

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO MINERAL DA EXTRAÇÃO DE ESMERALDA PARA APLICAÇÃO EM MASSA CERÂMICA

TALITA FERNANDA CARVALHO GENTIL¹ e JOSÉ DE ARAÚJO NOGUEIRA NETO²

¹Geóloga, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, Av. Centenário, 500, Bairro Nazaré, Jacobina/BA, talita.gentil@ifba.edu.br;

²Geólogo, Universidade Federal de Goiás - UFG, Rua Mucuri S/N - Setor Conde dos Arcos, Aparecida de Goiás/GO, jose.araujo@ufg.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: A exploração de esmeraldas da Serra da Carnaíba – BA, gera grandes volumes de resíduos de esmeralda que são constantemente abandonados no meio ambiente. O objetivo deste estudo foi caracterizar a argila da região do Distrito de Umbuzeiro - BA, assim como fazer material compósito entre essa argila e o resíduo mineral da extração de esmeralda do garimpo de Carnaíba - BA, com o intuito de confecção de material cerâmico, para serem utilizados na indústria civil. As formulações preparadas das amostras consistiram em diferentes concentrações em massa de argila e resíduo mineral (5%, 10%, 20%, 30% e 40%) e uma formulação contendo 100% de argila. Após preparação e a secagem, as amostras foram sintetizadas a 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C e 1100°C durante 60 minutos, com taxa de aquecimento de 10°C/min. Depois da etapa de queima foram realizados os ensaios tecnológicos de Absorção de Água, Porosidade Aparente, Retração Linear, Perda ao Fogo e Massa Específica Aparente. Com as análises e suas interpretações realizadas, foi possível obter que, as formulações com 10 e 20% de resíduo apresentaram os melhores resultados; atendendo as especificações técnicas, indicando a possibilidade de aplicações diversas em corpos cerâmicos.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização Tecnológica, Reutilização Mineral, Extração de Esmeralda.

USE OF MINERAL RESIDUE FROM EMERALD EXTRACTION FOR APPLICATION IN CERAMIC MASS

ABSTRACT: The exploitation of emeralds in Serra da Carnaíba - BA, generates large volumes of emerald waste that are constantly abandoned in the environment. The objective of this study was to characterize the clay from the region of the District of Umbuzeiro - BA, as well as to make composite material between this clay and the mineral residue from the extraction of emerald from the mining of Carnaíba - BA, with the intention of making ceramic material, to be used in the civil industry. The formulations prepared from the samples consisted of different concentrations by mass of clay and mineral residue (5%, 10%, 20%, 30% and 40%) and a formulation containing 100% clay. After preparation and drying, the samples were synthesized at 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C and 1100°C for 60 minutes, with a heating rate of 10°C/min. After the firing stage, the technological tests of Water Absorption, Apparent Porosity, Linear Shrinkage, Fire Loss, and Apparent Specific Mass were carried out. With the analyzes and their interpretations carried out, it was possible to obtain that the formulations with 10 and 20% of residue presented the best results, meeting the technical specifications, indicating the possibility of different applications in ceramic bodies.

KEYWORDS: Technological Characterization, Mineral Reuse, Emerald Extraction.

INTRODUÇÃO

Sabemos que a construção civil é o setor responsável por um elevado consumo de recursos naturais, por esta razão, a relevância do desenvolvimento de materiais alternativos que atendam o setor, de forma a reduzir custos e impactos ambientais e absorver os resíduos sólidos. Neste cenário destaca-se a utilização de resquícios provenientes do setor minerário, em virtude do elevado volume

de produção e quantia elevada de resíduos gerados em todas as fases do processo produtivo das atividades (SILVEIRA, 2015).

A exploração de esmeraldas da Serra da Carnaíba – BA, gera grandes volumes de resíduos de esmeralda que são constantemente abandonados no meio ambiente. Os principais constituintes minerais desse resíduo são a mica (flogopita), feldspato e molibdenita. Outro fator importante e que vem crescendo nos últimos anos é o interesse no uso de resíduos minerais como aditivo na produção de material cerâmico, tentando aperfeiçoar a qualidade dos produtos e aumentar suas aplicações.

Vários são os impactos socioambientais causados pela extração e beneficiamento de esmeraldas nos garimpos da Serra da Carnaíba, explorados de maneira desordenada e sem estudos prévios e técnicas especializadas (CAVALCANTE, 2019). Um deles é o acúmulo de resíduos, lançados aleatoriamente no ambiente (CALMON, 2011 & BRAGA, 2019).

A proposta deste trabalho é estudar a incorporação do resíduo da exploração de esmeraldas em massa cerâmica para a produção de placas de revestimento ou blocos, procurando agregar valor econômico e características estéticas únicas ao produto.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada a essa pesquisa apresenta uma série de procedimentos rotineiros. Estes procedimentos foram executados dentro de um cronograma dividido em sete etapas:

I) Revisão Bibliográfica: consiste no estudo da compilação bibliográfica; **II) Visita Técnica:** consistiu na aquisição *in locu* das matérias-primas a serem estudadas; **III) Preparação de amostras:** as matérias-primas foram inicialmente colocadas em estufa por 24 h com temperatura de 60°C, eliminando-se a água superficial. Após, realizou-se alguns procedimentos, como: Classificação, Cominuição e Peneiramento (o peneiramento da argila e do resíduo mineral foi realizado em peneira com malha de 200 mesh, equivalente à peneira ABNT nº 200 (0,075 mm)); **IV) Caracterização Tecnológica:** a composição química das matérias-primas foi obtida por fluorescência de raios-x (FRX) em um espectrômetro Shimadzu (EDX-720/800 HS). E, a análise mineralógica foi realizada por difração de raios-x (DRX) em um difratômetro Shimadzu (DRX-7000); **V) Preparação dos Corpos de Provas:** a formulação dos corpos de prova foi concretizada via procedimento experimental prático, com o intuito de diminuir o número de experimentos necessários para a otimização das mesmas. Para essa pesquisa produziu-se 6 (seis) formulações distintas, seguindo as etapas: Mistura e Homogeneização - na preparação das formulações, foi estimado os percentuais de argila e do resíduo de esmeralda, essa mistura aconteceu em moinho de bolas do tipo excêntrico por 15 minutos para cada composição. Após a completa homogeneização a seco, as formulações foram umedecidas com água destilada, para adquirir consistência plástica; Conformação por Prensagem - esse processo consistiu na realização de prensagem uniaxial com uma prensa hidráulica com capacidade para 15 toneladas. Foi utilizado uma matriz metálica, com pressão de compactação de 5 MPA, na forma de amostras prismáticas de 60 x 20 x 5 mm, sendo utilizado para tanto 12g de massa cerâmica para cada corpo de prova. Para essa pesquisa foram realizadas 25 (trinta) corpos de prova por formulação, totalizando 150 (cento e cinquenta) corpos de prova. Secagem: após, a compactação as amostras foram colocados para secagem em estufa por 24 h, em temperatura de 110°C; **VI) Processamento Térmico:** os corpos de prova foram queimados em um forno tipo mufla (JUNG 0713). A taxa de aquecimento adotada foi de 10°C/min. A isoterma foi de 1 h nas temperaturas de 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C e 1100°C e; **VII) Ensaios Tecnológicos:** as propriedades tecnológicas das amostras, na forma de corpos de prova, foram determinadas através das análises dos resultados dos ensaios de Retração Linear (RL%), Absorção de Água (AA%), Porosidade Aparente (PA%), Perda ao Fogo (PF%) e Massa Específica Aparente (MEA g/cm³).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das matérias-primas

A argila utilizada neste trabalho (proveniente da jazida da Faz. Caldeirão da Errada, Distrito de Umbuzeiro - BA), tem tonalidade cinza e é considerada medianamente plástica. O resíduo mineral de esmeralda (proveniente do garimpo de Carnaíba, Pindobaçu – BA), por sua vez, é também considerado um medianamente plástico. A Tabela 1 mostra o resultado de fluorescência de raios – X (FRX), realizado na argila cinza e do resíduo mineral de esmeralda.

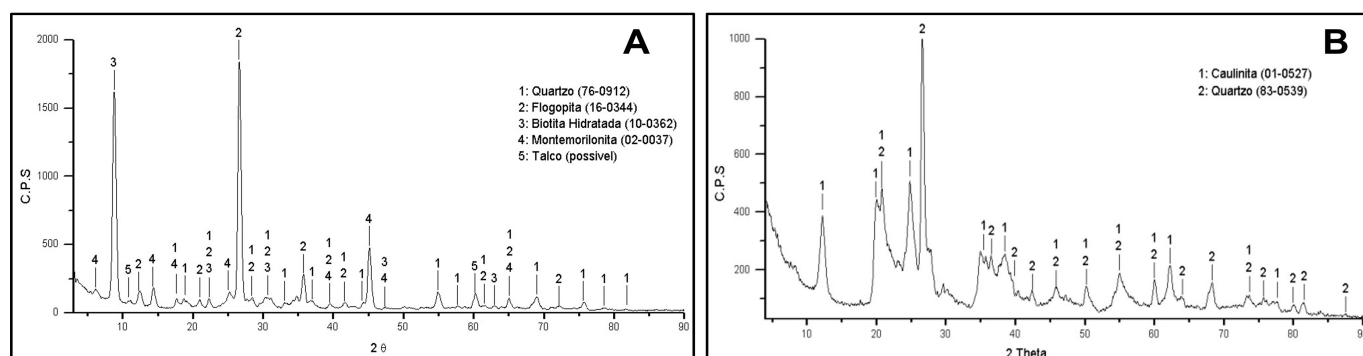
Tabela 1. Análise semiquantitativa da argila e do resíduo mineral de esmeralda por FRX.

Concentração em Massa (%)												
Óxidos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl	MnO	Outros
Argila (%)	58,48	31,88	1,54	4,48	0,78	0,70	1,40	-	-	-	-	0,74
Resíduo (%)	58,62	25,16	4,30	7,26	1,01	-	0,50	0,34	0,37	0,20	2,40	0,34

Na argila cinza observa-se que o principal óxido presente é o SiO₂ (sílica), com teor de 58,48%, indicando a presença de silicatos (argilominerais, micas e feldspato) e sílica livre, na forma de quartzo, propiciando uma redução na plasticidade da argila. O outro óxido em maior proporção é a Al₂O₃ com 31,88%, geralmente combinado formando os argilominerais. O óxido de ferro – Fe₂O₃ possui teor de 4,48%, propiciando uma tonalidade avermelhada na massa cerâmica após a queima.

No resíduo mineral de esmeralda, o óxido presente em maior quantidade é óxido de silício – SiO₂, com 58,62%, indicando a presença de silicatos (quartzo), propiciando uma redução na plasticidade da massa cerâmica, seguido pelo óxido de alumínio – Al₂O₃ (31,88%) e o óxido de potássio K₂O (4,30%) indicando a presença de argilominerais e feldspatos. O óxido de ferro Fe₂O₃ também expressivo com 7,26 % contribui com a coloração da amostras. A figura 1 mostra a composição mineralógica (obtida através da análise de difração de raios -X) da argila cinza e do resíduo mineral de esmeralda utilizados neste trabalho.

Figura 1. Principais fases minerais nas amostras via Difração de Raios-X.



Na figura 1A, mostra o difratograma do resíduo mineral de esmeralda. Percebe-se a presença da sílica - SiO₂, na forma dos minerais quartzo, biotita e flogopita, estando de acordo com a análise por fluorescência de raios-X. Já na figura 1B, da argila cinza, observa-se a presença da sílica em teores muito altos, representado na forma do mineral quartzo (SiO₂), e nota-se também a presença da caulinita [Al₂Si₂O₅(OH)₄] em conformidade com a análise por fluorescência de raios-X.

Ensaio Tecnológicos

A Figura 2 mostra o resultado dos ensaios tecnológicos para esse estudo, realizado nas formulações com diferentes temperaturas de queima.

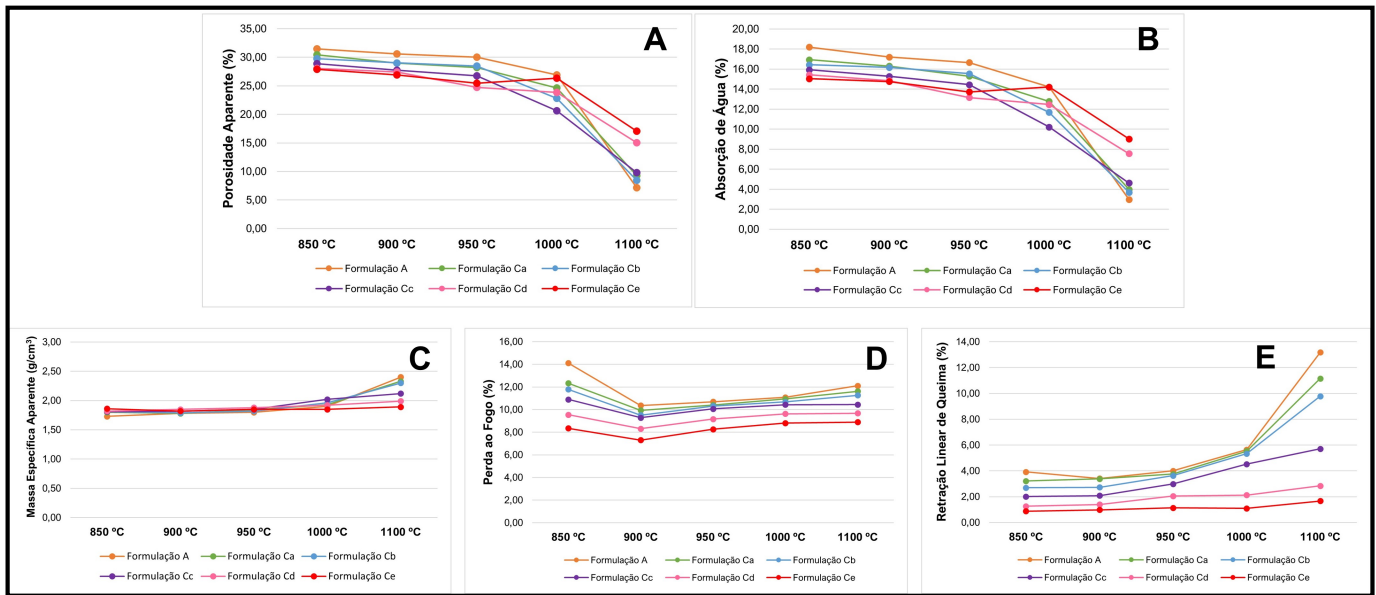
A Figura 2A mostra o resultado do ensaio de porosidade aparente (PA) nas formulações estudadas. Observa-se uma diminuição da porosidade aparente com o aumento na temperatura de queima. Em temperaturas acima de 1000°C, ocorre uma redução maior na porosidade nas formulações com 10 e 20% de resíduo mineral (formulações Cb e Cc).

Na Figura 2B mostra o resultado do ensaio de absorção de água (AA) nas formulações estudadas. O resultado de absorção de água nas formulações está coerente com os resultados obtidos no ensaio de porosidade aparente apresentados na Fig. 1A. Há uma redução na absorção de água com o aumento crescente na temperatura de queima dos corpos cerâmicos, nas formulações estudadas. As maiores queda da absorção de água foram verificadas a partir da temperatura de 1000°C nas

formulações com 10 e 20% de resíduo mineral, ficando em torno de 10 a 12%, enquanto a menor absorção na temperatura de 1100°C, foi verificada na formulação A composta somente por argila cinza, ficando em torno de 2%. Ficou evidenciado que quanto menor o percentual de resíduo mineral, em temperaturas acima de 1000°C, menor será o teor de absorção de água.

Os corpos de prova das formulações estudadas apresentaram um aumento crescente na retração linear (RL) (Fig. 2E), com o aumento de temperatura de queima. É perceptível que, as formulações com menores teores de resíduo mineral apresentam as maiores retrações lineares, em todas as temperaturas de queima.

Figura 2. Ensaio Tecnológicos das formulações estudadas. (A) Porosidade Aparente, (B) Absorção de Água, (C) Massa Específica Aparente, (D) Perda ao Fogo e (E) Retração Linear de queima.



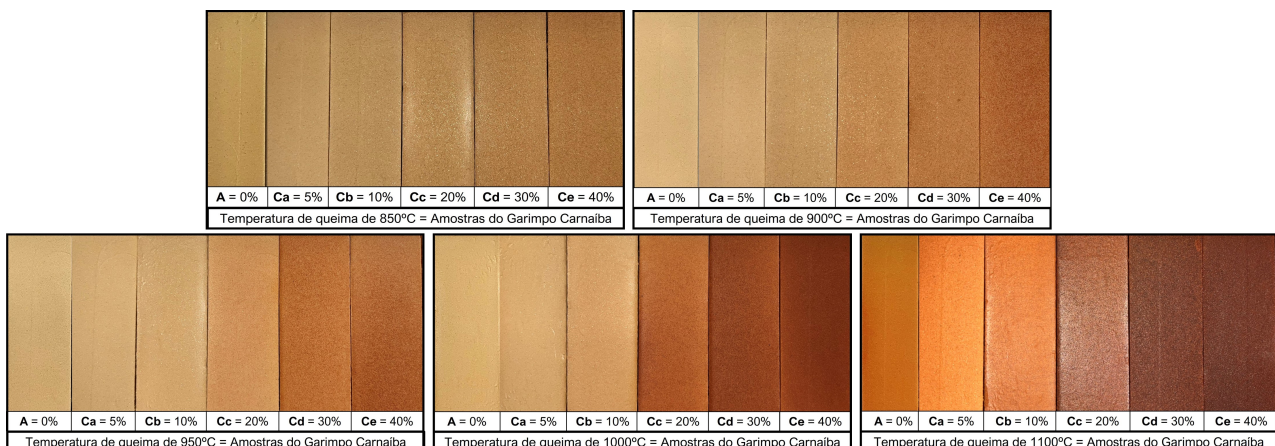
Para o ensaio de Massa Específica Aparente (MEA), na figura 2C, observa-se uma coerência em todas as formulações, a partir da temperatura de 1000°C nota-se um aumento das massas específicas nas formulações com 0%, 5% e 10% de resíduo mineral, ou seja, quanto maior a temperatura mais a massa específica das formulações com menores teores de resíduo mineral.

E quanto ao ensaio de Perda ao Fogo (PF), na figura 2D, analisando os resultados percebe-se que a perda de massa na argila tende a crescer com o aumento da temperatura. Notadamente a formulação com maiores teores de resíduo mineral apresentam as menores perdas de massa com o aumento de temperatura.

Coloração dos corpos de prova após a queima

A Figura 3 mostra a coloração dos corpos de provas das formulações estudadas nas diferentes temperaturas de queima.

Figura 3. Coloração dos corpos de prova após a queima de 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C e 1100°C.



Percebe-se que nas temperaturas de queima estudadas que quanto maior a temperatura de queima mais intenso fica a tonalidade das amostras. Praticamente a coloração das amostras é devido à presença do óxido de ferro (em torno de 4,48%) da argila utilizada, implementado pelo óxido de ferro presente no resíduo (7,26%).

Notadamente, quanto maior o teor de resíduo mineral, mais escura tende a ficar o produto. Um outro fator interessante é a presença de brilho (dourado) quando ocorre incidência de luz nas peças, explicado pela presença de mica flogopita oxidada.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam ser interessante a utilização do resíduo mineral da exploração de esmeraldas em massa cerâmica para a produção de placas de revestimento. Comparativamente, as formulações com 10 e 20% de resíduo apresentaram os melhores resultados; atendendo as especificações técnicas, indicando a possibilidade de aplicações diversas em corpos cerâmicos. Além disso, essas peças apresentam brilho dourado devido a oxidação da mica presente no resíduo, sendo este fator estético um ponto interessante para produção de peças de decoração e/ou revestimento; agregando valor ao produto.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao grupo de pesquisa Automação, Eficiência Energética e Produção do IFBA – Campus Jacobina pelo apoio e suporte técnico no desenvolvimento deste projeto, e ao Laboratório de Caracterização de Materiais – LCM do IFBA/Campus Salvador pela realização das análises químicas.

REFERÊNCIAS

Braga, P. F. A. Recuperação de molibdenita em rejeitos de garimpo. I Jornada do Programa de Capacitação Interna – Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), 2007. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-078-00.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

Cavalcante, R. F. Estudo do potencial de utilização do resíduo da extração de esmeraldas na fabricação de cerâmica de revestimento. 2010, 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN). Disponível em: http://bdtd.bczm.ufrn.br/tesesimplificado/tde_arquivos/10/TDE-2010-06-15T094130Z-2681/Publico/RonaldoFC_DISSERT.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

Calmon, V. C. A. et al. Problemas ambientais da área urbana e garimpo de esmeralda da Vila de Carnaíba de Cima, Pindobaçu – BA, 2004. Disponível em: http://sbgeo.org.br/pub_sbg/cbg/2004-ARAXA/04_1078_CALMONVCA.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

Silveira, M. D. Utilização de resíduos de mineração na construção civil. Monografia – Especialização em Construção Civil. UFMG/Departamento de Eng. de Materiais e Construção Civil. Belo Horizonte/MG, 2015.