

APROVEITAMENTO DE VIDRO DE EMBALAGEM PÓS-CONSUMO EM CERÂMICA VERMELHA*

Geovana Carla Girondi Delaqua¹
Verônica Quirino Jardim²
Carlos Maurício Fontes Vieira³

Resumo

Os resíduos de componentes industrializados, regularmente descartados pela sociedade, estão contribuindo cada vez mais para a poluição ambiental, como o vidro de embalagem pós-consumo. Uma possível solução poderia ser sua incorporação em um corpo de argila para fabricar cerâmicas comuns para a construção civil. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da incorporação deste resíduo, até 30% em diferentes tamanhos de partículas, em propriedades tecnológicas do corpo argiloso utilizado na fabricação de tijolos e telhas. Os corpos de prova foram prensados uniaxialmente a 25 MPa e queimados a 900°C. As propriedades tecnológicas foram avaliadas em termos de absorção de água, retração linear e resistência à ruptura. Os resultados indicaram que a incorporação de resíduos melhorou tanto a absorção de água da cerâmica quanto a resistência mecânica. Por fim, este trabalho indicou que a produção de tijolos cerâmicos é uma alternativa viável e tecnicamente vantajosa para a reciclagem desse tipo de resíduo, trazendo também benefícios reais para a qualidade da cerâmica.

Palavras-chave: Resíduo; Vidro; Cerâmica; Reutilização.

USE OF POST-CONSUMPTION PACKAGING GLASS IN A RED CERAMICS

Abstract

Industrialized component wastes, regularly discarded by the society, are increasingly contributing to environmental pollution, such as post-consumption packaging glass. A possible solution could be its incorporation into a clay body to fabricate commonly fired ceramics for civil construction. The objective of this work is to evaluate the effect of the incorporation of this waste, up to 30wt.% at different particle sizes, in technological properties of the clayey body used to fabricate bricks and roofing tiles. This glass powder was tested for optical dilatometry. Specimens were uniaxially pressed at 25 MPa and fired at 900°C. The technological properties were evaluated in terms of water absorption, linear shrinkage, and flexural rupture strength. The results indicated that waste incorporation improved both ceramic water absorption and mechanical strength. Finally, this work indicated that clay brick production is a viable and technically advantageous alternative for recycling this type of waste, also bringing real benefits to the quality of ceramics.

Keywords: Waste; Glass; Ceramic; Reuse.

¹ *Bióloga, Mestre e Doutoranda em Engenharia e Ciência dos Materiais, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV, UENF, Campos dos Goytacazes-RJ.*

² *Graduanda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Laboratório de Materiais Avançados LAMAV, UENF, Campos dos Goytacazes- RJ.*

³ *Professor titular, Laboratório de Materiais Avançados - LAMAV, UENF, Campos dos Goytacazes-RJ*

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o aumento na quantidade de resíduos gerados pelas atividades industriais, urbanas e agrícolas tem causado preocupações relacionadas à disposição final dos resíduos [1,2]. Devido às exigências de órgãos ambientais, as indústrias vêm buscando alternativas para a disposição correta dos resíduos sólidos gerados [3], visto que são difíceis de serem reciclados naturalmente, e o descarte de forma incorreta pode causar graves problemas ambientais.

Sendo o vidro um material 100% reciclável, pode ser reutilizado ou também aplicado em outros materiais. Segundo o Compromisso Empresarial Para Reciclagem - CEMPRE [4], o Brasil produz em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, utilizando cerca de 50% de matéria-prima reciclada na forma de cacos. A reutilização de embalagens pode contribuir diretamente para a preservação do meio ambiente, pois além de consumir menos matéria-prima e energia, evita a emissão de CO₂.

Mesmo sendo totalmente reaproveitada, segundo dados da Associação Técnica Brasileira das Indústrias automáticas de vidro – ABIVIDRO [5], ainda é baixo o índice de reciclagem de vidro, isto se dá devido o alto custo do transporte e da coleta.

A incorporação de resíduos de atividades industriais em produtos cerâmicos é uma alternativa viável, pois além de reduzir impactos ambientais gerados pela utilização de recursos naturais [6], ocorre o reaproveitamento de resíduos como matéria-prima, além de proporcionando melhores propriedades às peças. Como as massas utilizadas na indústria cerâmica tradicional são de natureza heterogênea, a incorporação de materiais residuais de vários tipos é permitida, mesmo em porcentagens significantes [7]

Além da possibilidade de dar um destino ambientalmente correto para este tipo de resíduo, Teixeira et al., [8] afirmam que a adição de vidro em cerâmica vermelha provoca um aumento nos teores de óxidos fundentes, responsável pela formação da fase líquida e pela densificação das massas cerâmicas durante o processo de queima, aumentando a resistência mecânica e reduzindo a absorção de água, corroborando os resultados obtidos. Desta forma, este trabalho tem como objetivo encontrar uma aplicação útil e ambientalmente viável às embalagens de múltiplo-uso, avaliando a influência da incorporação do pó de vidro em diferentes granulometrias nas propriedades físico-mecânica de uma massa argilosa utilizada na produção de cerâmica vermelha.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

As matérias-primas utilizadas neste trabalho foram uma massa argilosa contendo 25% de argila vermelha e 75% de argila amarela, e vidro de embalagem múltiplo-uso.

A argila vermelha é proveniente de Itaboraí - RJ e a amarela de Campos dos Goytacazes - RJ, ambas foram cedidas pela empresa Arte Cerâmica Sardinha localizada no município de Campos dos Goytacazes. As embalagens múltiplo-uso foram coletadas em uma recicladora – RECICAMPOS, no município de Campos dos Goytacazes- RJ

Inicialmente a argila foi seca e beneficiada por peneiramento em 40 mesh. Os vidros de embalagem foram quebrados com o auxílio de um triturador, e posteriormente colocados em moinho de bolas para a obtenção da granulometria desejada. O tempo da moagem variou conforma a granulometria utilizada.

Foram elaboradas composições com incorporação do resíduo em massa argilosa nos seguintes percentuais: 10, 20, 30% em peso de cada granulometria estudada (40, 100, 200 e 325 mesh). A massa 0%, sem adição de resíduo foi utilizada como referência. A Tabela 1 apresenta as composições estudadas neste trabalho.

Tabela 1. Formulações estudadas no trabalho

Proporção de vidro em argila	Granulometrias (mesh)			
	40	100	200	325
0%	X	-	-	-
10%	X	X	X	X
20%	X	X	X	X
30%	X	X	X	X

Após preparadas, as composições foram homogeneizadas a seco em um moinho durante 20 minutos. Em seguida, as massas foram umidificadas com 8% em peso de água e acondicionadas em sacos plásticos por 24h para uniformização da umidade. Foram confeccionados corpos de prova com 25x115 mm por prensagem uniaxial a 25 MPa, que foram secos em estufa a 110°C por 24 horas. Os corpos de prova foram queimados em forno de laboratório tipo mufla na temperatura de 900°C, taxa de aquecimento de 2°C/min e isoterma de 180 minutos na temperatura de patamar. O resfriamento foi por convecção natural, desligando o forno. Após a queima, foram determinadas as propriedades físicas e mecânica: absorção de água, retração linear e tensão de ruptura à flexão.

A retração linear das peças queimadas (RL) foi determinada de acordo com a norma por meio da Equação 1:

$$Rlq = \left(\frac{L_s - L_q}{L_s} \right) * 100 \quad (1)$$

Onde L_s representa o comprimento do corpo de prova após conformação e secagem e L_q representa o comprimento do corpo de prova após queima.

O ensaio de absorção de água (AA) foi realizado de acordo com a norma NBR 15270-17 [9]. Neste ensaio, foi medida a massa dos corpos de prova queimados, e em seguida foram colocados em um recipiente com água fervente, onde foram mantidos por 2 horas. Em seguida, a água superficial de cada peça foi retirada e registrou-se a massa dos corpos de prova. Os valores foram calculados por meio da Equação 2:

$$AA = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) * 100 \quad (2)$$

Onde AA é a absorção de água em % de água absorvida; M_s a massa seca (g); M_u a massa úmida (g) das peças saturadas em água.

O ensaio de tensão de ruptura à flexão em três pontos (σ) foi realizado de acordo com a norma ASTM C674-77 [10]. A carga aplicada pelo cutelo superior tem velocidade de 1mm/min e a distância entre os cutelos de apoio é de 90 mm. A tensão foi calculada com auxílio da Equação 3:

$$\sigma = \frac{3 * F * L}{2 * b * d^2} \quad (3)$$

Onde σ é a tensão de ruptura à flexão (MPa); P é a carga aplicada no corpo de prova no momento da ruptura (N); L é a distância entre os cutelos de apoio (mm); b é a largura do corpo de prova (mm); e d é a espessura do corpo de prova (mm).

3 Resultados e discussão

Na Tabela 2 são apresentadas as composições químicas das argilas vermelha de Itaboraí e amarela de Campos dos Goytacazes, e do vidro. Observa-se que os óxidos predominantes em ambas argilas são a sílica (SiO_2) e a alumina (Al_2O_3), que são na sua maioria combinados para formar o silicato de alumínio, como a mica muscovita e a caulinita. [11]. Observa-se que o teor de Fe_2O_3 é alta, o que confere uma coloração avermelhada às peças após a queima. Também é possível observar um valor considerável da perda ao fogo. A alta perda ao fogo indica uma grande quantidade de minerais argilosos, pois está principalmente associada à desidroxilação da caulinita [12, 13].

Nesta mesma tabela, é apresentada a composição química do vidro, onde é possível observar que o óxido predominante é SiO_2 , que é responsável por formar a fase vítrea, com presença significativas de Na_2O e CaO . Nota-se ainda uma quantidade moderada de Fe_2O_3 . A presença de K_2O , que é um agente de fluxo,

contribui para a formação de fases líquida, responsáveis por fechar a porosidade e melhorar as propriedades tecnológicas.

Tabela 2. Composição química das argilas e do vidro

Componente	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	TiO ₂	PF*
Argila Vermelha	24,29	0,12	6,36	1,69	0,97	<0,05	<0,05	0,08	56,85	1,02	8,54
Argila Amarela	21,40	0,40	7,37	2,42	1,17	0,12	0,59	0,17	57,60	1,07	7,69
Vidro	2,40	8,45	1,25	0,30	2,45	-	14,00	0,05	72,00	0,20	2,80

Na Figura 1 são apresentados os valores médios e desvio padrão da retração linear dos corpos de prova queimados a 900°C. Observa-se que a retração linear aumentou de acordo com o aumento de resíduo incorporado. A retração linear é consequência do processo de sinterização que ocorre através do agrupamento de moléculas que compõem a cerâmica com o aumento de temperatura, ocorrendo a diminuição de poros, diminuindo então suas dimensões[14].

A recomendação para queima de cerâmica vermelha é que a retração máxima não ultrapasse 2% [15]. Analisando a mesma Figura, somente a massa padrão (0%), e a massa com incorporação de resíduo na granulometria de 40 mesh atenderiam a recomendação.

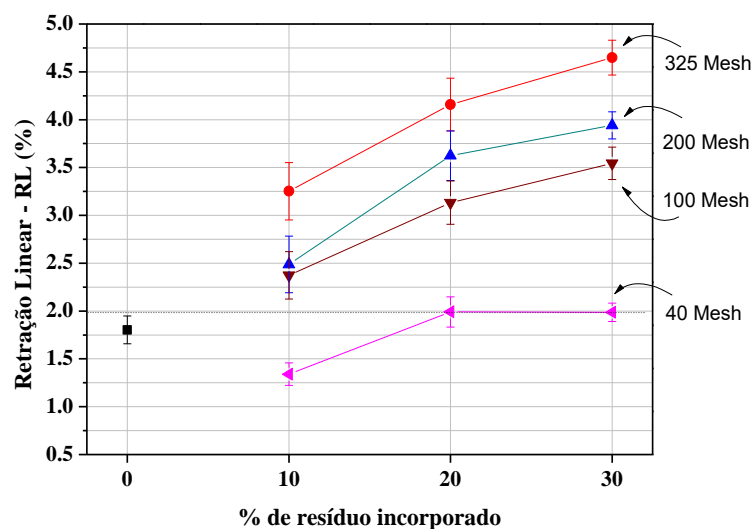


Figura 1. Retração linear em função do teor de resíduo incorporado

A Figura 2 apresenta os resultados da absorção de água das cerâmicas queimadas nas composições estudadas. É possível observar, comparando com a massa referência, que em todas as formulações estudadas, com aumento da incorporação de resíduo houve uma diminuição na absorção de água. Nota-se uma menor absorção na composição com 30% de resíduo na granulometria 325mesh,

que foi de 6,5%. Os óxidos alcalinos e alcalinos terrosos presentes no resíduo são importantes para cerâmica devido à formação de fase líquida durante a sinterização, ocasionando o preenchimento dos poros existentes, ocorrendo então uma redução na absorção de água.

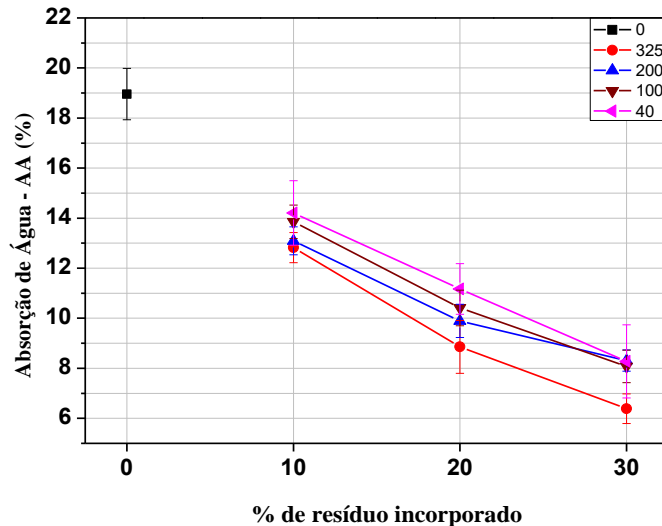


Figura 2. Absorção de água em função do teor de resíduo de vidro incorporado

Na Figura 3 são apresentados os resultados da resistência de ruptura à flexão por três pontos. Analisando o gráfico, em comparação com a massa padrão (0%), é possível observar ocorreu um aumento da resistência mecânica das peças à medida que se aumentou a quantidade e a granulometria do resíduo incorporado. Considerando a barra de erro, esse valor chegou a 16,5MPa na massa com maior percentual de resíduo (30%) e granulometria mais fina (325mesh).

A incorporação do resíduo à massa cerâmica melhorou a resistência mecânica da cerâmica, provavelmente devido à formação de fase líquida do resíduo, proporcionando melhorias nas propriedades mecânicas através do fechamento dos poros. Com a incorporação do resíduo houve um aumento na resistência da peça, quando comparado com a massa padrão.

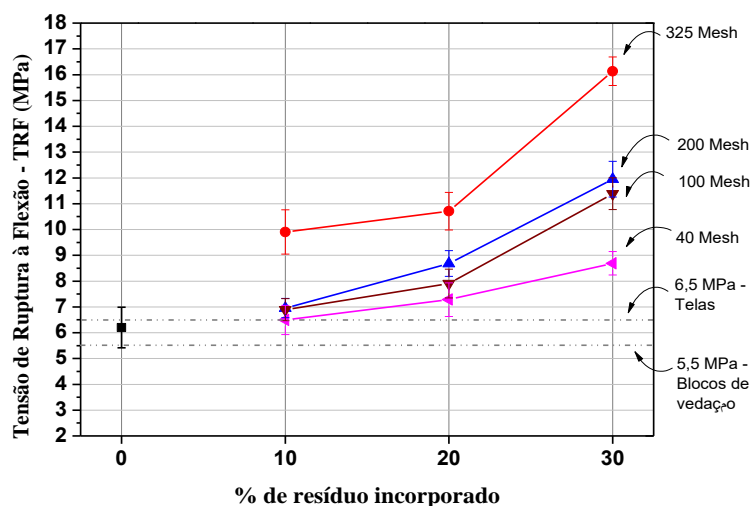


Figura 3. Tensão de ruptura a flexão em função do teor de resíduo de vidro incorporado

Em conformidade com o recomendado por Santos [16], todas as massas estudadas atendem a recomendação para a produção de tijolos (2MPa), blocos (5,5MPa) e telhas (6,5MPa).

4 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, é possível concluir que o de vidro apresenta grande potencial para ser reaproveitado em cerâmica vermelha, pois apresenta grande quantidade de SiO_2 , seguido por Na_2O e CaO , que contribuem para a diminuição da temperatura de queima das cerâmicas.

Foi observado que na temperatura investigada, a adição do resíduo, em todas as composições e granulometrias, diminuiu a absorção de água, aumentou a retração linear e resistência à ruptura das peças, quando comparado a uma massa padrão (0%), que foi preparada e queimada sob as mesmas condições.

Com isso, conclui-se então que o vidro apresenta grande potencial para ser reaproveitado em cerâmica vermelha, pois além de contribuir para a melhoria das propriedades das peças, é uma alternativa para a economia matéria-prima, contribuindo então para preservação ambiental, já que o vidro lançado na natureza não é reciclado naturalmente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à ArtCerâmica Sardinha, à REICAMPOS e à FAPERJ proc. nº E-26/202.773/2017.

REFERÊNCIAS

- [1] Monteiro SN, Alexandre J, Margem JI, Sanchez R, Vieira CMF. Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic. *Construction and Building Materials* (2008) 22, p.1281-1287.
- [2] Tallini Jr, VMT, Mymrine V, Ribeiro RAC, Ponte HA. Reciclagem de Resíduos Industriais em Materiais Cerâmicos. In: 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Anais eletrônicos. Salvados. BA. (2007)
- [3] Moraes ASC, Caldas TCC, Monteiro SN, Vieira CMF. Characterization of fluorescent lamp glass waste powder, *Mater. Sci. Forum* (2013) 727-728, 1579-1584.
- [4] CEMPRE - Compromisso Empresarial Para Reciclagem - O mercado para reciclagem - <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>. Acessado em janeiro de 2019.
- [5] ABVIDRO - Associação Brasileira das Industrias Automáticas de Vidro - Benefícios da reciclagem do vidro, disponível em: Acessado em janeiro /2019.
- [6] Vieira CMF, Monteiro SN. Incorporation of solid wastes in red ceramics – an updated review, *Rev. Materia -RJ* (2009) 14, 3- 881-905.
- [7] Oliveira EMS, Machado SQ, Holanda JNF. Caracterização De Resíduo (Lodo) Proveniente De Estação De Tratamento De Águas Visando A Sua Utilização Em

- Cerâmica Vermelha. Revista Cerâmica Industrial (Abceram) (2004) N° 50, P. 324-330.
- [8] Teixeira SR, Costa FB, Souza AE, Santos GTA. Reuse of glass cullet as aggregate for red ceramic clays. Revista Ciências Exatas – Universidade de Taubaté (UNITAU) (2008), vol. 2, n. 1.
- [9] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas- NBR 15270 (2017). Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1 : Requisitos.
- [10] ASTM - American Society for Testing and Materials - C674-77 (1977). Flexural properties of ceramic whiteware Materials.
- [11] Gonzalez JA, Carreras AC, Ruiz MC. Phase transformations in clay and kaolins produced by thermal treatment in chlorine and air atmospheres. Latin American Applied Research (2007) v. 37, p. 133-139.
- [12] Monteiro SN, Alexandre J, Margem JI, Sánchez R, Vieira CMF. Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic. Construction and Building Materials (2008) 22(6); 1281-1287.
- [13] Vieira CMF, Soares TM, Sánchez R, Monteiro SN. Incorporation of granite waste in red ceramics. Materials Science and Engineering: A. (2004) 373(1–2); 115-121.
- [14] Jung M, Camisa IS, Albanaz I, Pereira SLS, Cargin M. Comparativo entre diferentes métodos de determinação da Retração linear de placas cerâmicas. Rev. Técnico Científica (IFSC) (2012) v. 3, n. 1.
- [15] Más E. Qualidade e tecnologia em cerâmica vermelha. São Paulo: Editora Pólo Produções Ltda, (2002)
- [16] Santos PS. Ciência e Tecnologia das Argilas. 2. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher (1989) 408.91p.