

3.03.05 - Engenharia de Materiais e Metalúrgica / Materiais Não-metálicos.

ESTUDO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO PROVENIENTE DA EXTRAÇÃO DE OURO EM MASSA CERÂMICA PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS

Pedro H. Pereira Silva¹, Joanderson da S. Souza Amaral², Jander L. Fonseca², Patrícia Neves de Medeiros³, Talita Fernanda Carvalho Gentil³ & Tércio Graciano Machado³

1. Estudante do Curso de Mineração do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Jacobina (IFBA)
2. Estudante do Curso de Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Jacobina (IFBA)
3. Professor(a) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Jacobina (IFBA)/Orientador(a)

Resumo

Buscando unir experiências e informações técnicas que favoreçam o desenvolvimento sustentável da região de Jacobina-BA, o presente trabalho apresenta como proposta central a incorporação do resíduo mineral da exploração de ouro, de coloração avermelhada devido a presença de ferro, em massa cerâmica constituída por argila e resíduo do mármore Bege Bahia, propiciando um corpo cerâmico de cor diferenciada. Neste estudo foram preparados sete grupos de amostras com 5, 10, 15, 20, 25 e 30% de resíduo mineral e um grupo com a massa padrão, sem resíduo. As matérias-primas utilizadas (argila e os resíduos minerais) foram caracterizadas por fluorescência e difração de raios – X (FRX e DRX). As amostras foram compactadas numa prensa uniaxial com pressão de 3 MPa, sendo em seguida identificadas e colocadas numa estufa por 24 h numa temperatura de secagem de 57°C. Em seguida foram queimadas a 800°C, 850°C e 900°C durante 60 minutos, com taxa de aquecimento de 10°C/min. Após a queima, foram realizados os ensaios tecnológicos de Absorção de Água – AA, Porosidade Aparente – PA, Retração Linear – RL e Perda ao Fogo (PF%).

Palavras-chave: Exploração de Ouro; Mármore Bege Bahia; Aproveitamento Mineral.

Apoio financeiro: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) e a Empresa Comercial e Industrial Canabrava Ltda.

Introdução

Nos últimos anos, várias pesquisas têm sido dedicadas ao estudo da reutilização de resíduos das indústrias de mineração e processamento de minério como matérias-primas alternativas para a indústria tradicional de cerâmica (MENEZES *et al.*, 2007). No entanto, devido ao grande volume e variedade de minerais no país, basicamente os mesmos estão concentrados na incorporação dos resíduos em massa cerâmica.

A questão da reciclagem dos resíduos e a sua possível utilização, bem como a questão ambiental global como um todo passou a ser um fator decisivo de tomada de decisão. Por outro lado, a indústria da Construção Civil, a nível mundial, teve forte desenvolvimento tecnológico nos últimos 30 anos, onde o avanço dos materiais especiais, de novas tecnologias e métodos de construção e, em especial, do conhecimento da ciência dos materiais, permitiu, através da combinação desses diferentes conhecimentos, o forte desenvolvimento da tecnologia e conseqüente incremento da produção dos materiais ecologicamente corretos.

Os efeitos ambientais estão associados, de modo geral, às diversas fases de exploração dos bens minerais, sendo, evidente que não se tem como parar a exploração mineral, pois seus produtos são de grande valia para a sociedade. Todavia, é importante explorá-los com responsabilidade e sustentabilidade para evitar a degradação do meio ambiente ou, pelo menos, reduzir ao máximo seus impactos. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias, com melhor aproveitamento dos recursos minerais, além de uma melhor conscientização do empreendedor; garantindo um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Nesse contexto, percebe-se que a indústria da Construção Civil necessita adaptar-se rapidamente aos novos conceitos de desenvolvimento sustentável e da busca de um planeta ambientalmente mais protegido e atendendo as premissas da chamada “engenharia verde”, onde o desenvolvimento de produtos eco-eficientes e ambientalmente corretos são fundamentais na prossecução desses objetivos (BRITO, 2012).

O principal desafio deste trabalho é caracterizar os resíduos minerais provenientes da exploração de ouro e do mármore Bege Bahia (mármore travertino brasileiro) na região de Jacobina, procurando avaliar a importância da utilização desses resíduos de forma a reduzir o impacto ambiental provocado pela exploração desses materiais e avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização dos mesmos na produção de peças cerâmicas estruturais de baixo custo.

Metodologia

Para alcançar êxito em relação aos objetivos principais do presente estudo, a metodologia aplicada a essa pesquisa apresenta uma série de procedimentos rotineiros. Estes procedimentos serão executados dentro de um cronograma dividido em sete etapas:

I) Revisão Bibliográfica: consiste no estudo da compilação bibliográfica para melhor entendimento da pesquisa; **II) Visita Técnica:** consiste na aquisição *in locu* das matérias primas a serem estudadas; **III) Preparação de amostras:** As matérias primas foram inicialmente colocadas em estufa por 24 hs com temperatura de 60°C, eliminando-se a água superficial. **Classificação e Cominuição:** esse processo refere-se a desagregação da argila realizada à seco, manualmente num almofariz com pistilo. Já para os resíduos minerais (ouro e o mármore), processou-se a seco em moinho de bolas por 24 hs. Em seguida, utilizou-se o almofariz com pistilo para desaglomerar o material formado. **Peneiramento:** O processo de peneiramento da argila e dos resíduos minerais foi realizado numa peneira com malha de 200 mesh, equivalente à peneira ABNT nº 200 (0,075 mm). Após, a argila e os resíduo foram acondicionados em sacos plásticos; **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 realizada via procedimento experimental prático, com o intuito de diminuir o número de experimentos necessários para a otimização das mesmas. Para essa pesquisa produziu-se 7 (sete) formulações distintas, seguindo as etapas: **Mistura e Homogeneização:** Na preparação das formulações, foi combinado os percentuais de argila e dos resíduos minerais, 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 da realização de prensagem uniaxial com uma prensa hidráulica com capacidade para 15 toneladas. Foi utilizado uma matriz metálica, com pressão de compactação de 3 MPA, na forma de amostras prismáticas de 60 x 20 x 5 mm, sendo utilizado para tanto 12 g de massa cerâmica para cada corpo de prova. Para essa pesquisa foram realizadas 15 (quinze) corpos de prova por formulação, totalizando 90 (noventa) corpos de prova. **Secagem:** Após, a compactação as amostras foram colocados para secagem em estufa por 24 hs, em temperatura de 110°C; **VI) Processamento Térmico:** Os corpos de prova foram queimados num forno tipo mufla (JUNG 0713). A taxa de aquecimento adotada foi de 10°C/min. A isoterma foi de 1 h nas temperatura de 800°C, 850°C e 900°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%) e Perda ao Fogo (PF%).

Resultados e Discussão

Caracterização das matérias-primas

A argila utilizada neste trabalho (Argila da empresa Canabrava - Jacobina – BA), sendo considerada medianamente plástica. O resíduo mineral, por sua vez, é um material não plástico. A Tabela I mostra o resultado de fluorescência de raios – X realizado na argila e do resíduo mineral de ouro.

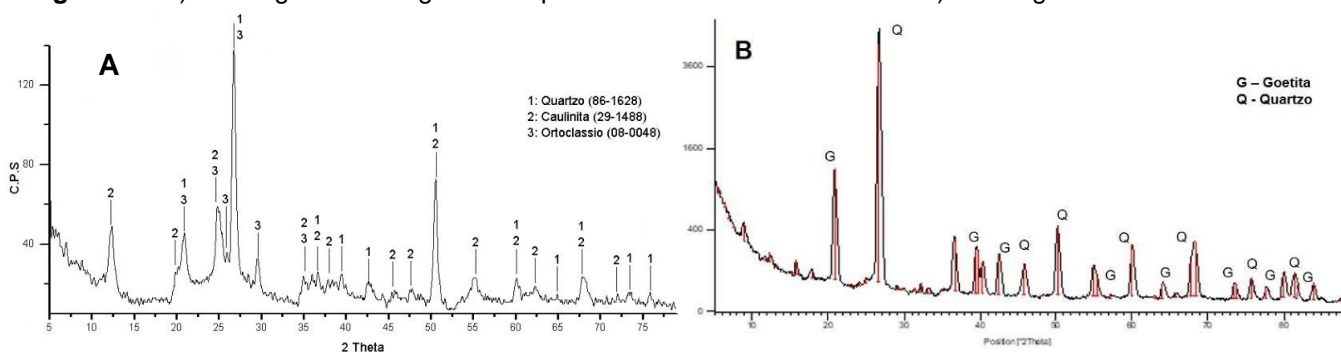
Tabela I – Análise semi-quantitativa da argila e do resíduo de ouro – FRX.

Concentração em massa (%)								
Oxidos (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Outros
Argila	49,69	29,99	0,95	7,87	0,97	4,60	1,70	4,28
Resíduo Ouro	90,8	3,9	0,54	1,6	0,19	-	1,4	1,67

Na argila observa-se que o principal óxido presente é o SiO₂ (sílica), com teor de 49,64%, indicando a presença de silicatos (argilominerais, micas e feldspato) e sílica livre, na forma de quartzo, propiciando redução na plasticidade da argila. O outro óxido em maior proporção é o Al₂O₃ com 29,99%, geralmente combinado formando os argilominerais. O óxido de ferro – Fe₂O₃ possui teor de 7,87%, propiciando uma tonalidade avermelhada na massa cerâmica após a queima.

No resíduo de ouro o óxido presente em maior quantidade é óxido de silício – SiO₂, com 90,8%, indicando a presença de silicatos (quartzo), propiciando redução na plasticidade da massa cerâmica, seguido pelo óxido de alumínio – Al₂O₃, indicando a presença de argilominerais e feldspatos. Os demais óxidos com teores inferiores a 2% são considerados impurezas. A Figura 1 mostra o difratograma da argila e do resíduo de ouro utilizados neste trabalho.

Figura 1 – A) Difratograma da argila da empresa Canabrava Jacobina-BA e B) Difratograma do resíduo de ouro.



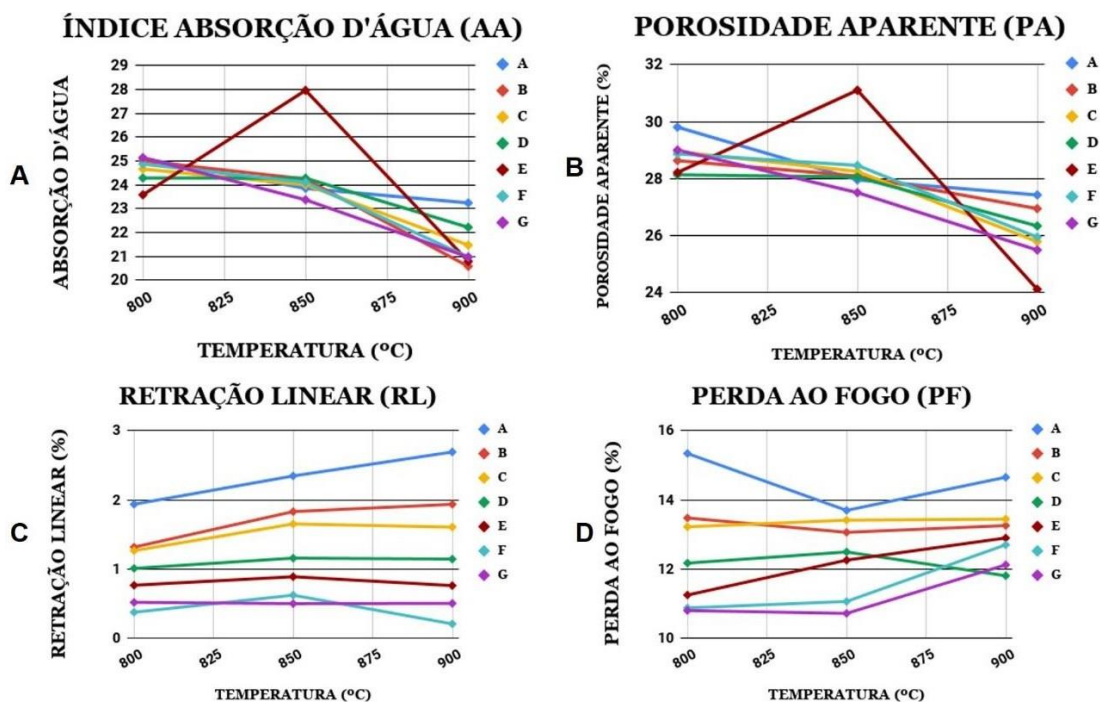
No difratograma 1A, percebe-se a presença de quartzo (SiO_2) e caulinita [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$], estando em conformidade com os resultados obtidos na análise por fluorescência de raios-X. O ortoclásio presente indica a presença de feldspato contendo K_2O , CaO e Al_2O_3 .

No difratograma 1B, realizado no resíduo percebe-se a presença da sílica em teores muito altos, representando a presença do mineral Quartzo (SiO_2), estando de acordo 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 nas diferentes temperaturas de queima (Absorção de Água – AA, Porosidade Aparente – PA, Retração Linear – RL e Perda ao Fogo - PF).

Figura 2 – Ensaio Tecnológicos das amostras estudadas, em A) Absorção de água, B) Porosidade aparente, C) Retração linear e D) Perda ao Fogo.



Na Figura 2A 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 retração linear apresentados na Fig. 2C. Há uma redução na absorção de água com o aumento crescente na temperatura de queima dos corpos cerâmicos, nas formulações estudadas. A maior absorção de água foi verificada nas formulações com 5, 25 e 35% de resíduo na temperatura de 800°C, ficando em torno de 25%, enquanto a menor absorção, em torno de 20,6%, foi verificada na formulação B na temperatura de 900°C. Ficou evidenciado que quanto maior o percentual de resíduo mineral, em temperaturas abaixo de 900°C, maior será o teor de absorção de água.

A Figura 2B mostra o resultado do ensaio de porosidade aparente (PA) nas formulações estudadas. O resultado do ensaio de porosidade aparente nos corpos de prova das formulações estudadas estão em conformidade com os resultados de absorção de água e retração linear de queima. Notadamente há uma diminuição da porosidade aparente com o aumento na temperatura de queima. Na temperatura de 900°C, a redução maior na porosidade ocorre na formulação com 30% de resíduo (formulação G). A formulação E também apresenta essa queda, porém, sugere nrefazer a amostra devido inconsistências nos ensaios de Absorção de água e porosidade aparente.

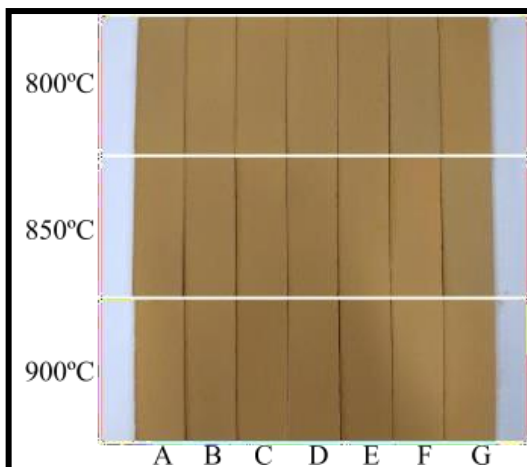
Os corpos de prova nas formulações estudadas apresentaram um aumento crescente na retração linear (RL) (Fig. 2C) com o aumento de temperatura de queima (exceto nas amostras das formulações E e F), apresentando os menores valores a 800°C e os maiores a 900°C. É perceptível que entre 850° e 900° as maiores retrações acontecem nas formulações com 0, 5 e 10% de resíduo. Percebe-se que quanto maior o teor de resíduo, menor será a taxa de retração nas amostras.

Quanto ao ensaio de Perda ao fogo (PF) na figura 2D, percebe-se que a perda de massa ana ragila tende a crescer com o aumento da temperatura de queima. As formulações B e C; ou seja com 5 e 10% de resíduo a perda de massa permaneceu praticamente inalterada. A partir de 20, 25 e 30% de resíduo, formulações E, F e G percebe-se que quanto maior o teor de resíduo mineral maior foi a perda de massa.

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 em 800, 850 e 900°C.



É possível perceber que não houve a distinção de cor entre as peças ou presença de algum aspecto físico visível como trincas, marcas de grãos ou marcas devido a compactação. Contudo, houve indícios de fragilidade durante o manuseio das amostras F e G, visto que nesses corpos têm presença de 30% resíduo.

Conclusões

Como resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que, os resultados dos ensaios tecnológicos demonstram que o acréscimo de resíduo de ouro na argila com resíduo de mármore, em geral, tendem a melhorar as propriedades tecnológicas do produto final. Os melhores resultados foram alcançados com no máximo 20% de resíduo.

Os resultados obtidos demonstram que se pode utilizar a matriz cerâmica com resíduo de ouro (percentual não superior a 20%) para a produção de blocos cerâmicos, pois as propriedades tecnológicas obtidas no produto final estão em conformidade com a norma técnica específica – NBR 15270-2.

Teores elevados de resíduo (> 25%) propiciaram uma redução drástica nas propriedades mecânicas das peças, não sendo seu uso aconselhável para uso em peças estruturais. Além disso, no caso de peças cerâmicas extrudadas (telhas, blocos, dentre outras), poderão propiciar um desgaste de partes/componentes, reduzindo-se o tempo de vida útil das mesmas.

Os resultados obtidos indicam ser interessante a utilização do resíduo de ouro em massa cerâmica para a produção de blocos cerâmicos; em substituição ao feldspato. Comparativamente, as formulações com 5, 10, 15 e 20% de resíduo apresentaram os melhores resultados, atendendo as especificações técnicas, indicando a possibilidade de aplicações diversas em corpos cerâmicos.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15270-2, “**Componentes Cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos**”, Rio de Janeiro, RJ (2005).

BRITO, J. de. **Ecomateriais e Sua Incorporação na Construção**. Conference Paper. DOI: 10.13140/RG.2.1.4810.3443. Dezembro, 2012.

MENEZES, R.R. et al. **Análise de co-utilização do resíduo do beneficiamento do caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos**. Cerâmica Industrial, cerâmica 53, p. 192-199, 2007.