

INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE VIDRO DE LÂMPADA FLUORESCENTE EM CERÂMICA VERMELHA

T. M. Louzada^{(1)*}; A. S. C. Morais⁽²⁾; S. N. Monteiro⁽³⁾; C. M. F. Vieira⁽¹⁾

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF

Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV

Av. Alberto Lamego – 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, Brasil

²Instituto Federal Fluminense - IFF

³Instituto Militar de Engenharia - IME

*thais.mardegan7@gmail.com

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da incorporação do resíduo de vidro moído de lâmpada fluorescente, obtido pelo equipamento “Papa-Lâmpadas”, em cerâmica vermelha. Formulações foram preparadas com incorporações de resíduo em até 30% em peso numa massa argilosa. Corpos-de-prova foram preparados por prensagem uniaxial a 20 MPa e queimados em forno tipo mufla nas temperaturas de 850°C, 950°C e 1050°C. As propriedades tecnológicas avaliadas foram: absorção de água, retração diametral e resistência à compressão uniaxial. Os resultados indicaram que o resíduo reduziu a absorção de água e a retração das composições. Quanto à resistência mecânica, a adição de resíduo alterou significativamente esta propriedade.

Palavras-Chave: cerâmica vermelha, resíduo, vidro de lâmpada fluorescente.

INTRODUÇÃO

A reciclagem e o reaproveitamento de resíduos tem se tornado, uma preocupação mundial, muito importante nos últimos anos. Visto que a destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos tem sido um dos maiores problemas da sociedade moderna, tem se visado a necessidade de buscar novos conceitos e soluções, dentro de uma visão de sustentabilidade e comprometimento com a questão ambiental.

No caso das lâmpadas fluorescentes, a questão se torna mais grave uma vez que estas usam mercúrio como componente vital para seu funcionamento. Este metal altamente tóxico pode contaminar o solo, os animais e a água. O problema se

agrava em proporções muito maiores se levarmos em consideração a quantidade de lâmpadas comercializadas e descartadas no Brasil⁽¹⁾.

A partir de processos adequados de reciclagem de lâmpadas descartadas pode-se reaproveitar grande parte dos materiais constituintes das mesmas, em novos processos produtivos. O estudo mostra que de um milhão de lâmpadas fluorescentes comuns, pode conduzir a 900.000 tubos de vidro limpo⁽²⁾.

Recuperar e reciclar todos os materiais que constituem a lâmpada, em vez de simplesmente descartá-los, é muito importante, pois protege os aterros, evitando a formação de passivos ambientais⁽³⁾. Destaca-se ainda que o vidro proveniente da reciclagem de lâmpadas fluorescentes é 100% reciclável, e sua permanência no meio ambiente demanda milhares de anos, já que seu tempo de decomposição é indeterminado⁽⁴⁾.

A elevação dos teores de óxidos considerados fundentes, responsáveis pela densificação da estrutura durante a queima se apresenta como uma possibilidade de melhoria da qualidade da cerâmica com a utilização de vidro de lâmpadas fluorescentes, além da possibilidade de dar um destino ambientalmente correto para este tipo de resíduo. Na etapa de queima da cerâmica o vidro pode contribuir para a redução da porosidade, por meio da formação de fase líquida, reduzindo a absorção de água e aumentando a resistência mecânica.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da incorporação do resíduo de vidro em pó de lâmpada fluorescente nas propriedades físico-mecânicas de uma massa argilosa utilizada na fabricação de cerâmica vermelha.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: massa argilosa caulinitica, empregada para fabricação de cerâmica vermelha, proveniente do município de Campos dos Goytacazes e resíduo de vidro em pó de lâmpada fluorescente, proveniente do processo de descontaminação das lâmpadas de mercúrio, através de um equipamento conhecido por "Papa-Lâmpadas".

A argila foi inicialmente beneficiada por desaglomeração e peneiramento em 20 mesh. O resíduo de vidro, que se encontrava inicialmente triturado, foi peneirado e a fração passante na peneira de 40 mesh foi utilizada. Outra fração do vidro, passante

na peneira de 100 mesh foi introduzida, com o intuito de se investigar o efeito da granulometria.

Foram elaboradas quatro composições com incorporação do resíduo na massa argilosa nos seguintes percentuais: 0; 10; 20 e 30% em peso (a massa 0%, sem adição do resíduo, é usada como referência). Estas composições foram homogeneizadas em um recipiente que foi manualmente agitado durante 5 min. As massas foram, em seguida, umidificadas com 8% em peso de água.

Corpos de prova circulares com 20,5 mm de diâmetro foram preparados por prensagem uniaxial a 20 MPa. A secagem foi realizada em estufa a 110°C por 24 horas. A queima foi realizada em forno de laboratório tipo mufla nas temperaturas de 850°C, 950°C e 1050°C. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 2°C/min e isoterma de 120 min na temperatura de patamar. O resfriamento foi realizado com a mesma taxa de aquecimento. As propriedades físicas e mecânicas determinadas foram: retração diametral de queima, absorção de água e resistência à compressão uniaxial.

A análise térmica é uma técnica de análise que cujo princípio de medição consiste na quantificação das variações dimensionais que sofre um corpo-de-prova quando submetido a um ciclo de aquecimento definido, onde as variações dimensionais são acompanhadas por dispositivos ópticos. Esse teste foi efetuado nas amostras de resíduo de vidro no SENAI de Criciúma, utilizando o dilatômetro óptico (MISURA) com taxa de aquecimento de 40°C/min.

Os limites de Atterberg foram determinados de acordo com as normas NBR 6459-84 e NBR 7180-84, determinando-se o limite de plasticidade, o limite de liquidez e o índice de plasticidade da argila estudada^(5,6).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig. 1 indica a localização das massas cerâmicas determinadas através do limite de plasticidade de Atterberg. É possível obter através desta técnica um prognóstico da etapa de conformação por extrusão, ou seja, indicação das regiões de extrusão aceitável e ótima. Observa-se que as massas cerâmicas com 0 e 10% localizam-se fora da região de extrusão aceitável, com elevado limite de plasticidade (LP) que indica a quantidade de água necessária para o material alcançar a

consistência plástica. Este comportamento ocorre provavelmente devido a elevada plasticidade das argilas utilizadas para a produção da massa cerâmica.

A adição do resíduo de vidro como um material não plástico acarretou na diminuição da LP, porém somente as formulações com 20 e 30% apresentaram melhor trabalhabilidade, posicionando-se na região de extrusão aceitável. Vale ressaltar que a massa com incorporação de 30% resíduo apresentou baixo índice de plasticidade (IP), que está associada com o intervalo de consistência plástica, sendo o IP ideal acima de 10%⁽⁷⁾. Este fato pode revelar que incorporações superiores a 30% de resíduo não são ideais para a obtenção de trabalhabilidade da massa cerâmica; maiores adições podem acarretar em defeitos nas peças, como a diminuição da resistência mecânica.

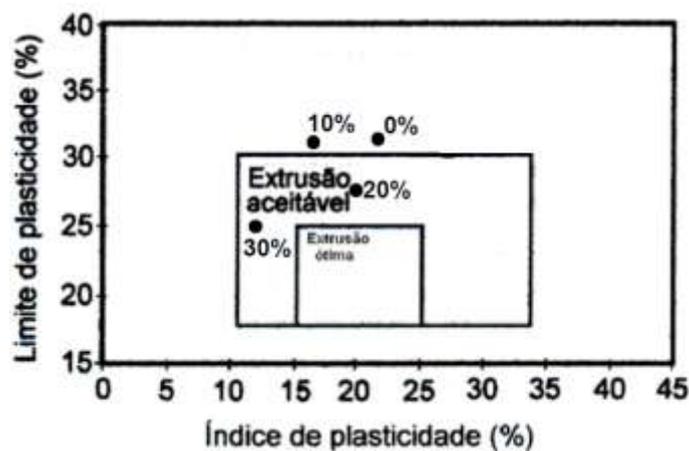


Figura 1. Prognóstico de extrusão por meio dos limites de Atterberg.

Na Fig. 2 apresenta-se o resultado do ensaio de dilatométrica óptica (microscopia de estágio a quente) do resíduo. De acordo com a sequência de imagens obtidas, pode-se observar a contração significativa até 1049°C, após isso o material funde a 1117°C. Além disso, podem ser notadas as temperaturas de transição vítrea (T_g) e de amolecimento (T_s), a 711 e 868°C, respectivamente; onde (T_g) indica a temperatura que um material não cristalino se transforma de um líquido superesfriado em um vidro rígido e (T_s) a temperatura máxima que uma peça de vidro pode ser manuseada sem causar alterações dimensionais significativas⁽⁸⁾.

Observa-se ainda que o resíduo de vidro exibe uma faixa de trabalho, correspondente aos limites de operação de um vidro de 868 a 1049°C. Estes dados

são compatíveis com os apresentados na literatura para os tipos de vidro sodo-cálcicos, variando de 700 a 1000°C⁽⁸⁾.

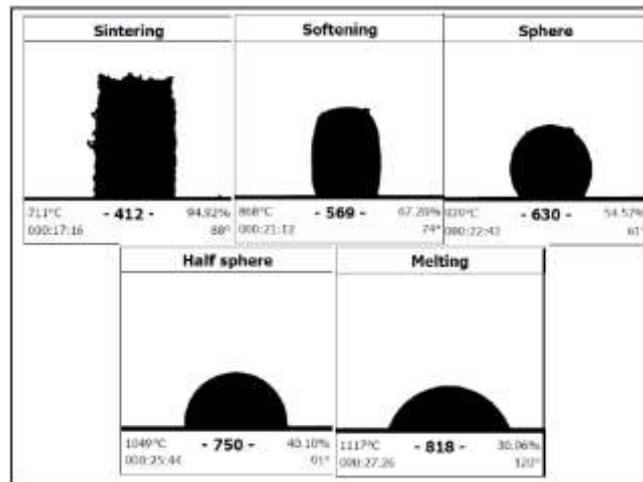


Figura 2. Fotografias ópticas correspondentes aos perfis assumidos por amostras cilíndricas de resíduo de vidro de lâmpada em um teste óptico dilatométrica

A Fig. 3 ilustra os aspectos visuais dos corpos de prova das formulações com granulometria em 40 mesh. Após a etapa de sinterização nas temperaturas de 950 e 1050°C observou-se que as peças, com o resíduo em todas as composições, apresentaram uma superfície com partículas de vidro aparente. Estes defeitos ficaram mais evidentes conforme aumentava a quantidade de resíduo na massa argilosa.

Na temperatura de 1050°C estas partículas brilhantes ficaram mais evidentes, conforme mostrado na Figura 3. No caso dos corpos de prova sinterizados a 850°C, este tipo de defeito não foi observado, pois o resíduo não alcançou seu do ponto de amolecimento que ocorre por volta de 870°C (vide Fig 2).

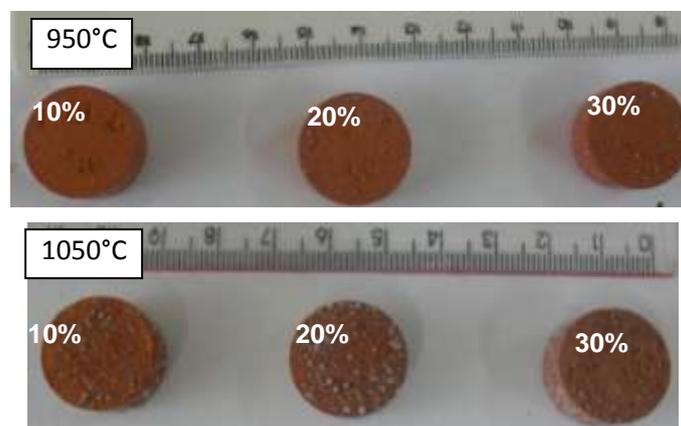


Figura 3. Corpos de prova com resíduo em 40 mesh

A Fig. 4 (a-b) apresenta a retração diametral de queima das composições. Nota-se que sem adição do resíduo, conforme a temperatura de sinterização aumenta, a retração diametral também aumenta, como consequência da sinterização das partículas. Durante a sinterização das peças cerâmicas, ocorre a decomposição e transformações de fases presentes na massa argilosa e fechamento de poros da estrutura. Este fechamento de poros produz contração da estrutura. Quanto maior o nível de sinterização, maior será a retração estrutural, uma vez que esta se relaciona ao volume de poros abertos da estrutura.

Porém, este comportamento é alterado nas formulações com o resíduo de vidro na granulometria mais grosseira (Fig.3-a). Nas três temperaturas investigadas, as formulações com 10 e 20% de resíduo praticamente não apresentam alterações significativas na retração diametral das amostras quando comparadas à amostra de referência. Já para formulação com 30%, observa-se um incremento nos valores médios da retração. Tal efeito pode estar associado à elevada quantidade de vidro em granulometria mais grosseira incorporada nas amostras, ocorrendo, desta forma, a formação de uma fase vítrea de baixa viscosidade durante o processo de queima.

Nas amostras com granulometria a 100 mesh (Fig.3-b), nota-se que as formulações com resíduo incorporado, praticamente não alterou os valores médios de retração em comparação com a massa argilosa caulínica pura. Entretanto, pode-se observar que na temperatura de 1050°C, todas as composições apresentaram um incremento da retração quando comparadas às demais temperaturas, em função do processo de vitrificação.

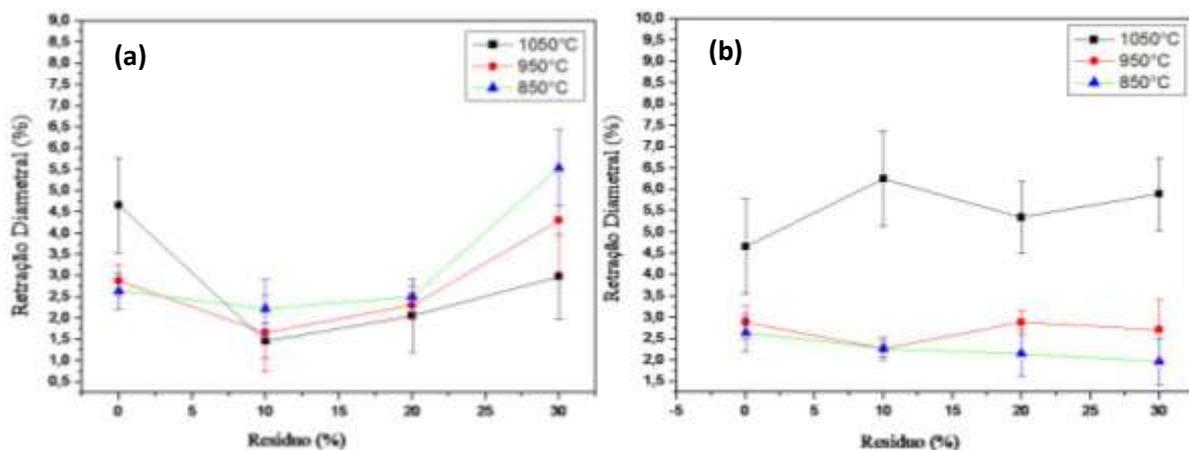


Figura 4. Retração Diametral de Queima das composições (a) com resíduo com granulometria inferior a 40 mesh e (b) com resíduo com granulometria inferior a 100 mesh.

A Fig. 5 (a-b) apresenta a absorção de água das composições estudadas. Os resultados indicam que nas temperaturas mais elevadas, os óxidos fundentes presentes na massa entraram em fase líquida, preenchendo os poros e densificando a peça, o que resulta, de forma geral, em uma diminuição na absorção de água em todas as composições incorporadas.

Nota-se que nas formulações com resíduo a 40 mesh não há uma redução significativa nos valores médios de absorção. Apenas na temperatura 950°C ocorre uma redução nos valores das formulações com resíduo incorporado em comparação a massa argilosa pura.

É possível observar que a adição do resíduo de vidro a 100 mesh, possibilitou uma redução significativa na absorção de água, sendo essa redução mais evidente para as temperaturas de queima de 950 e 1050°C.

Na temperatura de 850°C o resíduo praticamente não alterou os valores da absorção de água da massa argilosa. Este resultado está associado à baixa temperatura de sinterização, inferior à temperatura de amolecimento do resíduo que é de 868°C (vide Fig.2). É importante ressaltar que quando o resíduo inicia o fluxo viscoso, ou seja, passa a se comportar como líquido, seu efeito quando adicionado a uma cerâmica vermelha pode proporcionar melhorias nas propriedades físicas e mecânicas através do fechamento de poros.

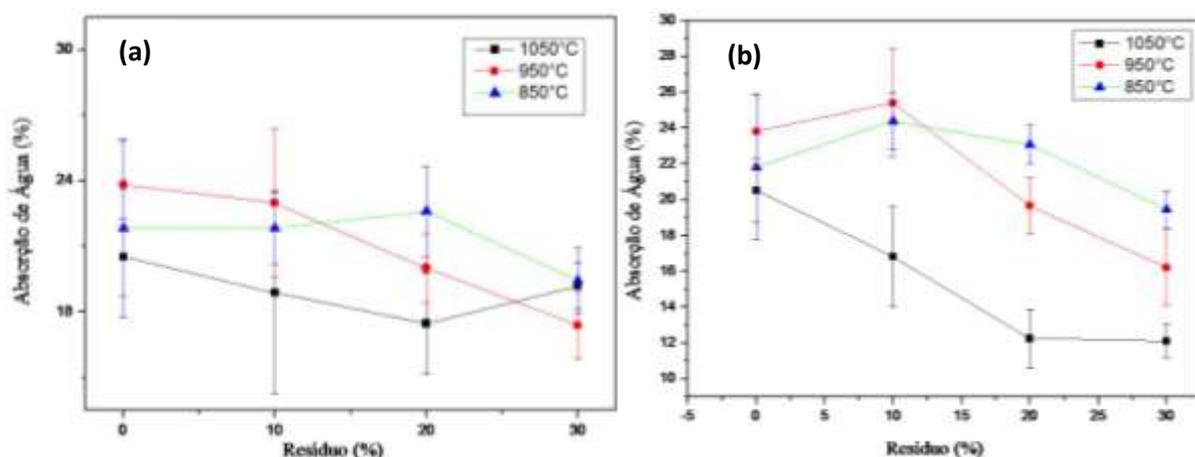


Figura 5. Absorção de Água das composições. (a) com resíduo com granulometria inferior a 40 mesh e (b) com resíduo com granulometria inferior a 100 mesh.

Para a temperatura de 950°C, a incorporação de 20 e 30% de resíduo possibilitou uma redução de 17,39 e 31,96% da absorção de água em comparação com a cerâmica sem adição do resíduo, respectivamente. Para a formulação com

10%, nesta temperatura e considerando o valor médio, nota-se até um pequeno incremento. Já para a temperatura de 1050°C, nas quantidades de 10, 20 e 30% de resíduo, essa redução foi de 29,36; 48,55 e 49,18%, respectivamente, quando comparadas com a formulação de 0%.

A Fig. 6 (a-b) apresenta a resistência à compressão das cerâmicas em função da temperatura de queima. Nas composições investigadas o aumento da temperatura de queima acarreta incremento da resistência mecânica. Isto é devido à redução da porosidade como consequência da consolidação das partículas.

Nas temperaturas de 850 e 950°C o resíduo de vidro, com granulometria inferior a 40 mesh, praticamente não alterou a resistência mecânica da massa argilosa. Nas formulações com granulometria inferior a 100 mesh, o incremento da resistência também não foi significativo. Para as formulações com 20 e 30% de resíduo, na temperatura mais baixa e considerando o valor médio, nota-se até uma redução.

Já a 1050°C, ocorre um incremento da resistência mecânica da massa argilosa com a incorporação do resíduo a 40 mesh em até 10% em peso. Nas composições com maiores quantidades isto não foi observado, ocorrendo até uma redução com 30% de incorporação. Já para a formulação com o resíduo a 100 mesh, este incremento foi significativo, cerca de 33,15 e 54,98% para, respectivamente 10 e 20% de resíduo incorporado. A maior quantidade de resíduo de vidro, na temperatura mais elevada não apresentou alterações significativas da resistência da cerâmica.

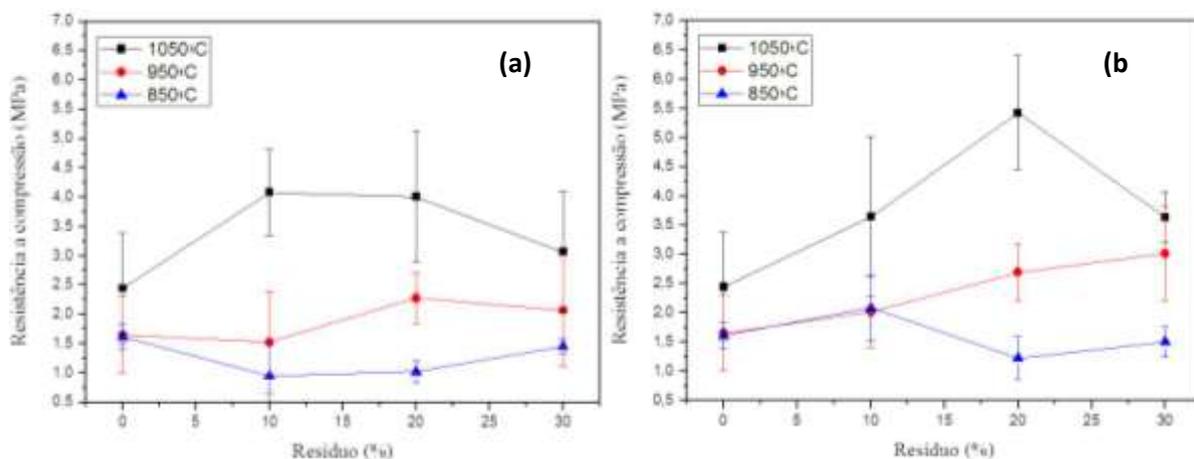


Figura 6. Resistência à compressão das composições. (a) com resíduo com granulometria inferior a 40 mesh e (b) com resíduo com granulometria inferior a 100 mesh.

CONCLUSÕES

Foi possível observar que a incorporação do resíduo de vidro de lâmpada fluorescente melhorou a trabalhabilidade/plasticidade da massa argilosa de cerâmica vermelha. Não foram observadas melhorias significantes nas propriedades da cerâmica com o aumento da granulometria do resíduo de vidro de 100 para 40 mesh.

Além de ocasionar defeitos no aspecto visual das cerâmicas sinterizadas a 950 e 1050°C, o resíduo com a granulometria de 40 mesh apresentou uma menor viscosidade quando adicionado a uma cerâmica vermelha, tendo seu efeito reduzido nas melhorias das propriedades físicas e mecânicas através do fechamento de poros.

Na temperatura de 850°C, típica de cerâmica vermelha, não foram observadas melhorias significativas nos parâmetros de processamento. Este fato está associado à faixa de trabalho do resíduo de vidro que se apresenta entre 868 a 1049°C. Temperaturas abaixo de 868°C são insuficientes para que o resíduo de vidro preencha a porosidade da cerâmica por fluxo viscoso. Vale ainda ressaltar que a temperatura de fusão para o resíduo investigado neste estudo é de 1117°C, evidenciando a inviabilidade da utilização deste resíduo em temperaturas mais elevadas.

Incorporações com 20% de resíduo de vidro com granulometria inferior a 100 mesh, sinterizadas a 1050°C apresentaram a melhor combinação de resultados proporcionando uma redução da absorção de água e um incremento significativo da resistência mecânica da cerâmica. Por outro lado, temperaturas superiores a 1000°C geralmente são inviáveis economicamente para a maioria dos produtos do segmento de cerâmica vermelha, sendo recomendada somente para a fabricação de cerâmicas de elevado valor agregado. Finalmente os resultados indicam que este tipo de resíduo é promissor para o uso no segmento de cerâmica vermelha em mistura com argilas para a composição da massa cerâmica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERJ (proc. n. E-26/103.023/2008), ao CNPq (proc. n. 306027/2008-9) e ao Instituto para Desenvolvimento Ambiental e Tecnológico (IDEA Cíclica) pela concessão do resíduo.

REFERÊNCIAS

1. RAPOSO, C.; WINDMOLLER, C.C.; JUNIOR, W.A.D. Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis. ***Waste Management***, v.23, 2003.
2. RABAH, M. A. Recovery of aluminium, nickel-cooper alloys and salts from spent fluorescent lamps. ***Waste Management***, v. 24, p. 119-126, 2004.
3. MOMBACH, V.L.; RIELLA, H.G.; KUHNEN, N.C.; CARVALHO, E.F.U. **Produção de fritas cerâmicas a partir do vidro de lâmpadas fluorescentes**. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, PR. Nov, 2006.
4. WIENS, C.H. **Gestão de Resíduos Tóxicos: O caso das lâmpadas fluorescentes descartadas em quatro empresas do setor automotivo da região Metropolitana de Curitiba, PR. Porto Alegre**, 106p. Dissertação (Mestrado em Administração). Escola de Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **Determinação do Limite de Plasticidade**, NBR – 7180, Rio de Janeiro, 1984.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **Determinação do Limite de Liquidez**, NBR – 6459, Rio de Janeiro, 1984.
7. ABAJO, M. F. (2000). **Manual Sobre Fabricación de Baldosas, Tejas y Ladrillos**. Ed. BELRALMAR S.A. Espanha. 360p.
8. CALLISTER, W.D.J. **Materials Science and Engineering: An Introduction**. New York: John Wiley & Sons, 2007.

INFLUENCE OF THE USE OF WASTE FLUORESCENT LAMP GLASS INTO CLAYEY CERAMIC

ABSTRACT

This work has as its objective to evaluate the effect of the incorporation of glass powder waste of fluorescent lamp, obtained by the equipment "Papa-Lâmpadas" into clayey ceramics. Formulations were prepared with incorporation of the waste up to 30 wt.% into the clayey body. Specimens were prepared by uniaxial pressing at 20 MPa and fired in a muffle furnace at temperatures of 850°C, 950°C and 1050°C. The technological properties were measured: water absorption, diametral shrinkage and the uniaxial compressive strength. The results indicated that the waste has reduced water absorption and shrinkage of the compositions. As to the mechanical strength, the waste added has significantly changed this property.

Key-words: clayey ceramic, waste, fluorescent lamp glass.