

PRODUÇÃO DE VIDROS SILICATOS COM RESÍDUO FINO DE QUARTZITO

*

Vinicius Rodrigues Gomes¹
Francisco Wilson Hollanda Vidal²
Carlos Mauricio Fontes Vieira³
Juraci Aparecido Sampaio⁴
Michelle Pereira Babisk⁵

Resumo

O quartzito é uma rocha ornamental metamórfica, silicática, com elevado teor de quartzo (SiO_2), seus resíduos geralmente provêm do processo de cortes feitos com lâminas diamantadas. Dentre as várias definições de vidro, a mais utilizada é de que é uma substância fisicamente homogênea obtida pelo resfriamento de uma massa inorgânica em fusão, que se solidifica sem cristalizar, portanto, os vidros não possuem arranjo atômico regular e por isso são chamados amorfos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar um resíduo fino de um quartzito quimicamente, mineralogicamente e morfologicamente e utilizá-lo como matéria-prima principal para produzir vidros silicatos dos tipos sodo-cálcico e borossilicato. A caracterização do resíduo fino de quartzito revelou que a sílica (SiO_2) é o componente majoritário, que se apresenta na forma de quartzo e grãos angulares, que favorecem o processo de produção do vidro. Os vidros produzidos se apresentaram incolores, totalmente amorfos e com densidades condizentes com os valores citados na literatura. Os resultados mostram que este resíduo pode ser utilizado como matéria-prima na fabricação de vidros, obtendo assim uma destinação correta.

Palavras-chave: Resíduo; Quartzito e Vidros

SILICATES GLASSES PRODUCTION WITH FINE QUARTZITE WASTE**Abstract**

Quartzite is a metamorphic silica rock with high quartz content (SiO_2), its wastes usually come from the process of cuts made with diamond blades. Among the various definitions of glass, the most widely used is that it is a physically homogeneous substance obtained by cooling a melting inorganic mass, which solidifies without crystallizing, therefore, the glasses do not have a regular atomic arrangement and are therefore called amorphous. The objective of this work was to characterize a fine waste of a chemical quartzite, mineralogically and morphologically and to use it as the main raw material to produce silicate glasses of the soda-calcium and borosilicate types. The characterization of the fine quartzite waste revealed that silica (SiO_2) is the major component, which presents in the form of quartz and angular grains, which favor the glass production process. The glasses produced were colorless, totally amorphous and with densities consistent with the values cited in the literature. The results show that this waste can be used as raw material in the manufacture of glass, thus obtaining a correct destination.

Keywords: Waste; Quartzite, Glasses.

- ¹ *Engenheiro Metalúrgico e de Materiais, Graduando, Bolsista de Iniciação Científica, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ² *Engenheiro de Minas, D. Sc., Tecnologista Sênior III, Núcleo Regional do Espírito Santo, Centro de Tecnologia Mineral, Cachoeiro de Itapemirim, ES, Brasil.*
- ³ *Engenheiro Mecânico, Pós PD. Sc., Professor Associado, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁴ *Físico, PhD, Professor Associado, Laboratório de Ciências Físicas, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁵ *Física, D. Sc., Pós Doutoranda, Laboratório de Materiais Avançados, Universidade Estadual do Norte fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil..*

1 INTRODUÇÃO

Rochas são genericamente definidas como corpos sólidos naturais, formados por agregados de um ou mais minerais cristalinos. Do ponto de vista comercial, rochas ornamentais e de revestimento são basicamente subdivididas em granitos e mármore. Como granitos, enquadram-se, genericamente, as rochas silicáticas, enquanto os mármore, as rochas carbonáticas. Outros tipos são os quartzitos, serpentinitos, travertinos, calcários e ardósias, também muito importantes setorialmente [1].

O quartzito é uma rocha ornamental metamórfica, silicática, com elevado teor de quartzo (SiO_2). Quartzitos ornamentais são muito resistentes e apresentam propriedades típicas dos granitos comerciais, do qual foi utilizado o resíduo nessa pesquisa, são constituídos essencialmente por quartzo e possuem textura granoblástica. Diferenciam-se por conta do grau de recristalização e granulação predominantemente fina [2,3].

Resíduos de quartzito ornamental geralmente provêm do processo de cortes feitos com lâminas diamantadas, estima-se que, durante o processo de serragem, 25 a 30% em peso do bloco são transformados em resíduo fino. Portanto, mesmo sendo uma atividade econômica importante, gera quantidades expressivas de resíduo que pode ser prejudicial ao meio ambiente quando são descartados de maneira inadequada [4,5].

A sílica é um óxido formador de rede vítrea por natureza, e a adição de óxidos conferem características distintas. Estes óxidos adicionados à sílica podem ser óxidos modificadores de rede ou óxidos intermediários. Os óxidos modificadores de rede quebram a rede vítrea formada pela sílica, diminuindo o ponto de fusão a viscosidade do fluido, já os intermediários podem atuar ora como modificadores ora como formadores de rede [6].

O vidro é definido pela ASTM (Sociedade Americana de Padronização) como um produto inorgânico de fusão que foi resfriado até uma condição rígida sem cristalização, e por isso são referenciados como materiais amorfo. Um material é amorfo quando ele não apresenta ordem de longo alcance no arranjo atômico, isto é, quando não há regularidade dos seus constituintes moleculares em uma escala superior a algumas vezes o tamanho destes grupos. Industrialmente, pode-se restringir o conceito de vidro aos produtos resultantes da fusão de óxidos ou seus derivados e misturas, tendo geralmente como constituinte principal a sílica, para os vidros comuns [6].

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é caracterizar um resíduo fino de um quartzito ornamental e utilizá-lo como matéria-prima principal para produzir vidros silicatos dos tipos sodo-cálcico e borossilicato.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizado um resíduo fino de quartzito ornamental beneficiado em tear diamantado, como fonte de sílica, e reagentes químicos que caracterizam vidros dos tipos sodo-cálcico e borossilicato.

O resíduo de quartzito foi coletado em uma serraria em Cachoeiro de Itapemirim/ES, seco ao ar para perda da excessiva umidade e posteriormente em estufa laboratorial a $\pm 110^\circ\text{C}$ por 24 horas, desagregado com grau e pistilo e peneirado em 40 mesh.

Para a adição dos outros óxidos componentes dos vidros, foram utilizados os seguintes reagentes químicos tipo P.A.: carbonatos de sódio (Na_2CO_3) e de cálcio (CaCO_3), alumina (Al_2O_3) e ácido bórico (H_3BO_3).

A caracterização do resíduo fino de quartzito foi feita por meio de análise mineralógica por difração de raios-X, química por fluorescência de raios-X (FRX) e morfológica por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

A composição dos vidros (Tabela 1) foi baseada em um vidro utilizado em embalagem de bebidas, para o sodo-cálcico, e vidros Pyrex®, para o borossilicato [1]. Foram fundidas em um forno SENTRO TECH Corp. ST-1700C-445 e os vidros obtidos foram posteriormente recozidos a 600°C por 2 horas.

Tabela 1. Composição dos vidros (% em peso)

	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	CaO	B_2O_3
Sodo-cálcico	72	2	13,5	12,5	-
Borossilicato	79	2	6	-	13

Os difratogramas de raios-X do resíduo e dos vidros produzidos foram obtidos pelo método do pó, foram coletados em um equipamento Bruker-D4 Endeavor, nas seguintes condições de operação: radiação $\text{CoK}\theta$ (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de $0,02^\circ 2\theta$ por passo com tempo de contagem de 1 segundo por passo e coletados de 5 a $80^\circ 2\theta$. Para o resíduo de quartzito, as interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 em software Bruker AXS Diffrac.Plus.

A FRX foi realizada em um espectrômetro (WDS-2) modelo AXIOS Panalytical e as micrografias por MEV foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura MEV FEI Quanta 400.

A densidade das amostras de vidro foi feita por meio do método de Arquimedes, a 25°C e no nível do mar e foram pesadas em uma balança OHAUS AV264P com resolução de 0,0001g.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal matéria-prima para fabricação de vidro industrialmente é a areia, que tem a função de fornecer a sílica (SiO_2) ao vidro [7]. Como essa pesquisa objetivou utilizar o resíduo fino de quartzito em substituição à areia, a discussão de sua caracterização se dará em comparação desta matéria-prima.

Industrialmente, os grãos angulares da areia favorecem o processo de produção do vidro, pois a fusão se inicia nas pontas e arestas dos grãos. Nas micrografias obtidas por MEV do resíduo fino de quartzito, apresentadas na Figura 1, pode-se observar a morfologia das partículas do resíduo e que estas possuem grãos angulares (Figura 1b) [8].

Em um aquecimento não concentrado em cristais é comum que a fusão ocorra na superfície, pois a cinética de fusão favorece as extremidades dos cristais, então a fusão acontece “de fora para dentro”. O quartzo, por exemplo, pode manter-se sólido até 300°C acima da sua temperatura de fusão natural (1400°C) nas regiões do centro do material por conta deste efeito da cinética de fusão [9].

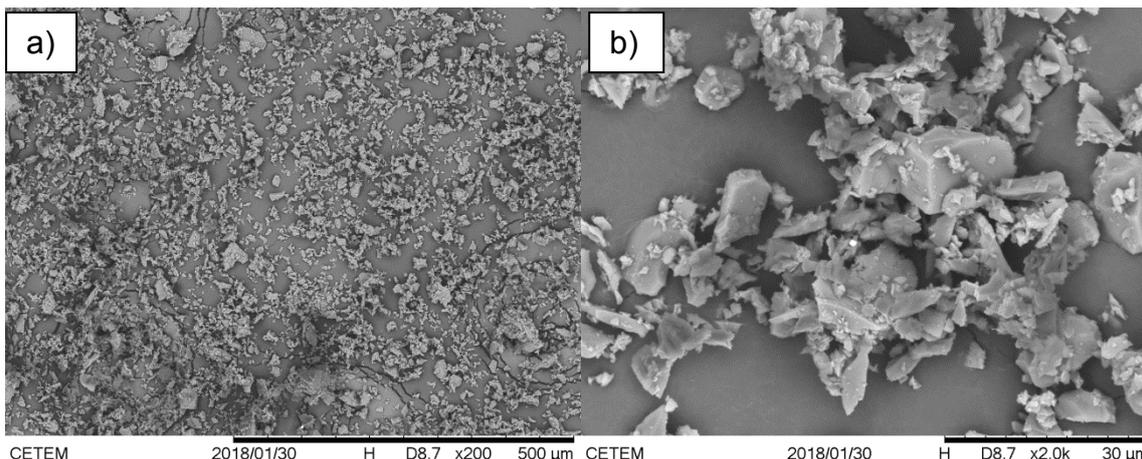


Figura 1. Micrografias do resíduo fino de quartzito: (a) – 200X e (b) – 2000X.

A Figura 2 apresenta o difratograma de raios-X do resíduo, no qual foram identificados apenas os picos do quartzo, o que comprova e corrobora com a literatura sobre a descrição de o quartzito ser formado quase que inteiramente por quartzo. A areia para a indústria de vidro deve apresentar um teor elevado de quartzo, baixo teor de ferro e de material refratário [7].

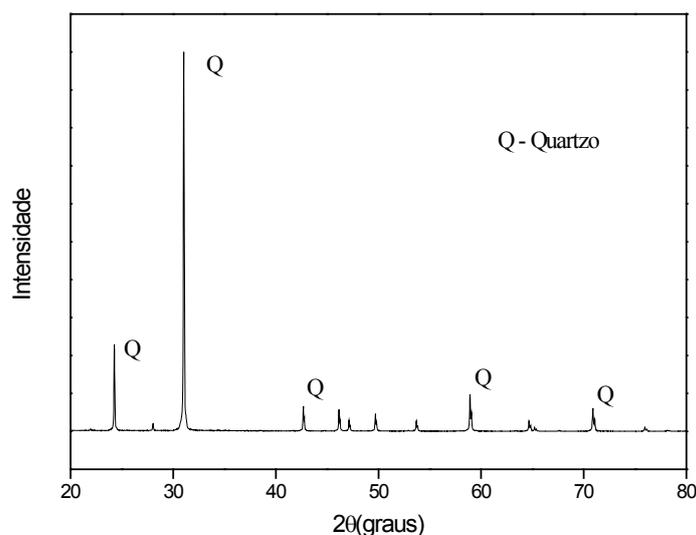


Figura 2. Difratograma de raios-X do resíduo fino de quartzito.

A Tabela 2 apresenta a composição química do resíduo de quartzito. Pode-se observar a presença majoritária de SiO_2 (99,4%), o que comprova a eficiência deste como matéria-prima fornecedora de sílica para a produção de vidros silicatos.

A sílica (SiO_2) é o principal óxido usado na formulação do vidro, pois conforme citado anteriormente é o formador da rede vítrea dos vidros silicatos, como os estudados nessa pesquisa. Os fabricantes estabelecem as especificações requeridas da areia de quartzo, para cada tipo de vidro. Essa areia deve conter, pelos menos, 98,5% SiO_2 , com um máximo de Fe_2O_3 em torno de 0,08% para vidro plano, 0,1% para fibra de vidro e 0,3% para vasilhames de vidro colorido. A presença de cobre, níquel e cobalto, mesmo em níveis de traços, pode produzir cores e defeitos no vidro [10].

Tabela 2. Composição química do resíduo de quartzito (% em peso)

Componentes	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	TiO ₂	BaO	PPC
% em peso	99,4	0,14	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	ND	< 0,1	< 0,1	0,22

PPC: Perda por calcinação

A Figura 3 mostra as imagens dos vidros produzidos onde é possível visualizar o texto através das amostras com aproximadamente 2mm de espessura, comprovando que tanto o vidro sodo-cálcico quanto o borossilicato são transparentes na região do visível.

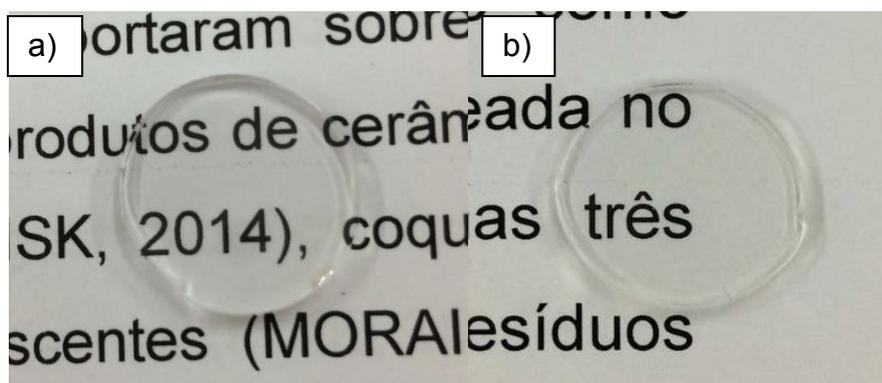


Figura 3. Imagem dos vidros produzidos com resíduo fino de quartzito: (a) – Sodo-cálcico e (b) – Borossilicato.

Os difratogramas de raios-X dos vidros produzidos são apresentados na Figura 4. Observa-se que não há presença de picos cristalinos, os espectros representam uma banda típica amorfa em torno de 27°, proveniente da presença de sílica nos vidros. Esse resultado caracteriza os vidros como amorfos, eles não apresentam ordem de longo alcance no arranjo atômico.

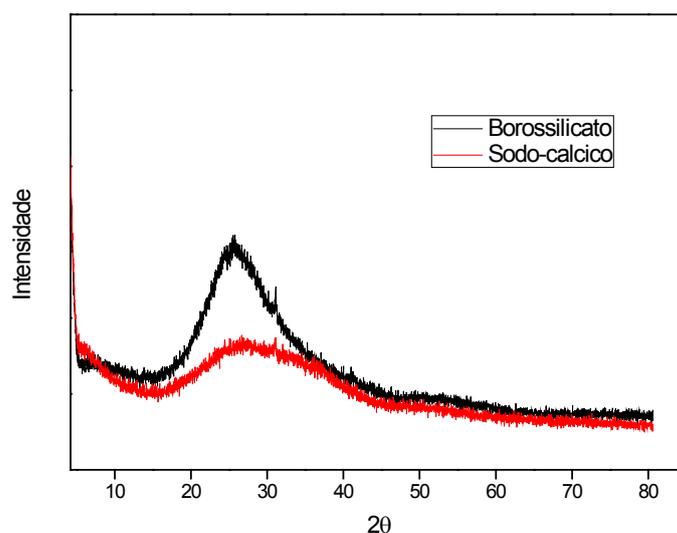


Figura 4. Difratogramas de raios-X dos vidros produzidos com resíduo fino de quartzito:

As densidades dos vidros produzidos estão apresentadas na Tabela 3, e estão próximas aos valores da literatura. As densidades dos vidros sodo-cálcicos esta compatível com o aumento da densidade que a incorporação de álcalis proporciona na rede vítrea de sílica, que deixa as densidades por volta de 2,57 g/cm³. O empacotamento das redes de SiO₂ e de B₂O₃ é parecido, o que mantém um empacotamento de átomos de oxigênio similar e não há variação significativa na densidade entre a sílica vítrea e o vidro borossilicato, mantendo a densidade em valores por volta de 2,22 g/cm³[11].

Tabela 3. Densidade dos vidros produzidos com resíduo fino de quartzito (g/cm³).

Vidros	Sodo-cálcico	Borossilicato
Densidade	2,51	2,28

4 CONCLUSÕES

É justificada a utilização de resíduo de quartzito para a produção de vidros silicatos, dos tipos sodo-cálcico e borossilicato, sua caracterização comprovou a composição majoritária de sílica, 99,4% em peso, na forma de quartzo e grãos angulares. Composição química e mineralógica compatíveis com as de areias de quartzo, principal matéria-primautilizada na indústria de vidros, bem como morfologia que auxilia a fusão e, conseqüentemente, o processo produtivo. Os vidros produzidos apresentaram-se transparentes, totalmente amorfos e com densidades compatíveis com os respectivos tipos de vidros.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, processo 162622/2017-1 pelo apoio ao projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 Chiodi Filho, C, Rodrigues, E P. Guia de aplicação de rochas em revestimentos. Projeto Bula-Abirochas. 2009.118 p.
- 2 Peiter, CC,ChiodiFilho, C.Rochas ornamentais no século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras. Rio de Janeiro. CETEM/Abirochas.2001. 160p.
- 3 LABTECRochas.Rochas Ornamentais e de Revestimento. Definição, Classificação, Aplicações e a Importância da Caracterização Tecnológica. 2012. [acesso em 21jun. 2018]. Disponível em: <http://www.cpmtc-igc-ufmg.org/labtecrochas/index-51.html>
- 4 Prezotti, JCS. Resultados de monitoramentos de estações de tratamento deefluentes líquidos de indústrias de beneficiamento de mármore e granito implantadas nomunicípio de Cachoeiro de Itapemirim. In: Sesma– Seminário Estadual sobre Saneamento e Meio Ambiente, FAESA.2003.
- 5 Calmon, JL. Silva, SAC.Mármore e Granito no Espírito Santo: problemas ambientais e soluções. In: Domingues, AF,Boson, PHG,Alípaz, S. A gestão de recursos hídricos e a mineração. Brasília. Agência Nacional de Águas, Instituto Brasileiro de Mineração. 2006.199 a 231.

- 6 Akerman, M. Introdução ao vidro e sua produção. Escola do vidro. ABIVIDROS. 2000. [acesso em 18jun. 2018].Disponível em:
<http://www.certev.ufscar.br/documentos/arquivos/introducao-ao-vidro>
- 7 Luz, AB, Lins, FF. Areia Industrial. In: Rochas e Minerais Industriais. CETEM.2005. 107-126.
- 8 Nava, N. Geologia das Areias Industriais.In: Principais Depósitos Minerais do Brasil, Vol. IV, Rochas e Minerais Industriais, parte C, Cap.25, 1997. p.325-331.
- 9 Ainslie, NG, Mackenzie, JD,Turnbull, D.Cinética de Fusão do Quartzo e da Cristobalita. Phis. Chem. Glasses, 10: New York.1961
- 10 Harben, PW,Kuzvart, M. Silica. In: Industrial Minerals - global geology, industrial minerals information ltd, metal Bulletin, PLC, London.1996. p.352-364.
- 11 Scholze, H. Glass: Nature, Structure and Properties. Springer-Verlag, New York, 1991.