

# **ANÁLISE DA CERÂMICA VERMELHA FABRICADA COM RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL**

## **ANALYSIS OF RED CERAMIC MANUFACTURED WITH ORNAMENTAL STONE WASTE**

### **Matheus Moura Amorim**

Aluno de Graduação da Engenharia de Minas, 8º período  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Período PIBIC/CETEM: janeiro de 2022 a agosto de 2022  
matheusamorim0910@gmail.com

### **Mônica Castoldi Borlini Gadioli**

Orientadora, Engenharia Química, D.Sc.  
mborlini@cetem.gov.es

### **Mariane Costalonga de Aguiar**

Coorientadora, Química, D.Sc.  
maguiar@cetem.gov.es

## **RESUMO**

A indústria de rochas ornamentais é crescente e tem uma grande produção no Brasil, com destaque no Espírito Santo, onde se concentra a maior produção do País. O Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais do mundo, contudo, a geração de resíduos deste setor é muito grande. O aproveitamento desses resíduos para fabricação de novos materiais, como a cerâmica vermelha, contribui para a mitigação da matéria-prima argila e para a diminuição do impacto ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliar a cerâmica vermelha com a incorporação do resíduo de rochas ornamentais após a queima e assim contribuir para a normatização da utilização desse resíduo nas indústrias cerâmicas. Neste trabalho, foram utilizadas as matérias primas: argila e o resíduo de rochas ornamentais provenientes da serragem de beneficiamento por meio da tecnologia de tear multifio. Foram realizadas incorporações de resíduo de rochas ornamentais na massa cerâmica nas seguintes proporções: 0, 40 e 50% em peso. Nas composições elaboradas foram preparados corpos-de-prova por extrusão e posteriormente, queimadas a 1200°C. Após a queima, foi realizada a microscopia ótica dos artefatos cerâmicos. Os resultados indicaram que o resíduo avaliado é um material com grande potencial para ser utilizado como componente de massa cerâmica, devido à sua composição, que apresenta quantidades significativas de óxidos alcalinos e alcalinos terrosos que atuam como fundentes durante a etapa de queima.

**Palavras-chave:** Resíduos, rochas ornamentais, cerâmica vermelha.

## **ABSTRACT**

The ornamental stone industry is growing and has a large production in Brazil, especially in Espírito Santo, where the largest production in the country is concentrated. Brazil is one of the largest producers of ornamental stones in the world, however, the generation of waste in this sector is very large. The use of these wastes for the manufacture of new materials, such as red ceramics, contributes to the mitigation of the raw material clay and to the reduction of the environmental impact. The objective of this work was to evaluate the red ceramic with the incorporation of ornamental stone waste after firing and thus contribute to the standardization of the use of this waste in the ceramic industries. In this work, raw materials were used: clay and ornamental stone waste from sawdust processing using the multiwire gangsaw technology. Ornamental stone wastes were incorporated into the ceramic mass in the following proportions: 0, 40 and 50% by weight. In the elaborated compositions, specimens were prepared by extrusion and later, fired at 1200°C. After firing, optical microscopy of the ceramic artifacts was

performed. The results indicated that the evaluated waste is a material with great potential to be used as a component of ceramic mass, due to its composition, which presents significant amounts of alkaline and alkaline earth oxides that act as fluxes during the firing stage.

**Keywords:** Waste, ornamental stones, red ceramics.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande exportador de rochas ornamentais. No período janeiro-maio de 2022 as exportações brasileiras de materiais rochosos naturais somaram US\$ 487,8 milhões e 842,8 mil t. (ABIROCHAS, 2022). A maior parte desse setor está no Sudeste do Brasil e possui relevância econômica pela sua produção e pelos empregos diretamente relacionados com essas indústrias.

O Espírito Santo é responsável por mais da metade da exportação brasileira de rochas ornamentais e um grande volume dessas rochas vira resíduos, e estes possuem pequenas taxas de aproveitamento, sendo descartados no meio ambiente.

Os resíduos descartados da indústria de rochas ornamentais possuem características mineralógicas e químicas, como a presença dos óxidos alcalinos,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , e alcalino-terrosos,  $\text{CaO}$  e  $\text{MgO}$ , que ajudam na formação de fase líquida na queima da cerâmica (GADIOLI et al., 2019a; 2019b; AGUIAR et al., 2014a; 2014b; BABISK et al., 2014).

Uma aplicação para esses resíduos pode ser a incorporação nas massas de cerâmica vermelha. Além do resíduo ser uma boa matéria-prima para a cerâmica devido as suas propriedades químicas, essa prática pode ajudar a reduzir a quantidade de resíduos na natureza e causar boas práticas para a economia circular pelo fato da principal matéria prima da cerâmica vermelha ser a argila, uma fonte de matéria-prima não renovável e que gera custos para sua extração.

Assim, torna-se essencial abordar a importância do aproveitamento dos resíduos de rochas ornamentais na produção de peças cerâmicas. Atualmente os resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais são depositados diretamente em aterros, o que gera grande impacto ambiental. No Brasil, ainda não existe uma norma vigente que certifique o uso desse resíduo. Portanto, o CETEM em parceria com a Fundação de Amparo à pesquisa e inovação do Espírito Santo – FAPES desenvolveram o projeto de normatização da utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais em artefatos de cerâmica vermelha. O projeto contribui para a diminuição do impacto ambiental gerado com a deposição de resíduos, redução do consumo de matérias-primas para fabricação dos artefatos, educação ambiental, redução de custo na produção, possibilidade de agregar valor ao resíduo de rochas ornamentais e consequentemente, com o desenvolvimento sustentável do setor brasileiro de rochas ornamentais e da construção civil.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar a cerâmica vermelha com a incorporação do resíduo de rochas ornamentais após a queima e assim contribuir para a normatização da utilização desse resíduo nas indústrias cerâmicas.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Materiais

No presente trabalho foram utilizadas as matérias-primas argila e resíduo de rocha ornamental para a fabricação dos artefatos cerâmicos. As argilas são provenientes do norte do estado do Espírito Santo e os resíduos do sul do estado do Espírito Santo. A Figura 1 apresenta as matérias-primas usadas para a fabricação dos artefatos cerâmicos.



**Figura 1:** Matérias-primas (A) argila, (B) resíduo.

## 3.2. Métodos

### 3.2.1 Processamento dos corpos de prova feitos por extrusão

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.

Os corpos de prova, 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).

Posteriormente, as cerâmicas foram queimadas na temperatura de 1200°C em forno laboratorial do tipo mufla de Maitec FL 1300. Foi utilizada a 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.

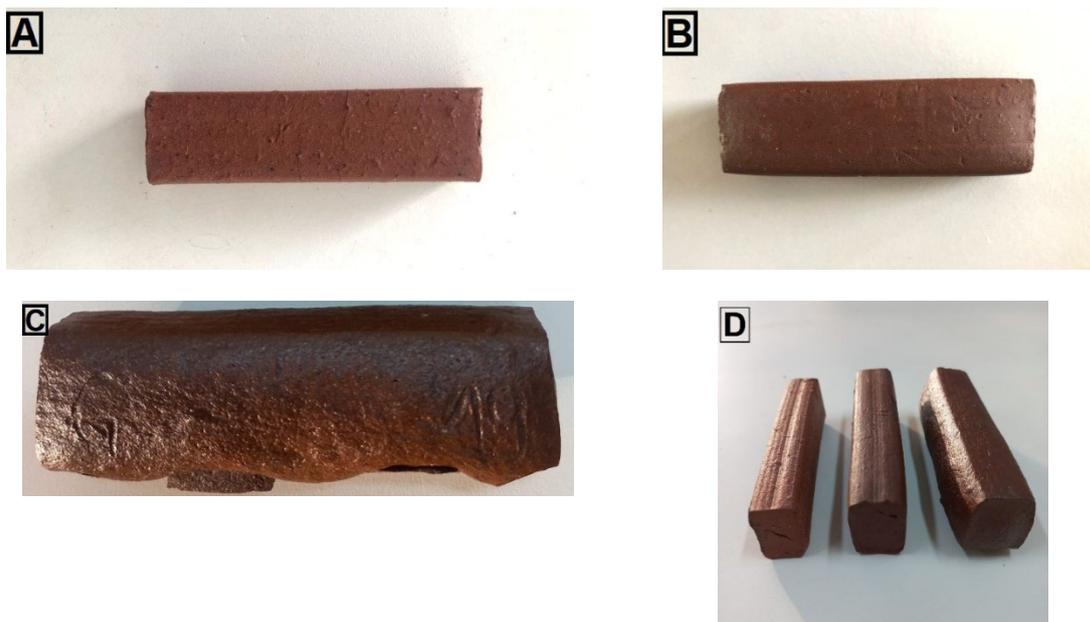
### 3.2.2 Caracterização da Cerâmica Queimada

Para avaliar a superfície das amostras queimadas foi usada microscopia ótica (MO) em Microscópio Digital USB 1600x Zoom HD. A superfície da cerâmica foi preparada com cortadeira para o corpo de prova da marca Sirena de serra 450 mm apropriada para superfícies molhadas. Depois do preparo da superfície com cortadeira, a amostra foi seca a temperatura ambiente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização das Peças Queimadas

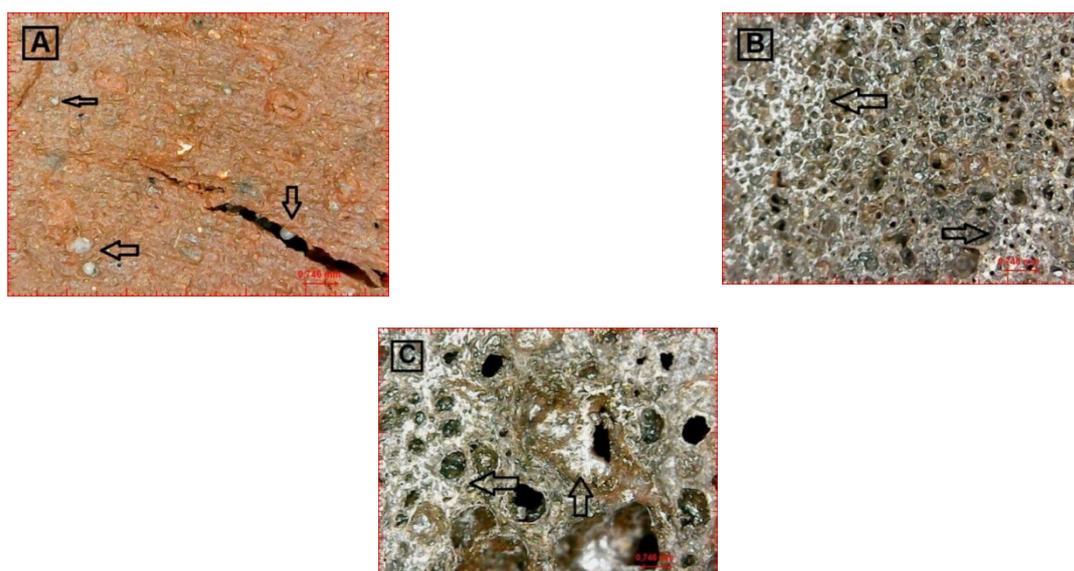
A Figura 2 apresenta os artefatos cerâmicos prontos queimados a 1200°C sem resíduo e com a adição de resíduo. Nota-se que para a adição de 40% o material começa a se deformar, e principalmente a 50% o material fundiu-se de forma que se formaram muitos poros, devido a grande quantidade de fundentes na massa cerâmica e a alta temperatura usada na etapa de queima, contribuindo com uma maior formação de fase líquida gerando os poros.



**Figura 2:** Cerâmicas queimadas com argila pura e com a adição de resíduos de rochas ornamentais. (A) Cerâmica com argila pura – 0%, (B) Cerâmica com adição de resíduo – 40%, (C) Cerâmica com adição de resíduo – 50%, (D) Cerâmica com 0, 40 e 50%.

A Figura 3 apresenta a microscopia ótica dos artefatos cerâmicos. Nota-se que a cerâmica fabricada com argila pura apresenta partículas, apontadas pela seta, de quartzo e apresenta uma cor avermelhada devido à presença de compostos de óxido de ferro presente em sua composição química, que já foi realizada.

Nota-se, que as massas cerâmicas incorporadas com os resíduos de rochas ornamentais para ambas as porcentagens, formam aglomerados de resíduos. O resíduo atua como fundente durante a etapa de queima e a quantidade de fundentes presentes no resíduo foi alta, fazendo que o material formasse bolhas de gases, evaporando e formando esses poros. Esses gases que formaram saíram, e no lugar ficaram os poros.



**Figura 3:** Micrografias das cerâmicas queimadas a 1200°C com aumento de 1600 X e escala de 0,746mm. (A) Argila pura. (B) 40% de adição de resíduo. (C) 50% de adição de resíduo.

## 5. CONCLUSÕES

Com a análise microestrutural da cerâmica vermelha com os resíduos de rochas ornamentais foi possível observar que, os resíduos atuam como fundentes durante a etapa de queima nos artefatos de cerâmica vermelha. A quantidade de resíduos na proporção de 50% foi alta para a temperatura de 1200°C usada na queima, devido a grande quantidade de fundentes.

A normatização do resíduo de rochas ornamentais em artefatos cerâmicos é muito importante, pois contribui para a diminuição do impacto ambiental gerado com a deposição de resíduos, redução do consumo de matérias-primas para fabricação dos artefatos e principalmente para o desenvolvimento sustentável do setor brasileiro de rochas ornamentais e da construção civil.

Conclui-se então que a incorporação de resíduo de rochas ornamentais em massas cerâmicas é tecnicamente viável e pode melhorar a estrutura do artefato cerâmico, podendo promover vantagens econômicas, tecnológicas e ambientais, impulsionando um desenvolvimento sustentável para os setores envolvidos.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CETEM e a todos seus colaboradores, ao CNPq pela bolsa de iniciação tecnológica, a FAPES (processo 84323264), à Mônica Castoldi Borlini Gadioli pela oportunidade de contribuir para a ciência e à Mariane Costalonga de Aguiar por todo o aprendizado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Exportações / Importações Brasileiras. Disponível em: <http://www.abirochas.com.br>. Acesso em: Jul. 2022.

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.

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.