



INCORPORAÇÃO DE VIDRO NA COMPOSIÇÃO DA MASSA DE CERÂMICA VERMELHA COMO VALORIZAÇÃO DE RESÍDUO

Alexandre Zaccaron¹ (alexandrezaccaron@hotmail.com), Grasielle Amoriso Benedit¹ (labcer02@yahoo.com.br), Fábio Rosso² (faborosso@hotmail.com), Vitor de Souza Nand² (vitorsnprof@gmail.com), Paulo Fernandes² (fernandes.paulo@ua.pt), Adriano Michael Bernardin³ (amb@unesc.net), Rosaura Piccoli⁴ (rosaura@sc.senai.br)

1 LABORATÓRIO TÉCNICO DE CERÂMICA VERMELHA - LAB CER

2 CENTRO UNIVERSITÁRIO BARRIGA VERDE - UNIBAVE

3 UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

4 SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL - SENAI

RESUMO

O presente estudo propõe a adição de resíduo de vidro de garrafas proveniente da coleta seletiva, à composição da massa, para avaliar seu efeito na fabricação de produtos fabricados pelo processo de cerâmica vermelha como subproduto. Além da massa padrão, foram feitas 5 formulações com a incorporação desse resíduo, em quantidades que variaram de 3, 5, 7, 10 e 15% em peso. Os corpos-de-prova foram modelados de forma manual, com umidade *in natura* em um molde com diâmetro de 27 mm e altura de 50 mm e queimados a temperaturas que variaram entre 850 °C e 950 °C. As propriedades tecnológicas estudadas foram: retração térmica linear de secagem e de queima, absorção de água, perda ao fogo e resistência mecânica à compressão. Os resultados indicam que com o aumento do percentual do resíduo e temperatura de queima conseguiu-se a redução da absorção de água e retração total, além de um aumento de 15,33% na resistência mecânica.

Palavras-chave: Cerâmica vermelha; Vidros; Valorização de resíduo.

INCORPORATION OF GLASS ON MASS OF RED CERAMIC FOR WASTE RECOVERY

ABSTRACT

This study proposes the addition of glass bottles waste from the selective collection to evaluate its effect on the production of red ceramics as a byproduct. Beyond the standard mass formulations were made 5 other formulations with the merger of that residue in 3, 5, 7, 10 and 15%. The samples were modeled by hand with moisture in nature in a mold with a diameter of 27 mm and height of 50 mm and burned at temperatures ranging between 850 °C and 950 °C. The technological properties were studied: Drying shrinkage and burning shrinkage, water absorption, Loss on ignition (L.O.I) and compressive strength. The results indicate that with increasing of waste and the firing temperature was achieved the reduction of the total water absorption and shrinkage, and a slight increase in the mechanical strength of 15.33%.

Keywords: ceramic materials; Glass; Waste recovery.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento das atividades industriais concorre para o aumento da quantidade gerada de resíduos sólidos, o que tem agravado o desafio a ser enfrentado pelas indústrias de descartar, dispor e tratar de forma sistemática, econômica e ambientalmente adequada os resíduos gerados nas suas atividades (GROENNER, 2007). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), disposta pela Lei nº 12.305/10, é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Visa a prevenção e a redução na geração de resíduos e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos.



O vidro utilizado para embalagens em sua maior parte possui um destino sustentável por ser um material totalmente reutilizável e por ser reciclável para fabricação de novos produtos à base de vidro.

Segundo o Compromisso Empresarial Para Reciclagem CEMPRE (2015) o Brasil produz em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, usando 45% de matéria-prima reciclada na forma de cacos. Esse trabalho conta com uma rede de coleta seletiva para garrafas oriundas de bares e restaurantes, que não possui o reenvasamento pelas distribuidoras, gerando uma quantidade significativa a ser depositada em aterros, gerando assim um passivo ambiental. Para estes casos, torna-se necessário encontrar alternativas tecnológicas viáveis que permitam a reciclagem destes vidros de forma econômica e sustentável.

Sabe-se que a indústria de cerâmica vermelha possui potencial para utilização e valorização de diferentes resíduos que, geridos da maneira correta, proporcionam ganhos consideráveis na sua fabricação (GODINHO *et al*, 2005). A incorporação de resíduo de vidro a produtos fabricados à base de argila é uma alternativa considerada natural devido à compatibilidade entre a composição química destes produtos e a do vidro que, segundo a ABIVIDRO (2015), é essencialmente formada por sílica (SiO_2), com um pequeno percentual de óxido de sódio (Na_2O) e de óxido de cálcio (CaO).

Sabendo que há possibilidade de reaproveitamento de garrafas de vidro junto ao material argiloso, este estudo consiste em fazer a incorporação desse resíduo na massa de cerâmica vermelha, realizar a queima em três temperaturas distintas e posteriormente avaliar o comportamento do produto final diante das propriedades técnicas mais solicitadas pela norma ABNT NBR 15270:2005.

2. OBJETIVO

O objetivo principal do estudo é reaproveitar os vasilhames acumulados pela coleta seletiva de resíduo sólido urbano no município de Morro da Fumaça - SC, incorporados à composição da massa de cerâmica vermelha, de modo que diminuam os problemas gerados pela má deposição desses resíduos, tornando-se um importante aditivo para melhorar a qualidade dos produtos fabricados pelo processo de cerâmica vermelha, que é um segmento forte na economia local.

3. METODOLOGIA

Para a realização desse estudo, foi utilizada uma massa padrão de uma indústria cerâmica catarinense que disponibilizou suas matérias-primas. A massa padrão, composta por uma mistura de argilas, foi encaminhada pela empresa ao Laboratório Técnico de Cerâmica Vermelha, Labcer, sediado em Morro da Fumaça, SC. O vidro usado como matéria-prima alternativa foi cedido pela Fundação Municipal do Meio Ambiente de Morro da Fumaça - FUMAF, que dispõe de uma central de coleta de resíduos recicláveis. As garrafas foram limpas para remoção dos rótulos, quebradas em cacos e em seguida processadas em moinho de martelos (Servitech modelo CT-058) para fragmentação. Após o processo de moagem, o resíduo passou por peneira (malha 28 Mesh, 0,6 mm) para por fim ser usado em laboratório.

Foram testadas composições de massa pura tomada como padrão e com adição de 3, 5, 7, 10 e 15% em peso, conforme tabela 1. Após a conformação das peças, as amostras foram secas naturalmente por 24 h e em seguida foram secas em estufa (DeLeo 2211 tipo 8) a 105 ± 10 °C por mais 24 h. Finalmente, a queima foi realizada em forno de laboratório (Jung modelo J200), com taxa de aquecimento de 2 °C/min, patamar de 120 min e queima em três temperaturas máximas: 800, 900 e 950 °C, para simular as condições de queima mais utilizadas na cerâmica vermelha.



Tabela 1. Formulações utilizadas no trabalho

| Formulações (%) | STD | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Argila | 100 | 97 | 95 | 93 | 90 | 85 |
| Vidro | - | 3 | 5 | 7 | 10 | 15 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

As propriedades tecnológicas analisadas foram: retração térmica linear de secagem e queima, perda ao fogo, absorção de água e resistência mecânica, a fim de analisar a influencia do vidro no desempenho final do produto, em relação às especificações da norma NBR 15270.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O vidro é uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, obtida através do resfriamento de uma massa a base de sílica em fusão. As composições individuais dos vidros são muito variadas, pois pequenas alterações são feitas para proporcionar propriedades específicas, tais como índice de refração, cor, viscosidade etc. O que é comum a todos os tipos de vidro é a sílica, que é a base do vidro (ABIVIDRO,2015). A tabela 2 mostra a composição química do vidro para embalagens, usados como matéria-prima alternativa no estudo:

Tabela 2. Análise química do vidro

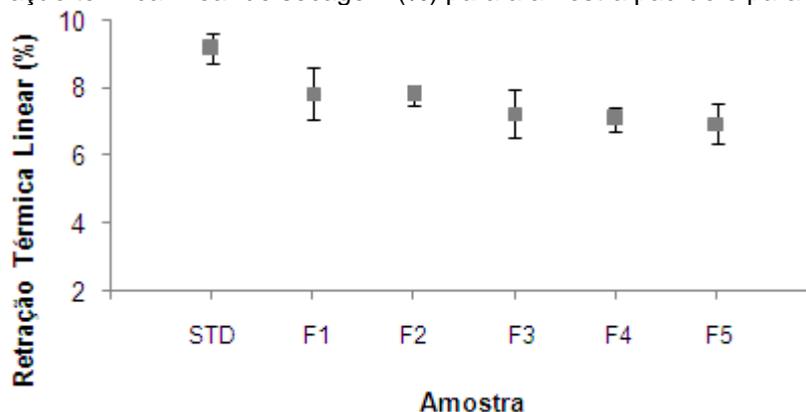
| Óxidos (%) | SiO ₂ | Na ₂ O | CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | K ₂ O |
|------------|------------------|-------------------|-----|-----|--------------------------------|------------------|
| | 72,0 | 14,0 | 9,0 | 4,0 | 0,7 | 0,3 |

Fonte: ABIVIDRO,2015

É possível observar a predominância de sílica (SiO₂) na composição do vidro, sendo a matéria-prima básica com função vitrificante. O sódio (Na₂O) vem como segundo óxido de maior composição do vidro, tendo função de aumento da resistência mecânica, assim como a alumina (Al₂O₃). O cálcio (CaO), magnésio (MgO) e potássio (K₂O) são os demais compósitos que compõe o vidro, tendo funções de estabilidade a ataques de agentes atmosféricos e aumento da resistência a mudanças bruscas de temperatura. Quanto a relevância do estudo, a presença de sílica (SiO₂) e sódio (Na₂O) em principais teores, podem melhorar a qualidade da peça, principalmente na resistência mecânica, já que são óxidos fundentes relacionados à vitrificação do material.

Nas figuras 1 e 2 ilustra a retração das peças durante a secagem e queima das amostras, perante as condições de temperaturas já citadas.

Figura 1. Retração térmica linear de secagem (%) para a amostra padrão e para as formulações

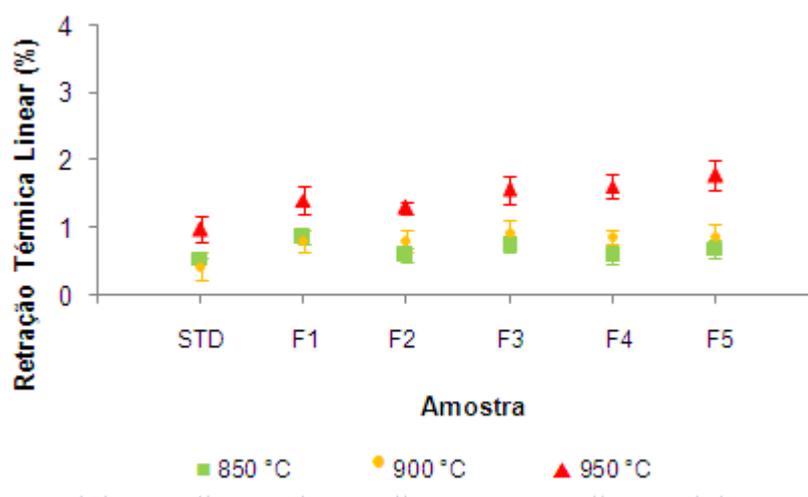




O aumento do percentual de resíduo de vidro incorporado à massa cerâmica diminui a retração de secagem (Figura 1), pois na temperatura na qual foi submetido (110 °C) o vidro se mantém inerte e não sofre as reações físicas que ocorrem com o material argiloso. Após a queima (Figura 2) há pouca diferença na retração das amostras com a incorporação do vidro, porém, ao se aumentar a temperatura de queima, percebe-se uma maior retração. Pode-se concluir que a adição do vidro nos percentuais praticados neste trabalho não interferiu na retração final das amostras, não sendo superior a 12%, segundo Loyola (2004), este é o valor máximo de retração a que o produto cerâmico pode ser submetido antes de apresentar grande variação dimensional.

Ensaio como o de retração térmica linear de secagem, são importantes para simular qual a variação dimensional que a peça irá sofrer, e conseqüentemente, se a massa terá problemas com dimensões ao final do processo, assim, podendo estar ou não, dentro dos padrões estabelecidos por norma.

Figura 2. Retração térmica linear de queima (%) para a amostra padrão e para as formulações após a queima a 850, 900 e 950 °C



A tabela 3 apresenta os resultados obtidos para o ensaio de perda ao fogo. A adição de resíduo de vidro à massa cerâmica causa diminuição dessa propriedade, devido a eliminação de materiais voláteis durante o processo de queima. A amostra padrão apresenta perda ao fogo de 9,5% a 900 °C, enquanto a amostra F5, que contém 15% de vidro, tem perda ao fogo de 8,0% na mesma temperatura, uma variação de 16% na PF.

Tabela 3. Perda ao fogo (%) para a amostra padrão e para as formulações após a queima a 850, 900 e 950 °C

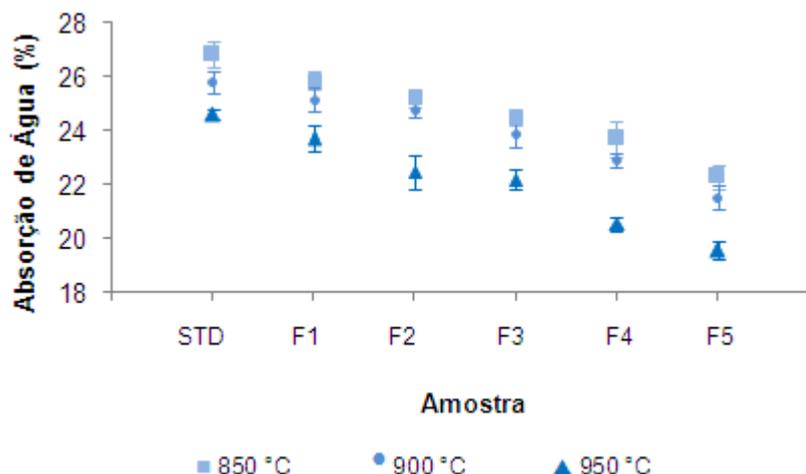
| Amostras | STD | | F1 | | F2 | | F3 | | F4 | | F5 | |
|----------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | % | D.P. |
| 850 °C | 9,36 | ±0,16 | 8,90 | ±0,14 | 8,83 | ±0,14 | 8,56 | ±0,17 | 8,50 | ±0,20 | 8,23 | ±0,17 |
| 900 °C | 9,51 | ±0,19 | 9,38 | ±0,20 | 9,17 | ±0,24 | 9,06 | ±0,16 | 8,55 | ±0,16 | 8,01 | ±0,25 |
| 950 °C | 9,58 | ±0,09 | 9,15 | ±0,13 | 8,87 | ±0,16 | 8,81 | ±0,14 | 8,36 | ±0,12 | 8,08 | ±0,22 |

D.P.: Desvio Padrão.

O comportamento das amostras com a adição de vidro em relação à absorção de água é mostrado na figura 3 para a adição de até 15% de resíduo e para queimas entre 850 e 950 °C.



Figura 3. Absorção de água para a amostra padrão e para as formulações após a queima a 850, 900 e 950 °C

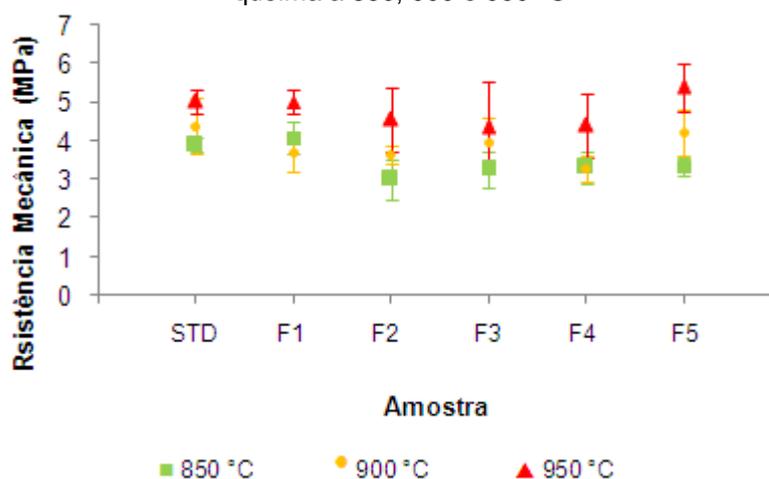


O gráfico para os resultados de absorção de água mostra que a adição de resíduo de vidro até 15% causa uma diminuição da absorção de água. A 900 °C a AA da massa padrão é de 26%; a esta mesma temperatura a adição de 3% de vidro reduz a absorção de água para ~25% e a ~21% com a adição de 15% de resíduo. Este efeito é consequência do amolecimento do vidro incorporado à massa cerâmica argilosa, que diminui a porosidade das amostras e consequentemente a absorção de água das mesmas.

O aumento da temperatura também reduz a absorção de água, pois quanto maior a temperatura de queima maior será o amolecimento do vidro incorporado, consequentemente diminuindo a porosidade das amostras, o que leva a diminuição da absorção de água.

Analisando os resultados, pode-se verificar que a adição de até 7% de vidro não altera a absorção de água para qualquer temperatura avaliada. Com 10% de adição de vidro, a absorção de água é de $20,6 \pm 0,24$ a 950 °C, e com 15% de adição a AA é de $22,3 \pm 0,44$ a 850 °C, marginalmente atendendo à norma.

Figura 4. Resistência mecânica à compressão (MPa) para a amostra padrão e para as formulações após a queima a 850, 900 e 950 °C



No teste de resistência mecânica à compressão (Figura 4) pode-se observar que os resultados ficaram dentro de uma pequena margem, mostrando que a incorporação do resíduo não



influenciou significativamente para esse ensaio, porém, observa-se que com o aumento da temperatura de queima, as peças tiveram melhor resistência mecânica, esse fato ocorre por que o vidro incorporado à massa cerâmica amolece após determinada temperatura, tornando a estrutura mais compacta e assim mais resistente. Importante ressaltar que a variação entre os resultados – desvio padrão – decorre da preparação manual das amostras, não tendo sido usada uma pressão constante na confecção dos corpos de prova.

5. CONCLUSÃO

A adição de resíduo de vidro à massa para cerâmica vermelha torna-se um mecanismo adequado de gestão de resíduos sólidos gerados pelo setor industrial, sendo uma alternativa a sua deposição, contribuindo para a sustentabilidade.

Com relação às propriedades tecnológicas estudadas, ou seja, retração linear (de secagem e queima), perda ao fogo e resistência mecânica à compressão, a incorporação do resíduo de vidro causou pequenas variações nestas propriedades, sendo o vidro, praticamente inerte ao processo, comprovando assim a sua compatibilidade com o material argiloso que compõe a composição de massa cerâmica.

Com relação ao ensaio de absorção de água, a adição do resíduo de vidro concomitante ao aumento de temperatura de queima diminuiu os valores para AA em até 7%, o que permitiu às amostras de adequarem à norma da ABNT.

De acordo com os resultados obtidos foi possível concluir que adição de 3% em peso de vidro nas composições de massa cerâmicas diminuem a absorção e água e elevam a resistência mecânica dos produtos obtidos.

REFERÊNCIAS

ABIVIDRO, Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. Manual de Reciclagem de Vidro. São Paulo, SP, 16 p. 2015, disponível em: <<http://www.abividro.org.br/>> Acesso em 05 Ago 2015.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270/2005. Componentes Cerâmicos: Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MIDIC. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. Portaria Inmetro nº 16, de 05 de janeiro de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, pg. 6. 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Lei nº 12.305 de 10 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, CXLVII, n. 147, 03 ago. 2010. Seção 1, p. 3-7. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>> Acesso em 05 Ago. 2015.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para Reciclagem, Ficha Técnica: Vidro, Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>> Acesso em: 04 Ago, 2015.

GODINHO K. O., HOLANDA, J. N. F., DA SILVA, A. G. P. Obtenção e avaliação de propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos à base de argila e vidros reciclados. Cerâmica, 51, 419-427, 2005.

GROENNER, P.E.M., Reaproveitamento do resíduo de fabricação de consumíveis para soldagem em tijolos de cerâmica vermelha. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Saneamento,

RESÍDUOS SÓLIDOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS



15 a 17
junho de 2016
Porto Alegre, RS



Realização:

INSTITUTO VENTURI
para Estudos Ambientais

Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte-MG, 76 p., 2007.

LOYOLA, L.C. As Argilas e a Cerâmica Vermelha - I Seminário sobre competitividade na indústria cerâmica e olarias do este do Paraná, Curitiba - PR, 45 p. 2004.

Apoio acadêmico

ESCOLA
POLITÉCNICA
UNISINOS

 UNISINOS

 Universidade de Brasília

 ilacis | Lab. do Ambiente Construído
Inclusão e Sustentabilidade
FAU | CDS | FGA | UnB

 BIMTECH
BIRLA INSTITUTE
OF MANAGEMENT TECHNOLOGY