

# **Utilização de resíduo de rocha ornamental para fabricação de cerâmica vermelha no Estado do Espírito Santo**

## **Use of ornamental stone waste for the manufacture of red ceramics in the State of Espírito Santo**

**Mariane Costalonga de Aguiar**  
Bolsista PCI, Química, D.Sc.

**Monica Castoldi Borlini Gadioli**  
Supervisora, Eng. Química, D. Sc.

### **Resumo**

O Brasil é um dos principais produtores de rochas ornamentais do mundo e o Estado do Espírito Santo é onde se concentra a maior parte da produção. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da incorporação do resíduo proveniente da etapa de beneficiamento por multifio, numa massa argilosa do Estado do Espírito Santo utilizada para fabricação de cerâmica vermelha. Foram realizadas incorporações de resíduo de granito na massa cerâmica nas seguintes proporções: 0, 20 e 40% em peso. Nas composições elaboradas foram preparados corpos-de-prova por extrusão e posteriormente, queimadas a 850 e 950°C. Em seguida, foram realizados ensaios de densidade aparente a seco, retração linear, absorção de água, porosidade e tensão de ruptura à flexão a três pontos. Os resultados indicaram que o resíduo avaliado é um material com grande potencial para ser utilizado como componente de massa cerâmica, sobretudo, devido à sua contribuição na redução da absorção de água e da retração linear da cerâmica argilosa.

**Palavras chave:** Rochas ornamentais, resíduos, cerâmica vermelha, Espírito Santo.

### **Abstract**

Brazil is one of the main producers of ornamental stones in the world and the State of Espírito Santo is where most of the production is concentrated. The objective of this work is to evaluate the effect of the incorporation of the waste from the multiwire gang saw beneficiation stage, in a clayey mass from the State of Espírito Santo used to manufacture red ceramics. Granite wastes were incorporated into the ceramic mass in the following proportions: 0, 20 and 40% by weight. In the elaborated compositions, specimens were prepared by extrusion and subsequently burned at 850 and 950 ° C. Then, dry bulk and flare density tests, water absorption, porosity, linear shrinkage, and three-point flexural tensile strength were performed. The results indicated that the evaluated waste is a material with great potential to be used as a component of ceramic mass, mainly due to its contribution in reducing water absorption and linear shrinkage of clayey ceramics.

**Key words:** Ornamental stone, wastes, red ceramic, Espírito Santo.

## **1. Introdução**

O Brasil é um grande produtor e exportador de rochas ornamentais. Em 2019, as exportações somaram mais de 1 bilhão de dólares, 1,97% superior ao ano anterior, e 2,15 bilhões de toneladas. O Espírito Santo é o principal Estado brasileiro exportador de rochas ornamentais, com faturamento de 827,7 milhões de dólares, 82% do faturamento do país, e 1,66 milhões de toneladas, 77% do total do volume físico (ABIROCHAS, 2020).

Em decorrência da grande produção de rochas ornamentais, o setor gera grandes quantidades de resíduos sólidos, decorrentes tanto da extração e quanto do beneficiamento. A mineração é um dos setores que mais geram resíduos, pois possui baixas taxas de aproveitamento durante a produção. (VIDAL et al., 2014).

O mundo tem se deparado com a questão ambiental, principalmente relacionada com o gerenciamento de resíduos. A geração de resíduos é inerente a qualquer processo de transformação de materiais ou produção. No modelo da Economia Circular os materiais são reutilizados, recuperados e reciclados objetivando um ciclo fechado e resíduo zero. Os resíduos gerados no processamento de rochas ornamentais são depositados em aterros, sem nenhum tratamento para eliminação ou redução dos contaminantes presentes.

A cerâmica vermelha é um importante segmento para utilização dos resíduos de rochas ornamentais. Os resíduos podem auxiliar na diminuição da temperatura de vitrificação e queima, e permitir maior controle da retração linear e diminuir a porosidade. A presença dos óxidos alcalinos,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , e alcalino-terrosos,  $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$ , presentes nos resíduos ajudam na formação de fase líquida na queima cerâmica (GADIOLI et al., 2019a; 2019b; AGUIAR et al., 2014a; 2014b; BABISK et al., 2014).

Além da utilização do resíduo visando à diminuição do impacto ambiental, esse pode colaborar no processo cerâmico, promovendo melhorias às propriedades dos materiais e contribuir para a mitigação da extração da matéria-prima argila.

## **2. Objetivos**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da incorporação do resíduo de rocha ornamental nas propriedades físicas e mecânicas da cerâmica vermelha fabricada com as argilas e resíduo, do Estado do Espírito Santo e posteriormente, colaborar para a normatização da utilização desse resíduo nas indústrias cerâmicas e assim, contribuir para fabricar produtos com resíduos de rochas ornamentais.

## **3. Material e Métodos**

### **3.1. Materiais**

No presente trabalho foi utilizada como matérias-primas a massa cerâmica da Cerâmica Santa Maria, de São Roque do Canaã-ES e o resíduo de granito Ocre Itabira, proveniente do processo de serragem por tear multifio, da empresa Pemagran Pedras e Mármore, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES.

As matérias-primas, massa cerâmica e resíduo, foram coletadas nas próprias empresas e encaminhadas ao Laboratório do Centro de Tecnologia Mineral – Núcleo Regional do Espírito Santo - CETEM.

## 3.2. Métodos

### 3.2.1. Beneficiamento das matérias-primas

Após a coleta, as matérias-primas foram secas em estufa de laboratório a 110°C até peso constante. Posteriormente, a massa cerâmica foi desagregada manualmente com almofariz e pistola de porcelana até passagem completa em peneira de 10 mesh (abertura de 2,00 mm) para a fabricação da cerâmica feita por extrusão. O resíduo foi utilizado na granulometria que foi coletado.

### 3.2.2. Preparação das formulações para extrusão

Esta etapa consiste na formulação das composições de massa cerâmica com a incorporação do resíduo de rochas proveniente do tear multifio. Foram preparadas composições com incorporação na massa de cerâmica vermelha nas quantidades de 0, 20 e 40% de resíduo de granito. A homogeneização das matérias-primas foi realizada em moinho de bola. A Tabela 1 apresenta as composições estudadas.

Tabela 1. Formulação das massas.

<b>Matérias-primas</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>40%</b>
Massa cerâmica	100	80	60
Resíduo	-	20	40

### 3.2.3. Processamento dos corpos de prova

Os corpos de prova foram conformados por extrusão com vácuo, nas dimensões 120X30X18mm, em uma extrusora laboratorial da marca Verdés do Laboratório de Engenharia Civil (LECIV/UENF), secos ao ar e posteriormente em estufa a 110°C até peso constante.

As cerâmicas tiveram suas dimensões medidas em dois momentos: após a retirada da extrusora e após a retirada da estufa, com auxílio de paquímetro digital da marca MITUTUYO (resolução  $\pm 0,01$  mm), e pesados utilizando balança digital SHIMADZU, modelo UX6200H (precisão 0,01g).

A queima nas temperaturas de 850 e 950°C, foi realizada em forno laboratorial do tipo mufla de Maitec FL 1300. Foi utilizada com taxa de aquecimento de 2°C/min, até atingir a temperatura de patamar, com 180 minutos de permanência e resfriados por convecção natural, desligando-se o forno.

#### 4. Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta a massa específica aparente a seco das composições estudadas. Esta densidade foi determinada pelo método geométrico com auxílio de paquímetro e balança. Nota-se que houve um aumento da densidade com a incorporação do resíduo de granito, melhorando o empacotamento das partículas.

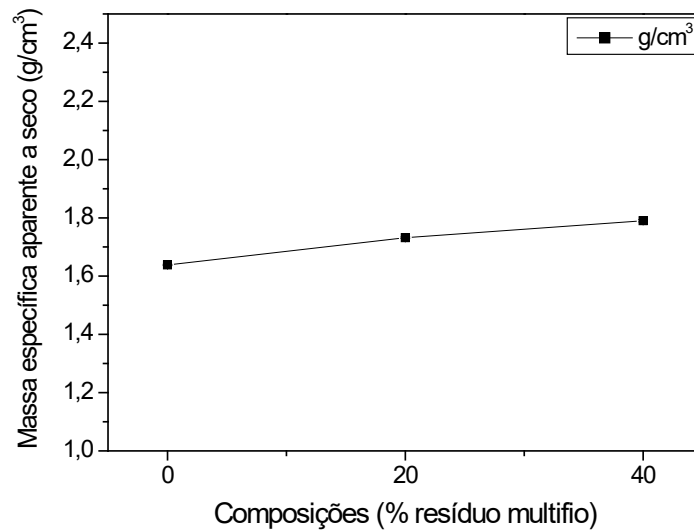


Figura 1. Massa específica aparente a seco.

A Figura 2 apresenta a retração linear de queima das cerâmicas queimadas. Nota-se que houve uma diminuição da retração com a adição do resíduo. Essa diminuição na retração colabora para um melhor controle dimensional das cerâmicas, pois o aumento da retração nas peças pode ocasionar trincas durante a queima. Observa- também, que a retração foi maior na temperatura mais alta (950°C), Isto ocorre devido à evolução da densificação do material e consequentemente diminuição da porosidade.

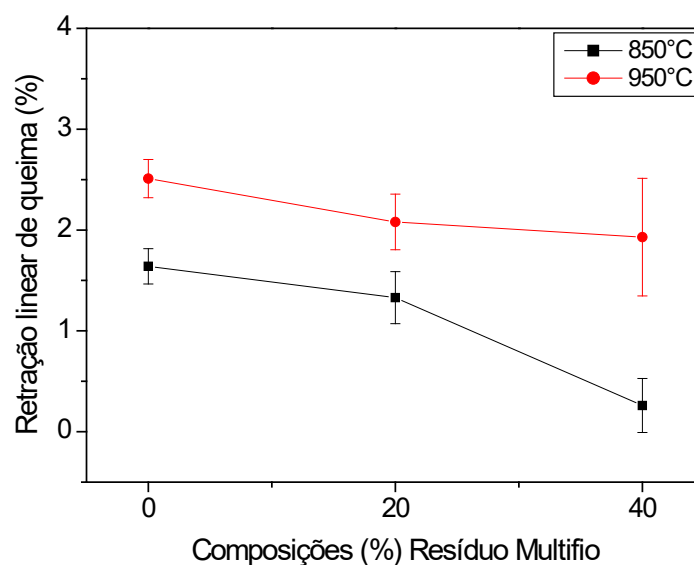


Figura 2. Retração linear de queima.

A Figura 3 apresenta a absorção de água das cerâmicas. Nota-se que há uma tendência de redução da absorção de água com a utilização do resíduo de granito para as temperaturas estudadas. Isto ocorre devido à melhora de empacotamento e redução de perda de massa durante a queima. A redução da absorção de água com o decréscimo da porosidade ocorre como consequência das reações de sinterização.

Segundo a classificação da norma NBR 15270-1 (ABNT, 2017), os índices para bloco ou tijolo de vedação em parede vazada com furos ou vazados horizontais, tijolo maciço ou perfurado para vedação e estrutural apresentam uma absorção mínima de 8% e máximo de 25%, sendo assim, todos os resultados obtidos se enquadram nestas categorias de blocos. Já a norma NBR 15310 (2009) indica que o limite máximo admissível da absorção de água para telhas cerâmicas é de 20%, onde, apenas as cerâmicas incorporadas com resíduos de granito se enquadram dentro das normas, excesso, a incorporação de 20% a 850°C.

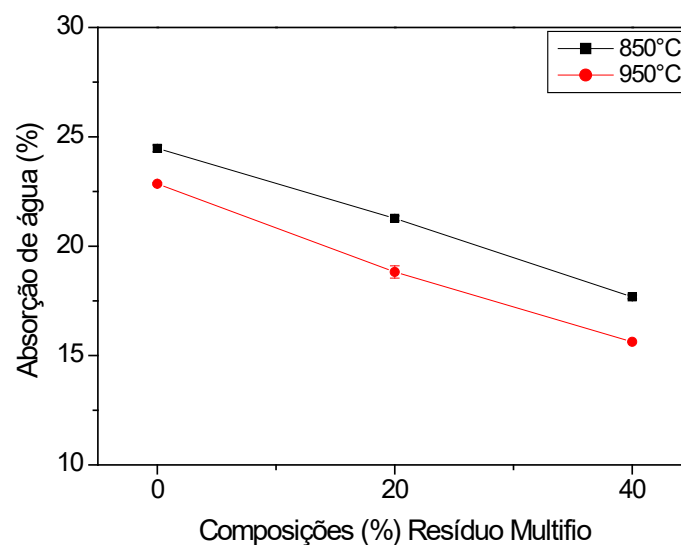


Figura 3. Absorção de água.

A Figura 4 apresenta a porosidade das cerâmicas. A porosidade aparente das peças de cerâmica vermelha é influenciada tanto pela temperatura de queima, quanto pela incorporação do resíduo de granito utilizado. Pode-se notar um comportamento parecido com ocorrido na absorção de água, o que corrobora a porosidade aberta das peças cerâmicas.

A Figura 5 apresenta a tensão de ruptura à flexão das cerâmicas. Nota-se que a resistência mecânica aumenta significativamente com o aumento de temperatura para os corpos de prova confeccionados com o resíduo de granito. 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. A evolução dos resultados de resistência mecânica com o aumento de temperatura mostra que ocorreu sinterização e que, portanto a diminuição da absorção de água tem relação com a porosidade.

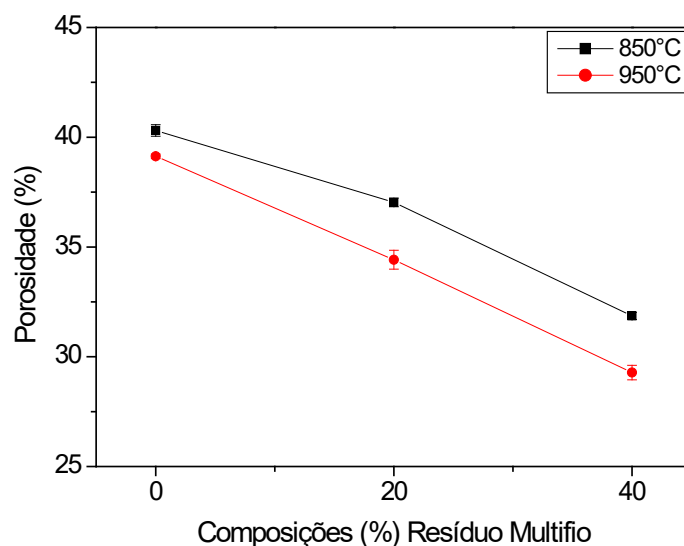


Figura 4. Porosidade

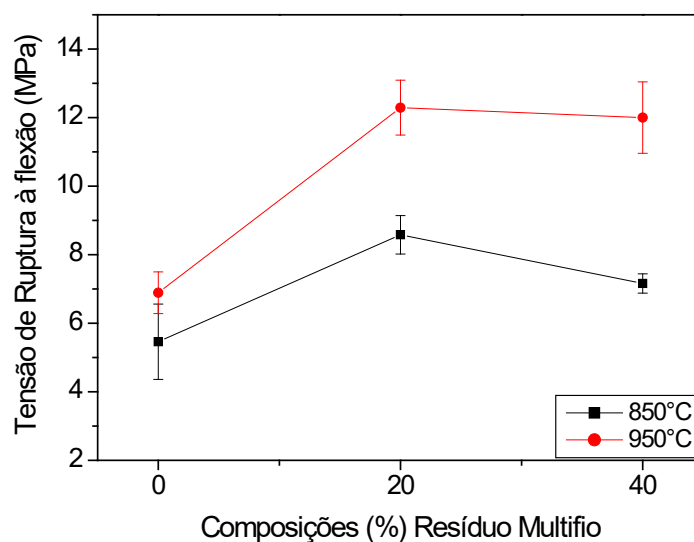


Figura 5. Tensão de ruptura à flexão.

## 5. Conclusão

A partir dos resultados obtidos, foi possível observar que para as duas temperaturas, percebe-se uma melhoria nas propriedades da cerâmica com a adição do resíduo em massa, o que pode ser explicado devido ao bom empacotamento do resíduo com a massa cerâmica e a atuação fundente do resíduo, que auxiliaram na densificação das peças diminuindo a absorção de água e a porosidade.

Quanto aos índices da norma NBR 15270-1/2017, todos os resultados obtidos enquadram-se para a fabricação de diversos tipos de blocos estruturais e de vedação. Quanto à norma NBR 15310/2009, apenas a cerâmica queimada a 950°C com a adição do resíduo enquadrou-se nos índices da norma usada para a fabricação de telhas.

Contudo, a utilização dos resíduos na incorporação das massas cerâmicas, mostrou-se viável. O resíduo melhorou as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas, podendo trazer vantagens econômicas, técnicas e ambientais para ambos os setores envolvidos, promovendo uma economia circular e o desenvolvimento sustentável.

## 6. Agradecimentos

Agradeço ao CETEM e a todos seus colaboradores, ao CNPq pela bolsa de pesquisa processo nº 301593/2020-5, a FAPES processos nº. 80857019 e nº: 84323264 pelo apoio, e a minha supervisora Mônica Castoldi Borlini Gadioli.

## 7. Referências Bibliográficas

ABIROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Exportações / Importações Brasileiras. Disponível em: <<http://www.abirochas.com.br/abirochas-home/>>. Acesso em: Out. 2020.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos. ABNT, 2017.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310**: Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. ABNT, 2009.

AGUIAR, M. C.; GADIOLI, M. C. B.; BABISK, M. P.; CANDIDO, V. S.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Clay ceramic incorporated with granite waste obtained from diamond multi-wire. *Materials Science Forum*, v. 775-776, p. 648-652, 2014a.

AGUIAR, M. C.; GADIOLI, M. C. B.; BABISK, M. P.; CANDIDO, V. S.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Characterization of a granite waste for clay ceramic addition. *Materials Science Forum*, v. 775-776, p. 699-704, 2014b.

BABISK, M. P.; RIBEIRO, W. S.; AGUIAR, M. C.; CANDIDO, V. S.; GADIOLI, M. C. B.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C. M. F. Influence of quartzite residues on the strength of added red clay ceramics. *Materials Science Forum*, v. 775-776, p. 541-546, 2014.

GADIOLI, M. C. B.; AGUIAR, M. C.; VIEIRA, C. M. F.; FILHO, F. C. G.; MONTEIRO, S. N. Microstructural characterization of clay-based ceramics with the addition of granite residues. *Materials Science Forum*, v. 958, p. 123-128, 2019a.

GADIOLI, M. C. B.; PONCIANO, V. M.; BESSA, B. H. R.; CAMARGO, J. L.; PIZETA, P. P. Characterization of ornamental stones wastes for use in ceramic materials. *Materials Science Forum*, v. 958, p. 129-134, 2019b.

VIDAL, F. W. H., AZEVEDO, H. C. A. & CASTRO, N. F. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 700p., 2014.