

## Isolantes térmicos produzidos a partir de vidro de garrafa reciclado

### RESUMO

**Mariana Dias de Mattos**  
[mari.diasm@hotmail.com](mailto:mari.diasm@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**Pollyane Márcia de Souto**  
[pollyanesouto@utfpr.edu.com](mailto:pollyanesouto@utfpr.edu.com)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

**OBJETIVO:** Sabendo-se que hoje a reciclagem é um dos principais meios para a redução efetiva de resíduos sólidos, no presente trabalho teve-se como objetivo a produção e caracterização de cerâmicos isolantes, utilizando-se como matéria-prima vidro de garrafas recicladas, argila vermelha e carbonato de cálcio como agente formador de poros. **MÉTODOS:** Foram preparadas dois tipos de amostras: um composto por vidro reciclado transparente (VGT) e outro por vidro reciclado colorido (VGC). As matérias-primas das composições formuladas foram misturas e compactadas uniaxialmente em prensa hidráulica com 30MPa de pressão e, posteriormente, cada grupo de amostra foi queimada em temperatura distinta (entre 750 e 850°C). Foram realizados ensaios de absorção de água, porosidade aparente, densidade aparente e compressão diametral das peças fabricadas, além de uma análise termogravimétrica (TGA) do carbonato de cálcio empregado. **RESULTADOS:** Os testes revelaram não haver distinções relevantes entre o VGT e o VGC e os resultados da TGA mostraram que o carbonato de cálcio estava próprio para o uso. Já o ensaio de compressão diametral evidenciou que a resistência mecânica das peças aumentou conforme a temperatura de queima foi elevada. **CONCLUSÕES:** As amostras não puderam ser classificadas como isolantes térmicos por apresentarem uma porosidade aquém a necessária.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vidro. Carbonato de cálcio. Porosidade.

## 1 INTRODUÇÃO

Hoje, assume-se de essencial relevância a busca pela redução da geração de resíduos poluentes. Para que sua reutilização seja viável comercialmente, pesquisas relacionadas à reciclagem tornam-se fundamental tanto em termos de custo/benefício, quanto para o resguardo do meio ambiente. Estima-se que no Brasil seja produzido quase 1 bilhão de toneladas por ano de vidro para embalagem, sendo que apenas 47% deste montante é reciclado. (CALDAS, 2012).

A fabricação de cerâmicas porosas se beneficia da indústria da reciclagem do vidro, já que para a sua fabricação pode-se utilizar materiais vítreos. Este tipo de cerâmica é muito utilizado como isolante térmico. Sua condutividade térmica reduzida é uma consequência da baixa condutividade térmica do ar encapsulado no interior dos poros, característica essencial da estrutura de tais compostos (ARCARO, 2016).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo a fabricação e caracterização de cerâmicas com porosidade adequada para a utilização como isolantes térmicos, a partir de vidro reciclado colorido e transparente, argila vermelha e carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) como agente formador de poros.

## 2 METODOLOGIA

Na condução do presente trabalho foram utilizadas, como matérias-primas, argila vermelha (cedida pela Cerâmica Palmeira, situada em Jataizinho/PR), carbonato de cálcio (proveniente da empresa J. Reminas Mineração LTDA) como agente formador de poros e, vidro de garrafa transparente (VGT) e vidro de garrafa colorida (VGC).

Primeiramente, os vidros foram triturados com martelo e, após secagem em estufa (Sterilifer) por 24h a  $100^\circ\text{C}$ , o material foi moído em moinho de jarros (Solab, SL34) em jarro de porcelana contendo bolas de alumina (6 horas, 150rpm). Utilizando peneira de 140mesh, peneirou-se o produto obtido e, em seguida, formulou-se 2 composições básicas de matérias-primas:

- Tipo 1: 60% de vidro de garrafa, 35% de argila vermelha, 5% de  $\text{CaCO}_3$ ;
- Tipo 2: 70% de vidro de garrafa, 25% de argila vermelha, 5% de  $\text{CaCO}_3$ .

Durante a mistura das matérias-primas foi adicionada uma pequena quantidade de água (5% em peso). Para cada tipo de vidro e para cada composição foram preparadas 6 amostras de 2g cada. Logo, fez-se um total de 24 amostras, divididas em 4 grupos: VGT1, VGT2, VGC1 e VGC2. Para uma homogeneidade adequada, as matérias-primas de cada composição foram misturadas em moinho de jarros (30 min, 150rpm). Em etapa posterior, estas foram compactadas pelo método de prensagem uniaxial de efeito simples, em matriz de aço por meio de prensa hidráulica, com pressão de 30MPa.

Posteriormente, mediram-se as dimensões das amostras (espessura e diâmetro) com o auxílio de paquímetro digital. Os corpos de prova foram, então, separados em 3 novos grupos, cada grupo formado por duas amostras da divisão anterior, ou seja, 2 amostras de VGT1, 2 amostras de VGT2, 2 amostras de VGC1 e 2 amostras de VGC2. Esses 3 grupos foram classificados em:  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Cada grupo foi submetido a uma temperatura T distinta de queima. O grupo  $\alpha$  foi

queimado à 750°C, enquanto que o grupo  $\beta$  à 800°C e o grupo  $\gamma$  à 850°C. A queima das amostras em forno (INTI, FE-1700) iniciou-se na temperatura ambiente em uma taxa de 5°C.min<sup>-1</sup> até atingir 150°C. Manteve-se nesta temperatura por 60 min, sendo esta elevada, também a uma taxa de 5°C.min<sup>-1</sup>, até T. Esta temperatura permaneceu constante por 30 min, sendo resfriada até a ambiente na taxa de 30°C.min<sup>-1</sup>.

Aferiram-se as dimensões das peças após o processo de queima (sinterização), assim como a massa destas. Em seguida, calculou-se, através da ABNT NBR ISO 5017:2015 (ABNT, 2015), a absorção de água, a densidade aparente e a porosidade aparente.

Para análise da resistência mecânica, realizou-se ensaio de compressão diametral (Time Group INC, WDW-100E) para algumas amostras selecionadas. Neste teste, a amostra foi posicionada na máquina de ensaio e comprimida a uma taxa de 0,5 mm.min<sup>-1</sup>.

Por fim, o carbonato de cálcio utilizado como matéria-prima foi analisado por meio de análise termogravimétrica (vazão de ar de 100 mL.min<sup>-1</sup>, com razão de aquecimento de 10°C.min<sup>-1</sup> até 1000°C; Shimadzu, TGA-51), a fim de se observar a perda de massa contínua do composto em função da temperatura de sinterização em que as amostras cerâmicas foram preparadas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios obtidos quanto à absorção de água, porosidade aparente, densidade aparente e retração diametral das amostras produzidas.

Tabela 1 – Relação das características das amostras após o processo de queima

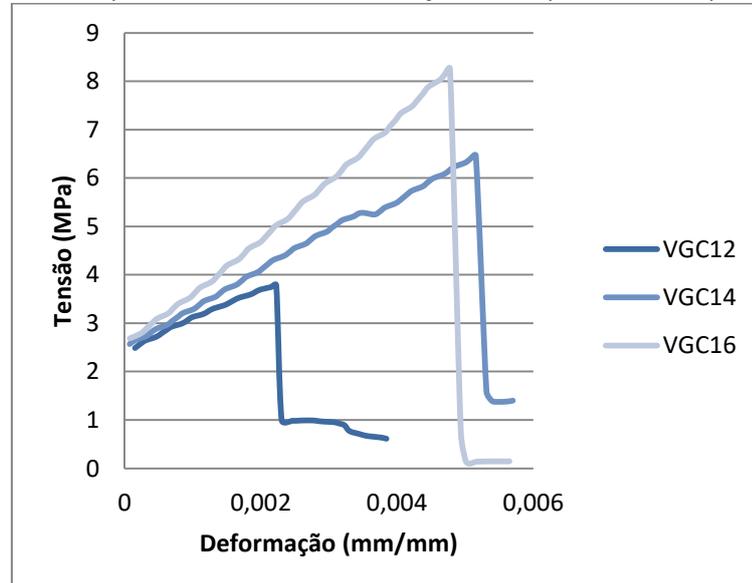
Amostra		Absorção de Água (%)	Porosidade Aparente (%)	Densidade Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Retração Diametral (mm)
VGC1	$\alpha$	12,83 ± 0,39	24,51 ± 0,64	1,91 ± 0,01	0,00 ± 0,00
	$\beta$	8,32 ± 0,28	16,79 ± 0,51	2,02 ± 0,01	0,18 ± 0,00
	$\gamma$	4,33 ± 0,17	9,27 ± 0,30	2,14 ± 0,01	0,34 ± 0,04
VGC2	$\alpha$	11,08 ± 0,47	21,68 ± 0,80	1,96 ± 0,01	0,15 ± 0,04
	$\beta$	3,77 ± 0,00	8,54 ± 0,00	2,26 ± 0,00	0,52 ± 0,04
	$\gamma$	1,02 ± 0,00	2,43 ± 0,00	2,38 ± 0,00	0,67 ± 0,00
VGT1	$\alpha$	14,08 ± 0,14	26,26 ± 0,21	1,87 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	$\beta$	10,35 ± 0,14	20,10 ± 0,29	1,94 ± 0,00	0,12 ± 0,00
	$\gamma$	6,17 ± 0,10	12,66 ± 0,18	2,05 ± 0,00	0,31 ± 0,00
VGT2	$\alpha$	11,03 ± 0,31	21,58 ± 0,58	1,96 ± 0,00	0,18 ± 0,00
	$\beta$	3,84 ± 0,46	8,63 ± 0,92	2,25 ± 0,03	0,58 ± 0,04
	$\gamma$	1,17 ± 0,32	2,73 ± 0,75	2,34 ± 0,01	0,71 ± 0,04

Fonte: Autoria própria (2017).

A absorção de água é um indicador, principalmente, do volume total de poros e do grau de queima. A baixa absorção de água constada nas análises foi consequência de uma estrutura de baixa porosidade, sendo que houve uma redução expressiva do montante de poros com o aumento da temperatura de queima, provocando um grau de densificação acentuado da cerâmica.

A temperatura de sinterização também tem um forte efeito na resistência à compressão das cerâmicas porosas, que aumenta com a redução da porosidade. Esse fenômeno pode ser notado no gráfico apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Comportamento tensão-deformação dos corpos cerâmicos produzidos



Fonte: Autoria própria (2017).

Durante a sinterização, o carbonato de cálcio se decompõe liberando dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que impede o fechamento dos poros, expandindo-os. Comumente, a liberação de gases se dá entre 700 e 900°C, com uma perda de massa total de 42%, dependendo  $\text{CaCO}_3$  empregado. Embora o  $\text{CaCO}_3$  impeça uma densificação excessiva da cerâmica, sua função é inutilizada em temperaturas que superem a sua temperatura máxima de decomposição. (ARCARO, 2016; DENARI, CAVALHEIRO 2012).

Observamos, que as amostras queimadas a 750°C apresentaram uma porosidade aparente média de 24%. Este valor deveria ser consideravelmente maior, por volta de 60%, uma vez que a 750°C há um pico de liberação de  $\text{CO}_2$ . Em uma primeira análise, considerou-se que a baixa porosidade poderia ser uma consequência do  $\text{CaCO}_3$  usado. Todavia, o resultado da análise termogravimétrica (TGA), mostrou que a decomposição do  $\text{CaCO}_3$  estava conforme o esperado (41,3%).

Ponderaram-se, portanto, três possíveis hipóteses para uma porosidade insatisfatória, sendo a terceira a mais considerada:

1) Liberação muito intensa de gases provocou uma expansão excessiva dos poros, afinando a parede dos mesmos e ocasionando sua ruptura. Isto poderia acarretar a coalescência, que gera labirintos no vidro e favorece a difusão do  $\text{CO}_2$  para o exterior da peça cerâmica;

2) Alta temperatura ou tempo de queima, proporcionou viscosidade muito baixa da fase vítrea, diminuindo a resistência da parede do poro e facilitando seu rompimento;

3) Massa cerâmica não atingiu a temperatura de transição vítrea do vidro, não obtendo uma viscosidade adequada para o encapsulamento do  $\text{CaCO}_3$  e o

---

consequente aprisionamento  $\text{CO}_2$ . Isto proporcionou a difusão do gás para o exterior da peça cerâmica. Em baixas viscosidades, o coeficiente de difusão é maior (ARCARO, 2016; POKORNY, 2011 ).

#### **4 CONCLUSÃO**

Os resultados evidenciaram que a porosidade obtida nas cerâmicas produzidas não é adequada para caracterizá-las como um isolante térmico. Já o ensaio de compressão diametral mostrou que a resistência mecânica aumentou conforme a temperatura de queima das amostras foi elevada. Por fim, concluiu-se que das características analisadas não houve distinções relevantes quanto ao tipo de vidro, colorido ou transparente, ou quanto à quantidade de vidro utilizado na massa cerâmica.

## Thermal insulation produced from recycled bottle glass

### ABSTRACT

**OBJECTIVE:** Knowing that today recycling is one of the main means for the effective reduction of solid waste, In the present work the objective was the production and characterization of ceramic insulation, using as raw material glass of recycled bottles, red clay and calcium carbonate as pore forming agent. **METHODS:** Two types of samples were prepared: one composed by transparent recycled glass (VGT) and another by colored recycled glass (VGC). The raw materials of the formulated compositions were mixtures and uniaxially packed in hydraulic press with 30 MPa of pressure and, subsequently, each sample group was burned at a different temperature (between 750 and 850°C). Water absorption, apparent porosity, apparent density and diametrical compression tests of the manufactured samples were performed, as well as a thermogravimetric analysis (TGA) of the calcium carbonate used. **RESULTS:** The tests revealed no significant differences between VGT and VGC and TGA results showed that calcium carbonate was suitable for use. The diametrical compression test showed that the mechanical strength of the pieces increased as the firing temperature was increased. **CONCLUSIONS:** The samples could not be classified as thermal insulation because they have porosity far below the required.

**KEYWORDS:** Glass. Calcium carbonate. Porosity.

---

## REFERÊNCIAS

ARCARO, S. et al. Isolantes térmicos produzidos a partir de resíduos sólidos industriais. **Revista Cerâmica**, n. 62, p. 32-37, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0366-69132016000100006&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0366-69132016000100006&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 15 ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **ABNT NBR ISO 5017:2015**: Produtos refratários conformados densos - Determinação da densidade de massa, porosidade aparente e porosidade real. Rio de Janeiro, 2015.

CALDAS, T. C. C. **Reciclagem de resíduo de vidro plano em cerâmica vermelha**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 2012. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Dissertação-Reciclagem-de-Resíduo-de-Vidro-Plano-em-Cerâmica-Vermelha.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

DENARI, G.B.; CAVALHEIRO, E.T.G. **Princípios e aplicações de análise térmica**. USP: São Paulo, 2012. Disponível em: <[www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/.../GabrielaBuenoDenari\\_Revisado\\_Anexo.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/.../GabrielaBuenoDenari_Revisado_Anexo.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2017.

POKORNY, A. **Aditivação por óxidos de agente espumante à base de calcário dolomítico sintético e seu efeito na formação da microestrutura de espumas vítreas a partir de resíduo de vidro sodocálcico**. 2011. 107f. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/38963>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

**Recebido:** 31 ago. 2017.

**Aprovado:** 02 out. 2017.

**Como citar:**

MATTOS, M. D.; SOUTO, P.M. isolantes térmicos produzidos a partir de vidro de garrafa reciclado. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Mariana Dias de Mattos  
Rua Moreira Cabral, número 430, Jardim Londrilar, Londrina, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:**

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

