

# **INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE PROCESSAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM CERÂMICA VERMELHA – ESTADO DA ARTE**

## **INCORPORATION OF ORNAMENTAL STONE PROCESSING WASTE IN RED CERAMIC - STATE OF THE ART**

**Letícia Stein Mauro**

Aluna de Graduação em Engenharia de Minas, 10 ° período  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2020 a julho de 2021  
contato.leticiastein@outlook.com

**Mônica Castoldi Borlini Gadioli**

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

**Mariane Costalonga de Aguiar**

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

### **RESUMO**

O resíduo gerado no beneficiamento de rochas ornamentais representa um desafio para o setor de mineração, devido ao volume de material destinado a aterros industriais por não possuir ainda uma aplicação regulamentada. Tendo em vista a flexibilidade do setor cerâmico em admitir o aproveitamento de diferentes tipos de resíduos, há várias pesquisas sobre a viabilidade da aplicação do resíduo de rochas ornamentais na confecção de artefatos cerâmicos, onde seus resultados apresentam-se majoritariamente promissores, favorecendo uma reformulação das massas cerâmicas que promova, simultaneamente, uma produção industrial mais sustentável, com diminuição de resíduos descartados na natureza, e um produto final de mais qualidade, visto que a adição do resíduo pode gerar alterações benéficas nas propriedades da cerâmica. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico da utilização do resíduo do beneficiamento de rocha ornamental como matéria prima cerâmica alternativa, e por meio de alguns estudos já realizados, formular uma visão atual sobre o tema.

**Palavras chave:** Cerâmica vermelha, Rochas ornamentais, Resíduos.

### **ABSTRACT**

The waste generated in the processing of ornamental stones represents a challenge for the mining sector, due to the volume of material destined for industrial landfills, as it does not yet have a regulated application. In view of the flexibility of the ceramic sector in admitting the use of different types of waste, many research projects study the feasibility of applying ornamental stone waste in the manufacture of ceramic artifacts, where their results are mostly promising, favoring a reformulation of ceramic masses that simultaneously promote a more sustainable industrial production, with a reduction in waste disposed of in nature, and a higher quality final product, since the addition of waste can generate beneficial changes in the properties of ceramics. In this sense, the objective of this work was to carry out a bibliographic survey of the use of waste from the processing of ornamental rock as an alternative ceramic raw material, and through some studies already carried out, to formulate a current view on the subject.

**Key words:** Red ceramics, Ornamental stone, Waste.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo. No primeiro semestre de 2021, as exportações brasileiras no setor ultrapassaram 1 milhão de toneladas, sendo o Espírito Santo seu principal estado exportador (ABIROCHAS, 2021). Entretanto, a produção de rochas ornamentais utiliza processos de beneficiamento que geram grandes quantidades de resíduos, sendo este um dos desafios da indústria de mineração hoje (BANDEIRA *et al*, 2018). Paralelamente, a indústria cerâmica, devido às particularidades do seu processamento, é uma das que mais se destaca na reciclagem de resíduos industriais (Menezes *et al.*, 2002). Além disso, a composição cerâmica tradicional pode ocasionar defeitos nas peças, o que justifica os estudos de reformulação da mesma (VIEIRA *et al*, 2003).

Assim, a incorporação de resíduos de rochas ornamentais em cerâmica vermelha vem sendo pesquisada na busca de uma destinação ambientalmente correta aos resíduos, além de possibilitar ser uma matéria-prima alternativa para a indústria cerâmica (BABISK *et al*, 2012).

## 2. OBJETIVOS

Realizar um estudo bibliográfico e consolidar informações gerais sobre o estado atual da pesquisa sobre incorporação de resíduos finos de rochas ornamentais em cerâmica vermelha.

## 3. METODOLOGIA

Foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre os estudos da utilização de resíduos de rochas ornamentais na massa de cerâmica vermelha, e foram selecionadas algumas publicações entre os anos de 1995 e 2021 para uma apresentação geral da evolução da pesquisa ao longo dos anos, além de evidenciar resultados e considerações recentes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde a década de 90 existem estudos sobre aplicações do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais. Freire e Motta (1995) analisaram alternativas para aproveitar a parte não metálica do resíduo, e seus estudos mostraram que a granulometria fina e a composição química do material eram propícias para sua utilização em cerâmica. Além disso, Menezes *et al* (2002) apontam que a indústria cerâmica possui elevada capacidade de absorção de resíduos devido ao seu volume e características de produção. O uso do resíduo do beneficiamento de rochas na massa cerâmica também proporciona vantagens, pois se trata de um resíduo redutor de plasticidade, que proporciona melhora das propriedades mecânicas dos artefatos cerâmicos.

No decorrer dos anos, realizaram-se dezenas de estudos nesta linha de pesquisa. Os ensaios comumente realizados de caracterização das matérias primas são para a determinação dos índices químicos e mineralógicos por fluorescência de raios-X (FRX) e difração de raios-X (DRX). Também são determinadas as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas, como absorção de água e tensão de ruptura. Babisk *et al* (2012) avaliaram os efeitos da incorporação do resíduo de quartzito, proveniente do estado da Paraíba - Brasil, em cerâmica vermelha, e puderam concluir que o resíduo possui potencial para uso. Os corpos de prova possuíam entre 10 e 40% em peso de resíduo, com temperatura de queima de 800°C. Observou-se a sílica (SiO<sub>2</sub>) como componente majoritário do resíduo, que é um mineral responsável por reduzir a plasticidade. Notou-se também maior alteração das propriedades da cerâmica conforme maior a porcentagem de resíduo usada. Entretanto, todas as propriedades tecnológicas permaneceram de acordo com os limites estabelecidos na NBR 15310.

Sant'Ana e Gadioli (2018) avaliaram massas cerâmicas com resíduos de polimento e serragem de rocha ornamental, utilizando argilas e resíduos do sul do Espírito Santo. Foram usados teores de 10, 20, 30, 40 e 50% em peso de resíduo, com queima a 850, 950 e 1050°C. Observou-se nos corpos de prova a efetiva sinterização a 1050°C, e melhores resultados da absorção de água e tensão de ruptura à flexão, de modo geral. Os mesmos teores de resíduo foram averiguados por

Bandeira *et al* (2018), nas temperaturas de 850, 900 e 950°C. Observou-se, de modo geral, menor absorção de água, menor porosidade aparente e maior massa específica aparente. Sugere-se a incorporação de até 30% de resíduo para melhores resultados na cerâmica sem comprometer suas propriedades.

Aguiar e Gadioli (2020) avaliaram a incorporação do resíduo de beneficiamento por multifio na cerâmica vermelha, sendo ambos os materiais do estado do Espírito Santo (argilas do polo cerâmico de São Roque do Canaã). Foram usados 0, 20 e 40% em peso de resíduo, com queima a 850 e 950°C. Em ambas as temperaturas, houve redução da absorção de água e da retração linear. Todos os resultados obtidos enquadram-se na norma para fabricação de blocos estruturais e de vedação, mas somente na temperatura de 950° a cerâmica obteve índices adequados para a fabricação de telhas. De modo geral, o resíduo melhorou as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas, apontando seu uso como viável. Da Silva Junior *et al* (2020) avaliaram o uso do resíduo do granito como matéria-prima alternativa para telhas cerâmicas. Foram usados 10, 15 e 20% de resíduo, com queima a 950°C. Observou-se menor absorção de água, redução da retração linear para 15 e 20% de resíduo, e aumento significativo na resistência mecânica, sobretudo com teor de resíduo de 15%.

Moraes *et al* (2020) analisaram o comportamento da resistência à flexão de cerâmica vermelha com adição de resíduos de rocha ornamental, a partir de materiais do estado do Rio de Janeiro. Os teores foram 0, 5 e 10%, com queima a 750, 850 e 950°C. Além dos ensaios de caracterização, fez-se um comparativo da resistência entre peças cerâmicas com e sem adição de resíduos, com 180 ciclos de umedecimento e secagem. Todas as amostras sinterizadas a 850 e 950°C apresentaram bons resultados, e as amostras com 5% de resíduos e sinterizadas a 950°C foram as mais resistentes. Sugere-se que a presença de microclina, anortoclásio e biotita no resíduo contribuíram para o desempenho das peças cerâmicas no teste de resistência à flexão. Neves *et al* (2021) estudaram a variabilidade composicional da lama de beneficiamento de rocha ornamental de diferentes tipos de rocha, a partir de 35 amostras de empresas de Cachoeiro de Itapemirim - ES. Um comparativo entre as composições das rochas e das lamas evidenciou a influência dos insumos do beneficiamento no resíduo, como elevação do teor de Fe. Para o uso na cerâmica, recomenda-se o resíduo de serragem por teares multifios, evitando-se assim a alteração composicional gerada pelos insumos usados em teares convencionais.

Desde 1997 aos tempos atuais, o CETEM em parceria com outras instituições vem trabalhando em projetos que têm por objetivo viabilizar o uso de resíduos de rochas ornamentais. Existe um acervo de pesquisas sobre cerâmica vermelha com esses resíduos, onde diversos estudos possuem foco na caracterização dos resíduos e propriedades das cerâmicas com e sem resíduo, a fim de averiguar o comportamento do resíduo na produção de cerâmica vermelha. Observa-se que dependendo das condições de processamento e do resíduo de rochas ornamentais utilizado, pode haver melhorias das propriedades da cerâmica. A pesquisa visa encontrar uma destinação ao resíduo e diminuir os impactos ambientais decorrentes da disposição dos mesmos, que são gerados na ordem de milhões de toneladas. Além disso, visa contribuir para a diversidade de matéria-prima para cerâmica e diminuição da extração de argilas do meio ambiente.

## 5. CONCLUSÕES

É evidente que o avanço das pesquisas sobre a utilização do resíduo de beneficiamento de rocha ornamental na produção de cerâmica vermelha fornece resultados promissores para as composições averiguadas nos ensaios tecnológicos. Os índices de absorção de água, de modo geral, mostram-se de acordo com as exigências das normas. Além disso, o aumento da resistência mecânica é um fator importante para uma melhor qualidade da cerâmica.

Nota-se que a presença de determinados minerais no resíduo pode contribuir benéficamente na sinterização das cerâmicas, além da sílica, como redutor de plasticidade. A caracterização das argilas e resíduos é de grande importância para o conhecimento destes, e para uma melhor avaliação das características que podem ser obtidas na cerâmica com adição desses resíduos de diferentes tipos de rocha.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida (processo nº 159609/2020-8), à FAPES (processo nº 84323264), à Mônica Castoldi Borlini Gadioli e à Mariane Costalonga de Aguiar pela oportunidade e por todo o aprendizado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º Semestre de 2021**. Disponível em <<https://url.gratis/hT6kAv>>. Acesso em 2 de agosto de 2021.

AGUIAR, M.C.D.; GADIOLI, M.C.B. Utilização de resíduo de rocha ornamental para fabricação de cerâmica vermelha no Estado do Espírito Santo. **In: IX Jornada PCI do CETEM**, 9. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2020.

BABISK, M. P.; VIDAL, F. W. H.; RIBEIRO, W. S.; AGUIAR, M. C.; GADIOLO, M. C. B.; VIEIRA, C. M. F. Incorporação de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha. **HOLOS**, vol. 6, 2012, p. 169-177.

BANDEIRA, L.L.B.; CASSIMIRO, F.C.; ULIANA, A.K.; ALLEDI, C.T.D.B.; GALDINO, A.G.S. Avaliação da adição de resíduo do corte de rochas ornamentais em massa cerâmica utilizada na indústria da cerâmica vermelha. **Revista Ifes Ciência**, v. 4, n. 2, 2018.

DA SILVA JUNIOR, P.F.; NETO, B.B.P.; DE OLIVEIRA, M.A.B. Cerâmica vermelha incorporada com resíduo de pedras ornamentais tratada termicamente. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72545-72561, 2020.

FREIRE, A. S.; MOTTA, J. F. M. Potencialidades para o aproveitamento econômico do rejeito da serragem do granito. **Revista Rochas de Qualidade**. Nº 123: 6p. São Paulo. 1995.

MENEZES, R.R.; NEVES, G.A.; FERREIRA, H.C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 303-313, 2002.

MORAES, M. S.; XAVIER, G.C.; ALEXANDRE, J.; AZEVEDO, A.R.G. Análise do comportamento de peças cerâmicas com e sem a incorporação de resíduo de rocha ornamental após ciclos de umedecimento e secagem. **In: Congresso Brasileiro de Cerâmica**, 64. Águas de Lindóia, SP. 2020.

MOREIRA, J.M.S.; MANHÃES, J.P.V.T.; HOLANDA, J.N.F. Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha. **SciELO: Revista Cerâmica**, v. 51, p. 180-186, 2005.

NEVES, M.A.; PRADO, A.C.A.; MARQUES, R.A.; FONSECA, A.B.; MACHADO, M.E.S. Lama de beneficiamento de rochas ornamentais processadas no Espírito Santo: Composição e aproveitamento. **Revista Geociências**, v. 40, n. 1, p. 123-136, 2021.

SANT'ANA, M.A.K.; GADIOLI, M.C.B. Estudo da viabilidade técnica da utilização de resíduos de rochas em massas cerâmicas. **Série Tecnologia Ambiental**, 104. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2018. 37p.

VIEIRA, C.M.F.; PEÇANHA, L.A.; MONTEIRO, S.N. Efeito da incorporação de resíduo de serragem de granito em massa de cerâmica vermelha. **Revista Vértices**, v. 5, n. 3, p. 143-157, 2003.