

Redução de passivo ambiental a partir da confecção de cerâmica vermelha da região de Jacobina-Ba utilizando resíduo vidro de lâmpadas fluorescente

(“Reduction of environmental starting from the manufacture of red ceramic from the Jacobina-Ba region using fluorescent lamp glass residue”)

Santos, V.S.¹; C. Santos, P.M.¹; Nascimento, C.S.¹; Zogheib, F.F.¹; Costa, J.M.¹.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
Avenida Centenário, 500. Nazaré. 44.700-000. Jacobina-Ba.
jonei.costa@ifba.edu.br

Resumo

O descarte inadequado de lâmpadas fluorescente pode promover degradação ambiental e riscos de contaminação humana, entretanto não é comum observar pontos de coletas de tais resíduos disponíveis em cidade de pequeno ou médio porte na Bahia. Tal situação pode ser mitigada com sistemas de reuso local, de modo simples e com baixo custo. O presente estudo investigou a capacidade deste resíduo ser adicionado a massas cerâmicas, para tanto foi desenvolvido um planejamento experimental de mistura com dois fatores e os corpos de prova prensados à 2t forma queimados a 800 e 900°C. A caracterização por DRX e FRX, permitiu identificar o resíduo com um material amorfo contendo sílica. Os ensaios de absorção de água, porosidade aparente e resistência a flexão, indicou que a concentração de resíduo adicionado à massa cerâmica deva ser de no máximo 30%.

Palavras chave: vidro, resíduo, cerâmica, reciclagem

Abstract

The inadequate disposal of fluorescent lamps may promote environmental degradation and risks of human contamination, however it is not common to observe points of collection of such residues available in small or medium size city in Bahia. Such a situation can be mitigated with local reuse systems, simply and inexpensively. The present study investigated the ability of this residue to be added to ceramic masses, for which an experimental design of two-way mixing was developed and the specimens pressed at 2 t were burnt at 800 and 900°C. The characterization by XRD and XRF allowed to identify the residue with an amorphous material containing silica. The water absorption, apparent porosity and flexural strength tests indicated that the concentration of residue added to the ceramic mass should be at most 30%.

Keywords: glass, waste, ceramics, recycling

INTRODUÇÃO

No Brasil, os problemas relacionados ao gerenciamento dos resíduos industriais, e a gestão dos resíduos domiciliares são antigos, e atualmente representa uma preocupação nacional, tanto para os órgãos ambientais Federais, Estaduais e Municipais quanto para o setor empresarial. Com vistas a normatizar os procedimentos de destino de resíduos, em 2010 foi aprovada pelo plenário da Câmara dos Deputados, substitutivo ao Projeto de Lei nº 203/91 do Senado, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, impondo obrigações aos empresários, aos governos e aos cidadãos, no gerenciamento de resíduos, sobretudo aqueles provenientes de lâmpadas fluorescentes.

Dos resíduos gerados pelas lâmpadas fluorescentes, o bulbo de vidro de uma lâmpada apresenta 70% da massa total de uma lâmpada de vapor de mercúrio. O chumbo, presente no vidro, excede os limites estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais. Logo, esse resíduo é classificado como perigoso, ou seja, um resíduo de Classe I. O pó de fósforo, que representa 2% da massa total de uma lâmpada fluorescente, contém mercúrio e cádmio.

A reciclagem das lâmpadas diz respeito ao processo de recuperação de elementos presentes nestas. As técnicas para tratamento de lâmpadas pós-consumo são de conhecimento desde a década de 70 na Suécia, porém atualmente países na Europa, EUA, Japão e Brasil utilizam-se de diversos sistemas reciclagem para as lâmpadas. Um processo típico de reciclagem inclui desde um competente serviço de informação e esclarecimentos junto aos geradores de resíduos, explicitando como estes devem ser transportados para que não ocorra a quebra dos bulbos durante o seu transporte, até a garantia final de que o mercúrio seja removido dos componentes recicláveis e que os vapores de mercúrio serão contidos durante o processo de reciclagem.

Como esse trabalho teve o objetivo de utilizar o vidro proveniente dos resíduos das lâmpadas fluorescente para confecção peças cerâmicas comuns com auxílio de planejamento de experimento.

Em uma mistura, a quantidade total se mantém constante, com variação dos componentes da mistura. Se a quantidade total é mantida constante, o valor da resposta varia quando mudanças são feitas nas proporções relativas dos componentes, conforme apresentado na Equação A, onde x_i representa a proporção do i -ésimo componente. [4] [5].

$$\sum_{i=1}^q X_i = X_1 + X_2 + \dots + X_q = 1,0 \quad (A)$$

E um sistema de misturas e respostas é representado matricialmente na forma da Equação B:

$$\hat{Y} = X.b \quad (B)$$

onde \hat{Y} e b são as matrizes contendo os valores previstos pelo modelo para y e as estimativas dos parâmetros, respectivamente. X representa a matriz de composição das misturas, sendo assim, os parâmetros b são calculados resolvendo-se apenas uma equação matricial C, exibida na Equação C.

$$X^t.Xb = X^t.y \quad (C)$$

A aplicação das matrizes X e y será obtida a solução geral para o ajuste de um modelo por mínimos quadrados, não importando quantos sejam as observações ou quantos parâmetros sejam necessários para caracterizar o modelo. [1], [3].

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o resíduo das lâmpadas fluorescentes do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias da Bahia, campus Jacobina. As lâmpadas foram fragmentadas em ambiente umidificado de lacrado, onde as resíduo fragmentado foi peneirado para remover a porção mais fina, chamada de pó de lâmpada e o vidro das lampas foram lavados em água corrente. O pó de vidro lavado foi utilizado para confecção de corpos de prova cerâmico. A água da lavagem foi direcionada para descarte de efluentes contaminados.

Os corpos cerâmicos foram produzidos com argila proveniente da região de Jacobina-Ba, esta argila foi seca e pulverizada até ser 100% passante em peneira de 74 μ m.

Para obter o padrão de misturas entre o resíduo e a argila, foi utilizado a metodologia de planejamento de mistura com dois componentes, sendo que a proporção de argila variou entre 70 à 95 % e as proporções de resíduo de 5 à 30%. Foi produzido também corpos de prova com 100% de argila. Como resultado foi obtido as proporções exibidas na Tabela I. Cada corpo de prova foi produzido em triplicata, sendo prensado com 2 t de maneira manual e submetido a secagem à 60°C por 24 horas antes da queima às temperaturas de 800 e 900 °C por 3 h. Os corpos cerâmicos foram submetidos aos ensaios de absorção de água, porosidade aparente e resistência mecânica por flexão. [4].

Tabela I: Planejamento experimental.

Argila (%)	Resíduo (%)
70%	30%
60%	40%

80%	20%
50%	50%
90%	10%

Com todos os corpos-de-prova foram secos e queimado, e tiveram suas dimensões mensuradas (comprimento, largura e espessura) com paquímetro de resolução de 0,05 mm, e foram pesadas suas massas em uma balança digital de 0,01g. A densidade aparente dos corpos-de-prova, utilizou o método por empuxo de água à uma temperatura ambiente e a absorção de água com corpo-de-prova imerso em água por 24 h.

A Equação D foi utilizada para calcular a retração linear, onde: V_i é o volume inicial antes da queima e V_f é o volume após a queima [5]:

$$R_l = \left[1 - \left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 100 \quad (D)$$

A resistência a flexão foi obtida utilizando a Equação E, onde: F é a força máxima na fratura (N), d é a distância entre os apoios de suporte (50 mm), l é a largura e h é a espessura do espécime (mm).

$$R_f = \frac{3 \cdot F \cdot d}{2 \cdot l \cdot h^2} \quad (E)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A difração de raios-x da argila é exibida na Figura 2, onde foi identificado a presença de quartzo, caulinita e halloysita, como os principais constituintes mineralógicos da argila desta jazida.

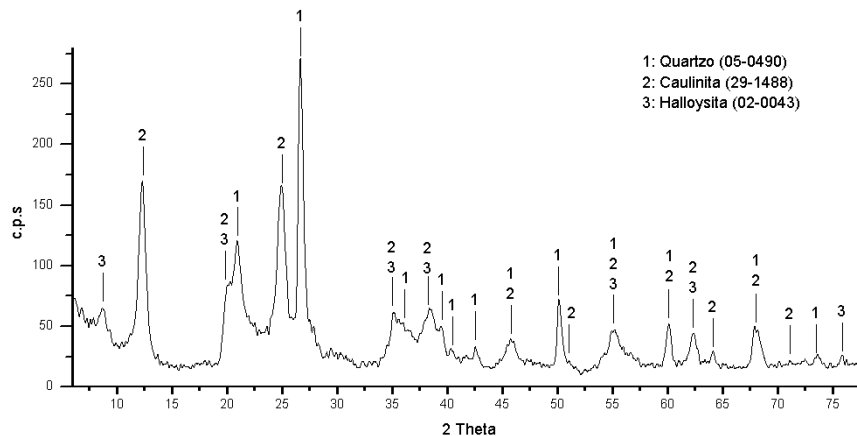


Figura 1. Difração de raios-x da argila de Jacobina-Ba.

A composição química da argila e do resíduo são mostrados na Tabela I, pode ser percebido que os principais constituintes da massa cerâmica são a sílica, alumínio, sódio e ferro, sendo o sódio é proveniente do resíduo de vidro. Esta peculiaridade do resíduo deve proporcionar menor temperatura de fusão à massa cerâmica

Tabela 2: Composição química do vidro de lâmpadas fluorescente e argila.

Elementos	Concentração (%)	
	Resíduo de vidro	Argila
SiO ₂	65,19	50,48
Al ₂ O ₃	3,07	38,26
Fe ₂ O ₃	0,57	5,07
MgO	4,7	2,2
K ₂ O	0,72	1,55
Cl	0,09	0,73
Na ₂ O	15,5	0,6
TiO ₂	0,32	0,57
CaO	8,32	0,18
SO ₃	0,41	0,16
Cr ₂ O ₃	*	*
NiO	*	*
CeO ₂	0,18	*
P ₂ O ₅	0,45	*
PbO	0,25	*

A difração de raios-x do resíduo de vidro é exibido na Figura 2, apresenta características de material amorfo, com picos característicos de sílica, este comportamento é esperado, visto que a composição de tal resíduo é obtida por um grande conjunto de materiais fragmentados contendo vidro.

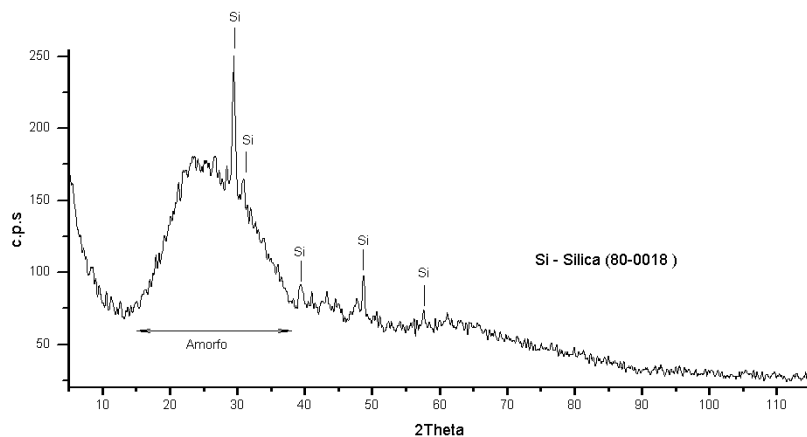


Figura 2: Difração de raios-x do vidro de lâmpada fluorescente.

A relação entre a porosidade aparente e a concentração de resíduos pode ser visualizada na Figura 3, pode ser percebido que a porosidade é reduzida à medida que se adiciona resíduos de vidro, isto é decorrente do aumento de fases líquida formadas pelo resíduo, visto que há grande quantidade de sódio, que é um material fundente. Entretanto com adição de 20% de resíduo e temperatura de queima foi possível obter a menor porosidade.

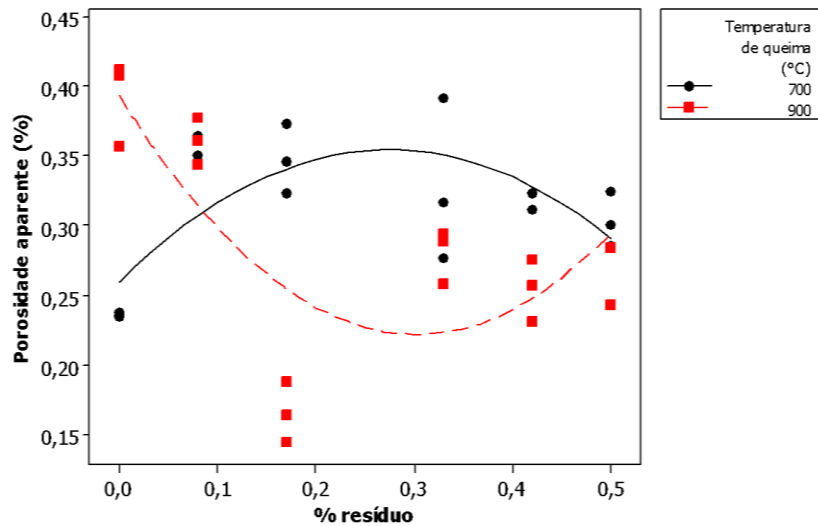


Figura 3. Porosidade aparente em relação a concentração de resíduo.

A absorção de água está intimamente relacionada a porosidade aparente, desta forma, pode ser observado na Figura 4, que a absorção de água cai com a adição de resíduo e com o aumento da temperatura de queima há redução da absorção de água é mais acentuada.

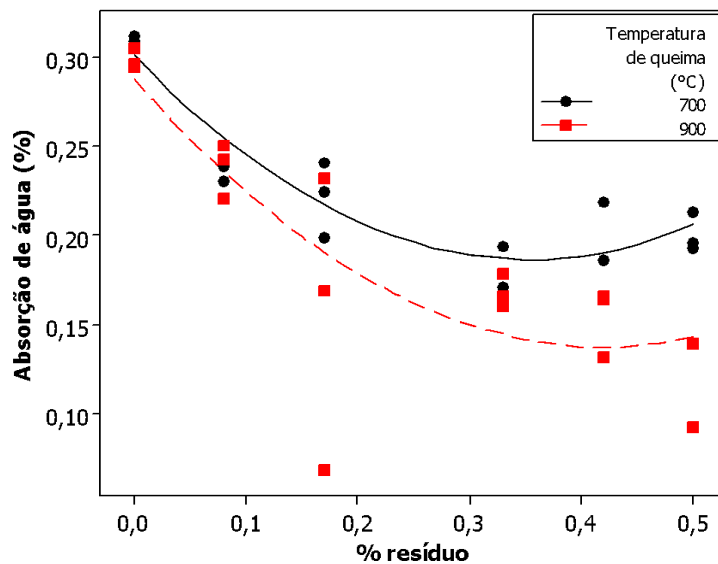


Figura 4. Relação entre absorção de água e concentração de resíduos.

A retração linear exibe um comportamento divergente da porosidade aparente e absorção de água, é percebido que com a adição de resíduo de lâmpadas, há aumento na retração linear, isto se deve justamente ao fato da formação de fase líquida que reduz a porosidade e consequente preenche os poros promovendo redução nas médias das peças após a queima. Desta forma, quanto maior o volume de fase líquida, maior a retração.

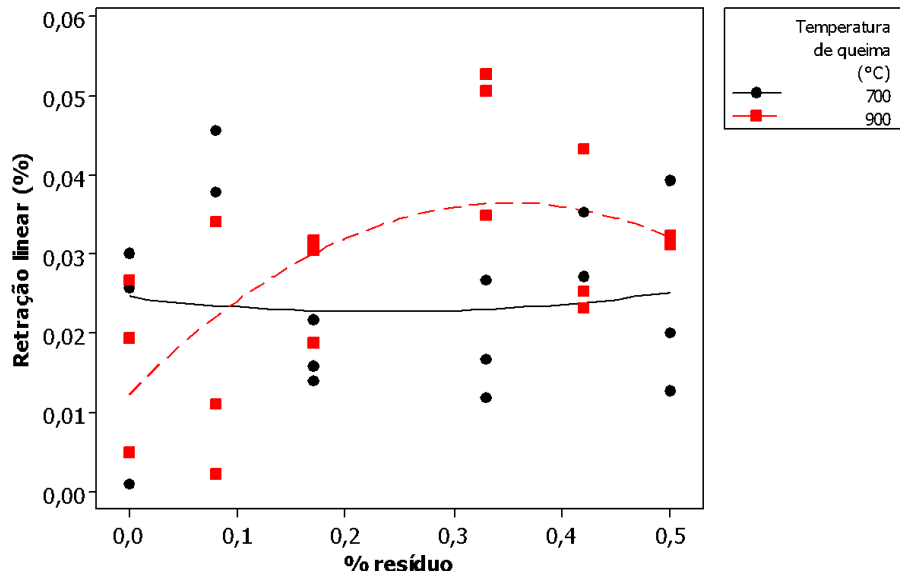


Figura 5. Retração linear em função da concentração de resíduo.

A resistência a flexão é observada na Figura 6, pode ser percebido que a resistência não possui um comportamento linear em relação a concentração de resíduos. Com a adição de até 30% há incremento na resistência à flexão para temperatura de queima a 800 e 900°C, mas quando a concentração passa este valor, à queda na resistência.

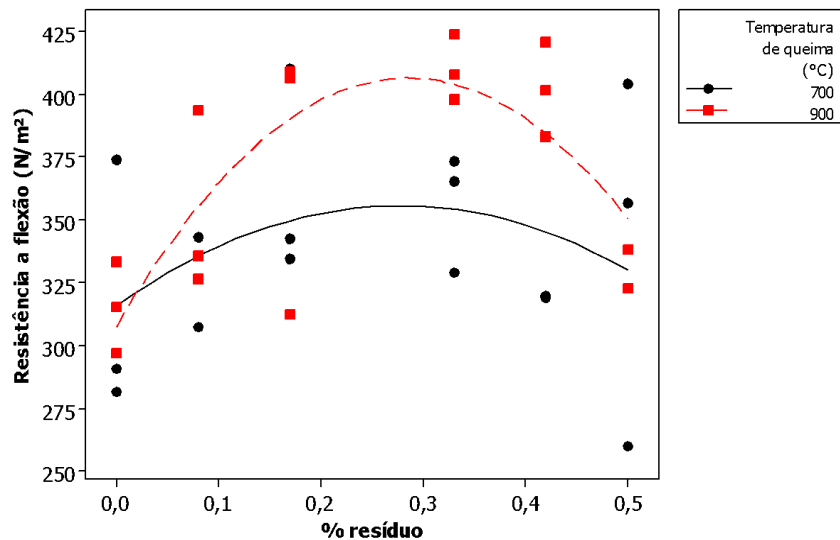


Figura 6. Resistência a flexão em função da concentração de resíduos

A relação entre a porosidade aparente, retração linear e resistência a flexão, apresentado na como superfície de resposta na Figura 7, demonstra que a resistência a flexão será tanto maior quanto menor for a porosidade aparente, a contribuição da retração linear não é linear, visto que se há uma redução muito intensa da retração há redução da resistência, bem como quando há aumento da retração, também há redução na resistência, desta forma a retração linear deve esta compreendida entre 2 à 3% para garantir a melhor resistência a flexão, isto para qualquer uma das temperaturas estudadas.

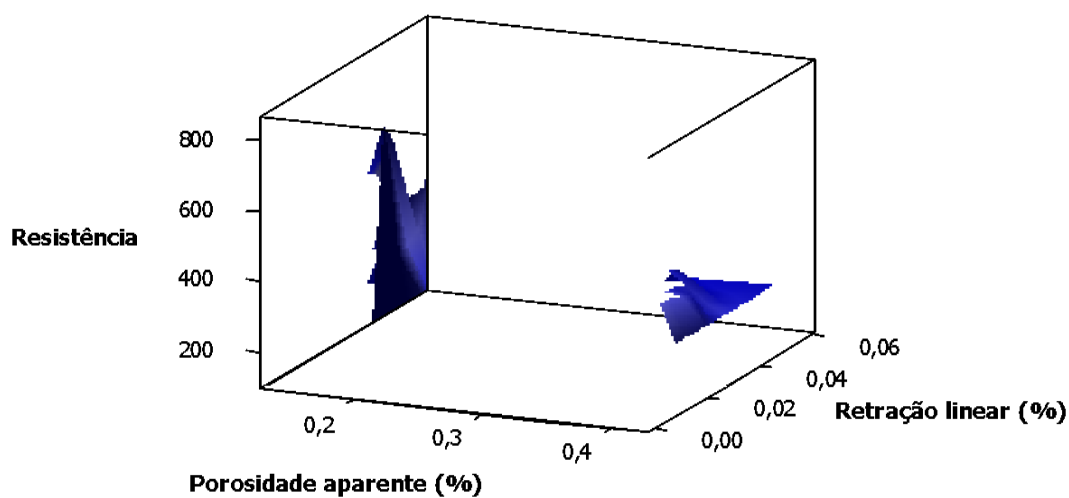


Figura 7. Superfície de resposta para resistência a flexão, porosidade aparente e retração linear.

CONCLUSÕES

Pode ser averiguado que a melhor formulação para massas cerâmicas com adição de vidro decorrente da reciclagem de lâmpadas fluorescente deve estar compreendida entre 8 à 30%, para que seja obtido peças cerâmicas com a menor retração, menor porosidade aparente e maior resistência à flexão.

Estudos complementares devem ser realizados, para determinar os elementos químicos lixiviados de tais peças cerâmicas, visto que as mesas são produzidas com resíduo que exhibe elementos contaminantes como o chumbo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Caracterização de Materiais do Instituto de Educação, Ciências e Tecnologia da Bahia. Ao laboratório Sincron da Universidade Tiradentes-SE. Ao grupo de pesquisa Automação, Eficiência Energética e Produção do IFBA/Jacobina a PRPGI/IFBA pelo aporte financeiro na elaboração e apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] A. Z. Destefani and J. N. F. Holanda, “Utilização do planejamento experimental em rede simplex no estudo de resíduo de rocha ornamental como filler para obtenção de máxima compacidade,” *Cerâmica*, vol. 57, no. 344, pp. 491–498, 2012.
- [2] D. C. Montgomery, “Design and analysis of experiments,” *Quality and Reliability Engineering International*, vol. 3, no. 3. pp. 212–212, 2001.
- [3] B. N. Cox and G. Flanagan, “Handbook of Analytical Methods for Textile Composites,” no. March, 1997.
- [4] D. C. Montgomery, *Design and analysis of experiments*, 5th ed. John Wiley & Sons, Inc, 2001.
- [5] M. Jung, I. de S. Camisa, I. Albanaz, S. L. da S. Pereira, and M. Cargnin, “Comparativo entre diferentes métodos de determinação da retração linear de placas cerâmicas,” *1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense*, vol. 13818, no. 2001, pp. 242–251, 2012.