



Utilização de resíduos de granitos como matéria-prima alternativa no preparo de vidros comerciais

G.G.Santos^{1*}; J.A.Sampaio¹, M.E.Soffner¹

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

*giancarlogev@gmail.com

Resumo

Neste trabalho, oito composições de resíduos de granito foram utilizadas como fonte de óxidos formadores para a produção de vidros. A proposta demonstrou-se exitosa, sendo possível a obtenção de vidros a partir de todos os resíduos. As propriedades investigadas demonstram forte dependência com a concentração de ferro. Verificou-se que o grupo de amostra com baixa concentração de óxido de ferro III apresentou densidade de $(2,530 \pm 0,003)$ g/cm³, valor comparável aos vidros comerciais. Além disso, nessas mesmas amostras, foi observada alta transparência óptica na região do visível (superior a 80%) e semelhança espectral com o vidro comercial plano incolor.

Palavras-chave: Rochas Ornamentais, Vidros, Granito.

1. Introdução

Os granitos consistem em um dos tipos de rochas processados pelo setor de rochas ornamentais no Brasil. O setor é responsável pela extração, beneficiamento e comercialização de material rochoso de origem natural, dentro os quais, além dos granitos, destacam-se os mármore e os quartzitos. O processo produtivo tem início na extração, onde a rocha é retirada das jazidas. Em virtude de características geológicas, a extração ocorre em todas as regiões do país, com destaque para a região sudeste. Após extração, as rochas são encaminhadas para as empresas responsáveis pelo seu beneficiamento, que consiste nos conjuntos de etapas responsáveis por transformar o material bruto em placas polidas para a comercialização^[1].

Do ponto de vista econômico, o setor de rochas ornamentais exerce expressiva importância, seja no âmbito regional, seja na esfera nacional. Para se ter uma ideia, estima-se que em 2020 as exportações de rochas superaram US\$ 1 bilhão, tendo os Estados Unidos e a China como principais países de destino. Desse montante, cerca de US\$ 814 milhões em rochas exportadas foram produzidas pelo estado do Espírito Santo^[2]. O ES é conhecido mundialmente por concentrar cerca de 80% de toda a tecnologia de beneficiamento de rochas do Brasil, o que coloca o estado em uma posição de destaque e acentua a importância do setor para a economia local^[3].

Em contrapartida, considerando a questão ambiental, o setor de rochas desenvolve uma atividade de mineração. Como tal, ela é responsável pela degradação dos ambientes naturais e pela geração de expressiva quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Estima-se que durante o beneficiamento, por volta de 40% do material rochoso é transformado em passivo ambiental, o que representa cerca de 20 Mt entre os anos de 2014 e 2019^[1]. Grande parte desses resíduos é descartada em regiões próximas à municípios pequenos e com baixa resiliência ambiental. Tendo em vista estas características, o setor figura-se como um grande desafio ao desenvolvimento sustentável.

Dada sua relevância econômica e social, é preciso pensar na redução dos impactos ambientais sem o comprometimento do ritmo produtivo associado ao setor. Nesta perspectiva,

estratégias que visam a utilização dos resíduos (ou parte deles) ganham destaque, pois, além de propor uma destinação correta ao material descartado, são capazes de transformá-los em matéria-prima de algum processo produtivo. Parte expressiva desses resíduos consiste em restos das rochas graníticas, tendo em vista o seu destaque em produção e comercialização no mercado nacional (cerca de 40% em volume de rochas). Em relação as suas composições, apresentam predominância de óxido de silício (cerca de 60%). Este óxido já é utilizado pela indústria vidreira – a partir da areia extraída dos reservatórios naturais – na produção de vidros sodo-cálcicos. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo demonstrar a viabilidade da produção de vidros a partir da utilização de resíduos de granito como matéria-prima alternativa.

2. Materiais e Métodos

2.1. Produção dos vidros

Oito composições de resíduos de diferentes granitos - a saber *Valle Nevada, Feldspato Delicatus, Red Diamond, Pitaia, Snow Floke, Ocre Itabira, New Fiesta e Nilo* - foram utilizados como matéria-prima no preparo de vidros. Os resíduos foram coletados durante a extração da rocha. Para sua utilização, cada composição foi triturada, separadamente, em moinho de bolas, peneirada (100 *mesh*) e levada à secagem. Os vidros foram preparados por meio da técnica convencional de fusão/resfriamento rápido em temperatura de 1550 °C. Os resíduos foram empregados como fonte dos óxidos formadores (SiO₂ e Al₂O₃), na proporção de 70 % (em massa), junto aos carbonatos de sódio e de cálcio (ambos Alfa Aesar com 99,5% de pureza), nas proporções de 20% e 10% (em massa), respectivamente. Depois de prontas, as amostras vítreas foram recozidas em forno mufla (EDG F-1800) na temperatura de 500 °C por 6 h, seguido de resfriamento lento. Essa última etapa teve como finalidade a eliminação das tensões mecânicas internas, possivelmente formadas durante o processo de vitrificação.

2.2. Densimetria

Nos vidros, a densidade é uma propriedade física sensível à composição e ao empacotamento dos átomos/íons presentes na estrutura do material. A determinação experimental foi feita com base no princípio de Arquimedes, que consiste em medir a massa da amostra no ar (m) e na condição de imersão total (m_l) em um líquido cuja densidade ρ_0 seja conhecida. A partir dessas informações, a densidade (ρ) da amostra foi calculada pela equação 1. Foram feitas 5 medidas para cada vidro investigado. Os resultados apresentados correspondem à média desses valores, sendo o desvio padrão a incerteza experimental.

$$\rho = \left(\frac{m}{m - m_l} \right) \rho_0 \quad (1)$$

2.3. Transmissão no UV-VIS-NIR

Do ponto de vista óptico, as amostras foram caracterizadas em relação à transmissão de luz na região infravermelho próximo até o ultravioleta. Para as medidas, foi utilizado um espectrômetro comercial Shimadzu UV-1800, que permite a obtenção de espectros entre 200 nm e 1100 nm com resolução de 1 nm. No equipamento, um feixe de radiação monocromática com intensidade conhecida é direcionado à amostra. Da radiação incidente, partes podem ser refletidas, absorvidas ou transmitidas. Com o equipamento, mede-se a intensidade da radiação que é transmitida através da amostra. Para cada comprimento de onda, mede-se a transmitância óptica (T), definida como a razão entre as intensidades de luz transmitida (I) e incidente (I_0), representada pela equação 2:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2)$$

3. Resultados e Discussão

Os vidros obtidos têm o aspecto apresentado na Fig. 1. Observa-se predominância de vidros com boa transparência óptica e coloração esverdeada. Esse padrão cromático foi atribuído à presença do Fe^{3+} , presentes naturalmente nos resíduos de granito e com concentrações determinadas pela Fluorescência de Raios-X. A amostra Ocre Itabira, além de alta concentração de ferro (em torno de 5%, em massa), tem sua coloração também atribuída aos íons Mn^{2+} e compostos de enxofre^[4]. Em virtude dessas características, as amostras *Feldspato Delicatus*, *Red Diamond*, *Pitaia*, *Snow Floke*, *New Fiesta* e *Nilo* foram agrupadas (<1% Fe_2O_3) na descrição dos resultados abaixo.

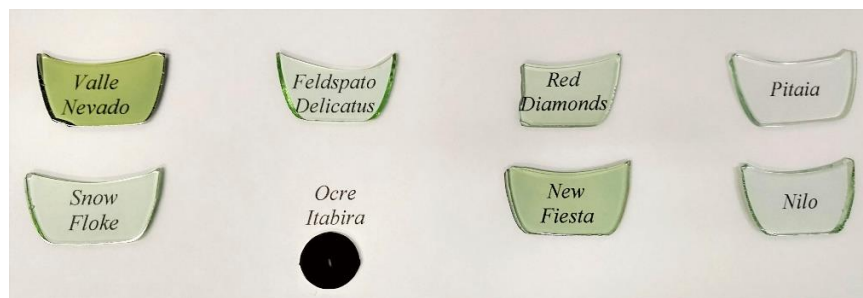


Figura 1. Amostras produzidas após corte e polimento.

Em relação à densidade, as diferentes concentrações de Fe_2O_3 exerceram influências significativas, conforme pode ser visto na Tab. 1. Para o grupo de amostras <1% Fe_2O_3 , a densidade foi compatível com os vidros comerciais (diferença percentual de 1%). Nas amostras Valle Nevado e Ocre Itabira, o óxido de ferro aparece nas concentrações de 2% e 5%, em massa, respectivamente. Em comparação aos demais elementos presentes na estrutura do vidro, o ferro tem massa atômica elevada. Considerando que, do ponto de vista estrutural, as amostras são semelhantes, a densidade pode ser relacionada à concentração de ferro.

Tabela 1. Valores experimentais da densidade.

Identificação	$\rho \pm \delta\rho$ (g/cm ³)
<1% Fe_2O_3	$2,530 \pm 0,005$
Valle Nevado	$2,56 \pm 0,01$
Ocre Itabira	$2,674 \pm 0,005$
Vidros Comerciais	$2,503 \pm 0,008$

Já em relação à transmissão de luz, nas amostras com baixa concentração de ferro, os espectros exibem a característica de alta transparência, superior a 80%, em toda a região do visível, característica que pode ser observada na Fig. 2(a). Além disso, considerando a Fig. 2(b), do ponto de vista óptico, destaca-se a semelhança espectral entre esse grupo de amostras produzidas e os vidros comerciais planos incolores, amplamente utilizados na construção civil. Para os vidros Valle Nevado e Ocre Itabira, a transparência na região do visível é

fortemente comprometida pela concentração do ferro. Além disso, há forte absorção da região do infravermelho próximo, o que sugere possíveis aplicações desse material como filtros ópticos para melhorar o conforto térmico.

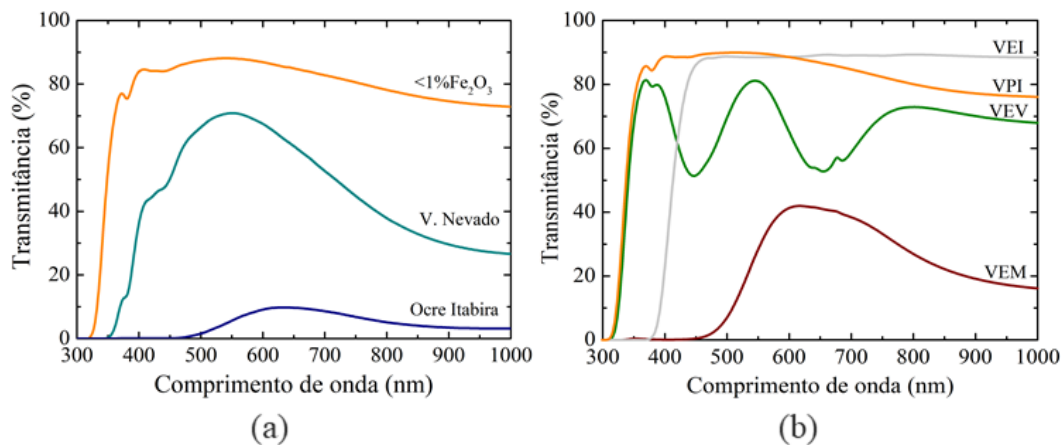


Figura 2. Espectros de transmitância (a) dos vidros produzidos e (b) de vidros comerciais. As curvas identificadas por VE representam os vidros de embalagem incolor (I), verde (V) e marrom (M). Já VPI refere-se ao vidro plano incolor.

4. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo demonstrar a viabilidade da utilização de resíduos de granito no preparo de vidros comerciais. Foi possível a obtenção de vidros a partir de todos os resíduos utilizados. Para composições com concentração de Fe_2O_3 inferior a 1%, obteve-se densidades compatíveis com os vidros comerciais, altas transparência na região do visível e mesmo padrão espectral de amostras de vidro comercial plano. Este último aspecto, além de demonstrar a viabilidade de obtenção dos vidros com boa transparência, sugere possíveis aplicações em escala comercial. O emprego dos resíduos de granito como fonte do óxido de silício (formador de vidro), além de gerar destino correto aos subprodutos do setor de rochas, contribuiria para a redução dos impactos ambientais causados pela extração da areia, atualmente utilizada como matéria-prima no processo industrial.

Agradecimentos

Os autores agradecem as agências de fomento CAPES, CNPq, FAPERJ E FAPES.

Referências

- [1] FRANCISCO W. H. VIDAL, HÉLIO C.A. AZEVEDO, N. F. C. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento.** Rio de Janeiro: [s. n.], 2014. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- [2] FILHO, C. C. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2019. vol. 55, no. 61, 2020. .
- [3] CID CHIODI FILHO. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º trimestre de 2019. vol. 55, no. 1, p. 1 a 10, 2019.
- [4] SANTOS, G. G. **Utilização de resíduos de granito como matéria-prima alternativa no preparo de vidros comerciais sodo-cálcicos.** 2021. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2021.