

# VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM MASSA CERÂMICA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

## TECHNICAL VIABILITY OF THE USE OF ORNAMENTAL ROCKS WASTE IN CERAMICS OF THE STATE OF ESPÍRITO SANTO

**Maria Angélica Kramer Sant'ana**

Aluna de Graduação da Engenharia de Minas do 8º período,

Instituto Federal do Espírito Santo

Período PIBITI/CETEM: agosto de 2017 a julho de 2018

**Monica Castoldi Borlini Gadioli**

Orientadora, Engenheira Química, D.Sc.

mborlini@cetem.gov.br

### RESUMO

Sabe-se que a geração de resíduos nas indústrias de rochas ornamentais é grande e estes podem ser nocivos ao meio ambiente. Portanto, a incorporação destes resíduos em massas cerâmicas vem sendo bastante estudada, visando buscar uma destinação para os resíduos poluentes, de forma a tentar amenizar os impactos causados e minimizar a utilização da matéria-prima (argila). O objetivo deste trabalho foi de estudar a utilização do resíduo da serragem por multifio de blocos de rochas ornamentais e do polimento de chapas, em massa cerâmica industrial proveniente do estado do Espírito Santo. Primeiro, foi realizada a caracterização do resíduo e massa cerâmica. Foram preparadas massas cerâmicas com incorporação de 10, 20, 30, 40 e 50% em peso dos resíduos provenientes da serragem e do polimento. Corpos de prova foram conformados por prensagem uniaxial, secos a 110°C e sinterizados a 850, 950 e 1050°C. Corpos de prova também foram preparados com a massa cerâmica sem resíduo para referência. Foram realizados ensaios tecnológicos nos corpos de prova sem e com os resíduos, para a determinação de tensão de ruptura por flexão, absorção de água e retração linear. Com os testes efetuados pôde-se observar que a utilização dos resíduos na incorporação de massas cerâmicas é possível e inclusive pode melhorar o artefato cerâmico.

**Palavras chave:** resíduos, rochas ornamentais, utilização.

### ABSTRACT

It is known that the generation of residues in the ornamental stone industries is great and these can be harmful to the environment. Therefore, the incorporation of these residues into ceramic masses has been studied in order to find a destination for the pollutant residues, so as to try to minimize the impacts caused and to minimize the use of the raw material (clay). The objective of this work was to study the use of sawdust residue by multi wire of blocks of ornamental rocks and the polishing of slabs, in industrial ceramic mass from the State of Espírito Santo. First, the characterization of the residue and ceramic mass was carried out. Ceramic masses were prepared incorporating 10, 20, 30, 40 and 50% by weight of the residues from sawdust and polishing. Test specimens were formed by uniaxial pressing, dried at 110°C and sintered at 850, 950 and 1050° C. Test specimens were also prepared with the ceramic mass without residue for reference. Technological tests were carried out on the test specimens without and with the residues, for the determination of flexural strength, water absorption and linear shrinkage. With the tests carried out it was possible to observe that the use of the residues in the incorporation of ceramic masses is possible and can even improve the ceramic artifact.

**Keywords:** waste, ornamental stone, use.

## **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil é um dos principais produtores de rochas ornamentais do mundo e em 2017 produziu 9,24 milhões de toneladas (ABIROCHAS, 2018), o país conta com 320 teares multifio diamantados em operação para serragem de chapas, além dos teares convencionais. O Espírito Santo é bem expressivo neste contexto, pois é onde se encontram 90% destes teares (ABIROCHAS, 2016).

Em torno de 26% do volume de um bloco de rocha se torna resíduo durante seu beneficiamento (Silveira et al., 2013). A utilização deste resíduo como matéria-prima na construção civil é um modo de reduzir impactos ambientais negativos causados (Souza et al., 2017).

Outro fato é de que devido ao expansivo desenvolvimento das regiões sul e sudeste do país, e de uma maior densidade demográfica, existem 418 empresas fabricantes e distribuidoras de todos os setores cerâmicos (ABCERAM, 2016). A massa cerâmica argilosa possui elevada capacidade de incorporação de resíduos.

Perante a necessidade de utilização dos resíduos e a expressiva gama de indústrias cerâmicas no Espírito Santo e região foram necessários estudos visando estudar a viabilidade da utilização dos resíduos de rochas para as indústrias cerâmicas. Esse trabalho apresenta uma continuidade de trabalhos de utilização dos resíduos em cerâmica, realizados pelo CETEM.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é a utilização de resíduos do processo de beneficiamento de rochas ornamentais, provenientes da serragem por teares multifio e do polimento, e massa cerâmica proveniente do Espírito Santo para produção de materiais cerâmicos. Este trabalho visa contribuir com a diminuição de resíduos a serem descartados na natureza, mitigação de matéria prima (argila) extraída no Estado e o desenvolvimento sustentável desses setores.

## **3. METODOLOGIA**

As matérias-primas utilizadas nesse trabalho foram resíduos provenientes da serragem por teares multifio de blocos de rochas ornamentais (denominado SE) e do polimento de chapas (denominado PO) coletados em empresa em Cachoeiro de Itapemirim-ES e massa cerâmica (denominado MC) industrial da região de Paineiras, Itapemirim-ES.

As amostragens foram realizadas de acordo com a norma de amostragem de resíduos sólidos NBR 10007 (ABNT, 2004a). Os resíduos e massa cerâmica foram caracterizados quanto à sua composição química por fluorescência de raios-X – FRX.

Neste trabalho foram preparadas massas a partir da massa cerâmica industrial obtida e dos resíduos de polimento e de serragem. Foram preparadas as seguintes composições: massa cerâmica sem adição de resíduo, denominada M0 (para referência) e incorporações de 10, 20, 30, 40 e 50% em massa de resíduo, de ambos, polimento e serragem, na massa cerâmica, denominadas M10, M20, M30, M40 e M50, respectivamente, totalizando 11 massas diferentes.

As massas foram homogeneizadas em um moinho de jarros de porcelana e umedecidas a 8% de água e foram conformadas por prensagem uniaxial a 10 toneladas-força utilizando uma matriz de aço com dimensões de 114x25mm. No total, foram preparados 210 corpos de prova.

Os corpos de prova obtidos foram secos em estufa a 110°C. A massa específica aparente dos corpos de prova secos foi calculada de acordo com a norma C373-72 (ASTM, 1977a). Já secos foram sinterizados a temperaturas de 850, 950 e 1050°C com taxa de aquecimento de 2°C/min. O resfriamento aconteceu naturalmente pela inércia do próprio forno até que chegasse a temperatura ambiente. Foram realizados ensaios tecnológicos nos corpos de prova, para determinação da tensão de ruptura por flexão, absorção de água e retração linear.

A tensão de ruptura por flexão em três pontos foi determinada utilizando uma máquina de ensaio universal, EMIC–DL1000, e distância entre roletes de 90 mm, de acordo com a norma (ASTM, 1977b). O ensaio de absorção de água foi feito segundo a norma NBR 15270-2 (ABNT, 2017). A retração linear foi obtida por medidas do comprimento dos corpos de prova antes e depois da sinterização, utilizando um paquímetro.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode-se observar a composição química das matérias-primas, e o que chama atenção é a quantidade de óxidos fundentes ( $K_2O + Na_2O$ ) na composição dos resíduos e principalmente no resíduo de serragem. Já a massa cerâmica possui baixo teor de óxidos fundentes. Os óxidos fundentes podem colaborar na sinterização da cerâmica e proporcionar melhoria na densificação das mesmas.

**Tabela 1:** Composição química de amostras das matérias primas.

Amostra	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	*PPC
Resíduo PO	3,6	2,0	13,3	63,9	0,19	2,6	3,8	0,31	2,4	7,9
Resíduo SE	5,5	0,46	17,0	69,9	0,14	3,4	1,5	0,24	1,3	0,55
MC	0,17	0,93	31,2	47,4	0,21	0,80	0,26	1,1	6,0	11,6

\*PPC: Perda por calcinação

A Tabela 2 apresenta a massa específica aparente a seco das composições preparadas sem e com resíduo de polimento e de serragem. Esta propriedade é de grande importância tecnológica, pois indica o grau de empacotamento das partículas.

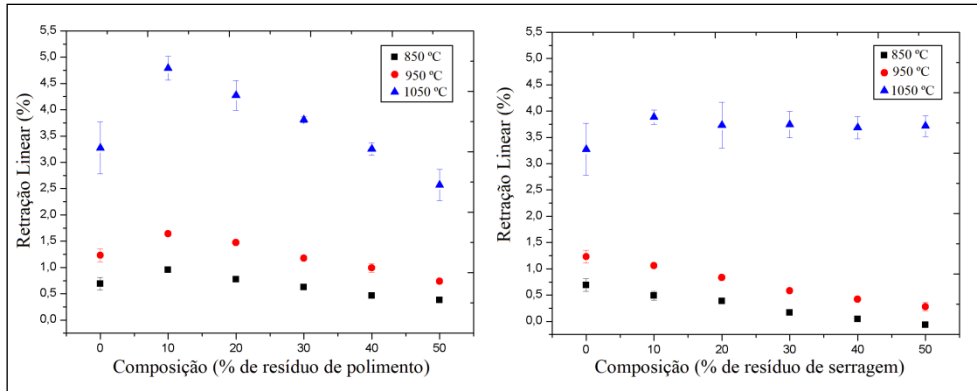
De modo geral, ocorreu uma diminuição no valor da massa específica a medida de que a porcentagem de resíduo aumentou, indicando que ocorreu influência do resíduo no grau de empacotamento da massa cerâmica. Isto indica que o comportamento de queima destas composições pode ser influenciado pelo grau de porosidade diferente das espécies secas. Já levando se em consideração o desvio padrão, a partir da composição com 30% de resíduo que houve uma diminuição da massa específica dos corpos de prova com resíduo em relação à massa sem resíduo.

**Tabela 2:** Massa Específica Aparente a Seco das composições estudadas sem e com resíduo

Composição	M0	M10	M20	M30	M40	M50
Resíduo PO	1,92 ± 0,02	1,90 ± 0,01	1,88 ± 0,02	1,86 ± 0,01	1,83 ± 0,01	1,79 ± 0,01
Resíduo SE	1,92 ± 0,02	1,90 ± 0,02	1,88 ± 0,01	1,86 ± 0,01	1,83 ± 0,01	1,79 ± 0,01

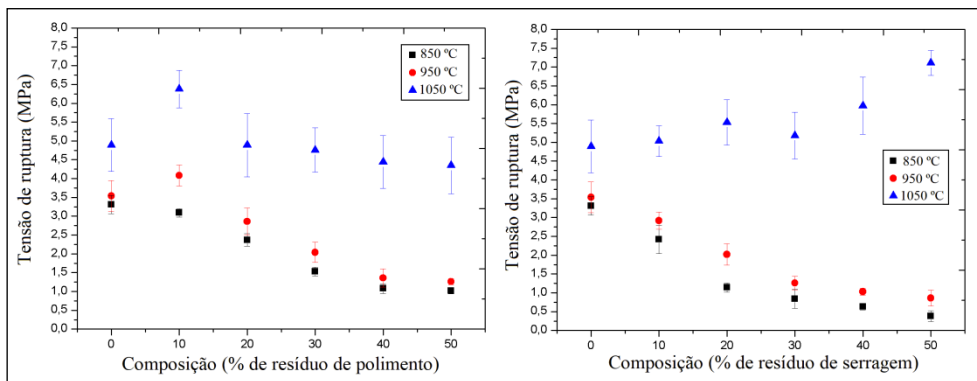
Observa-se na Figura 1 que a retração linear de todas as composições aumenta significativamente com o aumento de temperatura de 850 para 950°C, e depois tem um aumento maior quando atinge a temperatura de 1050°C.

A 1050°C as composições com 10 e 20% de resíduo do polimento apresentam retração linear maior que a massa cerâmica e as composições com resíduo de serragem apresentam praticamente a mesma retração da massa cerâmica sem resíduo, considerando a barra de erro estatístico. Para as outras temperaturas as composições de 10 e 20% de resíduo de polimento apresentam uma retração linear maior que a sem resíduo enquanto as outras composições se mantiveram no mesmo nível ou diminuíram. Já para o resíduo de serragem a essas duas temperaturas a retração em todas as porcentagens de resíduo foram menores que a da massa cerâmica. A baixa retração linear contribui para um melhor controle dimensional do material.



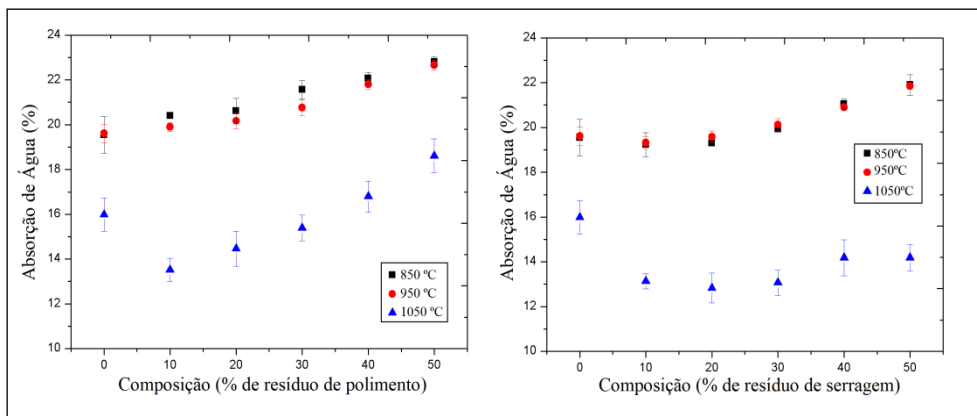
**Figura 1:** Retração Linear das cerâmicas sem e com resíduo.

A Figura 2 apresenta a tensão de ruptura por flexão das composições. A resistência mecânica das composições aumentou de acordo com o aumento da temperatura, obtendo ótimos resultados para as composições com resíduo na temperatura de 1050°C. O resultado interessante encontra-se na composição de serragem que mostra na temperatura de 1050°C com a utilização de 50% de resíduo. A tensão de ruptura para essa composição é 45% mais alta que a massa cerâmica sem resíduo. Podendo ser explicada pela composição química do resíduo de serragem, que possui uma quantidade relevante de óxidos fundentes ( $K_2O$  e  $Na_2O$ ) e portanto contribuem para a formação de fase líquida e densificação dos corpos de prova.



**Figura 2:** Tensão de Ruptura à flexão das cerâmicas sem e com resíduo.

A Figura 3 mostra que as cerâmicas nas temperaturas de 850°C e 950°C tiveram valores bem próximos de absorção de água. Já a 1050°C, as cerâmicas com até 20% do resíduo de polimento e todas as composições com resíduo da serragem apresentaram os valores de absorção de água menores que a massa cerâmica. Quanto menor a porosidade aberta, menor a absorção.



**Figura 3:** Absorção de água das cerâmicas sem e com resíduo.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos foi possível observar que nas temperaturas inferiores (850 e 950°C) para as composições com maior quantidade de resíduos de rocha, estes se comportaram como inertes, mas, as composições de até 20% para resíduo de polimento e de até 10% para os resíduos de serragem, estes melhoraram as propriedades da cerâmica. Por outro lado, as cerâmicas queimadas a 1050°C obtiveram propriedades semelhantes à massa sem resíduo e na composição de 10% de polimento e composições até 50% de serragem, o resíduo melhorou as propriedades da cerâmica, o que pode ser explicado devido ao resíduo ter atuado como fundente. Assim sendo, observa-se que a utilização dos resíduos na incorporação de massas cerâmicas é possível e inclusive pode melhorar o artefato cerâmico, podendo trazer vantagens econômicas, técnicas e ambientais.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CETEM e a todos seus colaboradores e ao CNPq pela bolsa de iniciação tecnológica, a FAPES processo nº. 80857019 pelo apoio financeiro, a Mônica Castoldi Borlini Gadioli por ser minha orientadora, a Carlos Maurício Fontes Vieira, D.Sc. professor da UENF que cedeu o laboratório em Campos dos Goytacazes, a Deus, a minha família e meu namorado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCERAM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Cerâmica no Brasil – Considerações Gerais. Disponível em: <https://abceram.org.br/consideracoes-gerais/>. Acessado em maio, 2018.

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Dados Setoriais. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br>. Acessado em fevereiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15270-2, BLOCOS CERÂMICOS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL (2017).

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

American Society for Testing and Materials – ASTM. ASTM C373, 1977a. Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products, Ceramic Tiles and Glass Tiles. 3 p.

MEIRA DE SOUZA, Luiz Guilherme et al. Composite utilizing residues of marble and granite for building popular homes. Journal of Building Engineering, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Brazil, p. 192-197, janeiro 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710217300116>. Acessado em 12 janeiro de 2018.

SILVEIRA, L.L.L. Beneficiamento de rochas ornamentais. In: FRANCISCO, W.H.V. et al. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2013, capítulo 7, p. 358.