uma microestrutura bastante grosseira e porosa distribuída na massa cerâmica, que esta associada à incorporação do resíduo de quartzito.

É possível observar na composição com 40% de resíduo (7c) que o resíduo de quartzito está relativamente bem distribuído na massa cerâmica. Entretanto, aumentando a quantidade incorporada, reduz-se a quantidade de argila, principal responsável pela consolidação das partículas da cerâmica. Isto pode explicar a redução da resistência mecânica das peças com incorporação de teores mais elevados de resíduo.

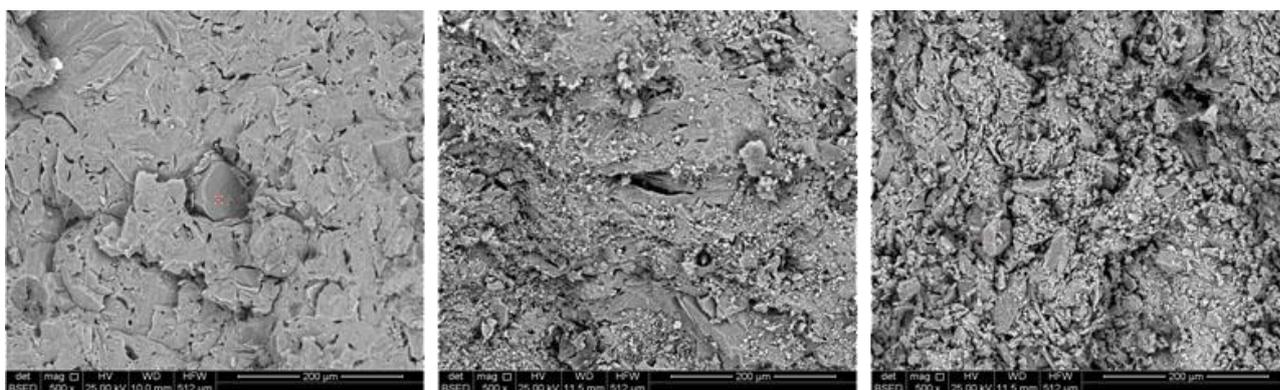


Figura 7 – Micrografias obtidas por MEV das composições queimadas a 1050°C com 0% (a), 20% (b) e 40% (c) de resíduo de quartzitos.

4. Conclusões

Neste trabalho de caracterização de resíduos finos de quartzitos e de avaliação da sua incorporação em até 40% em massa nas propriedades físicas e mecânicas de uma cerâmica queimada a 800 e 1050°C, as seguintes conclusões foram obtidas:

- A caracterização do resíduo de quartzito comprova a presença da sílica como componente majoritário.
- Para as composições queimadas a 800°C as incorporações não causaram mudanças significativas nas propriedades investigadas.
- Para as composições queimadas a 1050°C a incorporação do resíduo contribui para melhorar ligeiramente a retração linear. Por outro lado, as incorporações aumentaram a absorção de água e reduziram a resistência mecânica, mas ainda assim apresentam valores bastante satisfatórios, portanto esta redução não compromete sua utilização.

A incorporação de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha se mostrou viável através desse estudo, dando uma destinação ambientalmente correta aos resíduos que poluem, que em menores valores de incorporações mantém as propriedades tecnológicas da massa cerâmica pura.

5. Referências Bibliográficas

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Rochas ornamentais no século XXI**. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br/br/index.html>. Acessado em maio, 2012.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Water absorptin, bulk density, apparent porosity and apparent specific gravity of fired whiteware products**, C373-72 (reapproved 1977), USA, 1972.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials**, C674-77, USA, 1977.

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. **Sustentabilidade na extração e beneficiamento de quartzitos**. Disponível em: http://www.cetem.gov.br/noticias/cetem%20midia/2010/10_08_23_sustentabilidade_na_extracao_e_beneficiamento_de_quartzitos.html. Acessado em março, 2011.

MARTINEZ C., HEIDER M.. **Rochas ornamentais e de revestimento**. DNPM Sumário Mineral Brasil, 2011.