

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDROS ESPECIAIS COMO FUNDENTE EM MASSAS PARA CERÂMICA BRANCA– PROPRIEDADES FÍSICAS

Araújo, A.M.B¹;V.S. Porto³;C.R.S. Morais²;M.S.L. Cavalcanti³
Av. Aprígio Veloso, 882 -Bodocongó - Campina Grande/PB/Brasil CEP:58109-970
¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos-UFCG
²Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais – CCT – UFCG
³Departamento de Ciências Básicas e Sociais- CCHSA-UFPB
E-mail: anglmba2012@hotmail.com

RESUMO

Atualmente, existe uma série de alternativas tecnológicas de reaproveitamento e reciclagem de vidros, as quais podem oferecer uma série de vantagens como; diminuição da poluição do meio ambiente, redução dos custos de coleta e fabricação do produto, além da diminuição no consumo exacerbado de recursos naturais, já que o vidro pode atuar como fundente. Dentre os resíduos vítreos gerados pela população, encontram-se os denominados vidros especiais que se originam dos descartes das lâmpadas fluorescentes e causam danos irreparáveis tanto ao homem como ao meio ambiente. Diante do exposto, torna-se de suma importância a realização deste estudo que visa investigar a possibilidade de reutilização de resíduos de vidro especial como fundente na elaboração de massas para cerâmica branca. A pesquisa foi realizada caracterizando massas cerâmicas formuladas sem resíduo de vidro e com resíduo de vidro substituindo parcialmente o feldspato nas proporções de 5% e 10%, em seguida foram moldados corpos de prova e queimados a 1000°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C e 1250°C. Nestes corpos de prova, foram realizadas análises de porosidade aparente (PA), absorção de água (AA) e retração linear (RL). Os resultados obtidos apontaram para a possibilidade de utilização deste tipo de resíduo como fundente em massa cerâmica, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável, já que o acúmulo indevido deste tipo de resíduo causa prejuízos à natureza.

Palavras chave: *resíduos vítreos, grés sanitário, caracterização, reutilização de lâmpadas fluorescentes.*

INTRODUÇÃO

Os resíduos de vidros especiais que se originam dos descartes das lâmpadas fluorescentes causam danos irreparáveis ao homem e ao meio ambiente, em virtude do alto teor de contaminação tóxica causada pelo mercúrio.

Considerando que o Brasil comercializa cerca de 100 milhões de lâmpadas por ano e sabendo-se ainda que as indústrias de reciclagem de lâmpadas de mercúrio

são responsáveis pelo controle de apenas aproximadamente 6% do estoque de lâmpadas queimadas no país, o problema do descarte destes resíduos se agrava enormemente ⁽²⁾.

O reaproveitamento de resíduos vítreos, além de reduzir o impacto ambiental, pode contribuir para a diversificação da fabricação de produtos e para a diminuição dos custos finais de produção, já que este tipo de material pode atuar como fundente⁽³⁾.

Como exemplos da utilização de vidro em escala real, Cavalcanti et al. (2011) sugeriram a utilização de resíduo de vidro plano como matéria- prima em potencial para substituir parcialmente o feldspato na formulação de massas cerâmicas para grés sanitários nas proporções de 5 e 7%, as quais apresentam propriedades físico-mecânicas satisfatórias, possibilitando a redução do custo energético de produção⁽⁸⁾.

Monteiro et al. (2008), desenvolveram um estudo com finalidade de reaproveitar vidro de lâmpada fluorescente em massa de grés porcelanato, visando manter ou melhorar as características e propriedades finais do produto, o mencionado estudo constatou a viabilidade do uso destes materiais na confecção de produtos cerâmicos ⁽⁴⁾.

Porto (2012), buscou otimizar o processo de incorporação de resíduo vítreo em massas cerâmicas para grés sanitários em substituição parcial ao feldspato nas composições de 4, 5 e 6% . A composição de 6% foi a que indicou melhor resultado, apresentando menor porosidade aparente devido a maior presença da fase vítrea que funciona como fundente durante a queima. A pesquisa também identificou que a retração de secagem e queima de todas as amostras, apresentaram percentuais dentro dos padrões recomendados pela indústria para cerâmica branca ⁽¹¹⁾.

Na produção de produtos cerâmicos após sua fase de formação, as peças contém grande quantidade água, o que torna necessário eliminá-la de forma lenta e gradual para evitar defeitos finais, através do processo de secagem , que deixa um teor de umidade suficientemente baixo ⁽¹⁵⁾.

Ainda, durante o período de secagem a peça cerâmica sofre uma retração linear que aumenta com o aumento da temperatura de queima, devido à redução do volume dos corpos de prova pela perda de água ⁽¹⁾. Sendo um dado de suma importância que pode fornecer informações essenciais para uma análise prévia do material a ser usado ⁽¹⁷⁾.

A porosidade aparente diminui com o aumento da temperatura de queima, em virtude da formação de uma fase líquida, em que uma menor tensão superficial contribui para manter as partículas mais próximas, retraindo a peça cerâmica e reduzindo a porosidade ⁽⁶⁾. Segundo Vieira et al, (2001), esta redução proporciona a diminuição de absorção de água ⁽¹⁶⁾.

Algumas características físico-mecânicas são particularmente exigidas para materiais cerâmicos, principalmente, quanto ao teor de absorção de água (AA), sendo assim classificados, segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica – ANFACER, em grés quando $0,5\% < AA < 3,0\%$ ⁽¹⁴⁾.

Este trabalho objetivou avaliar as propriedades físicas em corpos de prova para cerâmica branca, formulados com matérias primas tradicionais (argila, quartzo, caulim, feldspato) e substituições parciais do feldspato por resíduo de vidro especial, através dos ensaios da porosidade aparente (PA), absorção de água (AA) e retração linear (RL).

MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização deste trabalho foram utilizadas as seguintes matérias-primas tradicionais: argila, oriunda de Alhandra/PB; quartzo, feldspato e caulim, provenientes do Junco de Seridó/PB, doados pela empresa COTEBRAS (Companhia Tecnocerâmica do Brasil).

Os Resíduos de vidros de lâmpadas fluorescentes foram doados por uma indústria do Estado do Ceará, já beneficiados.

Para preparação das massas triaxiais foi utilizado o defloculante inorgânico (Silicato de Sódio), cedido pela empresa Luzarte do estado de Pernambuco.

A composição da massa Padrão para grés sanitário seguiu a recomendação de Santos (1992) ⁽¹⁸⁾, sendo também aplicado o programa de reformulação de massas cerâmicas, denominado REFORMIX 2.0. A Tabela 1 apresenta a composição química das matérias-primas utilizadas nesta pesquisa, que foram caracterizadas através equipamento SHIMADZU X-Ray Fluorecence Spectrometer (EDX 720) realizadas no Laboratório de Análise Mineral da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) ⁽⁹⁾. Estas análises foram realizadas com intuito de informar sobre a composição química dos materiais que compuseram as massas cerâmicas.

Tabela 1 – Composição química das matérias-primas

MATERIAS PRIMAS	CONCENTRAÇÕES EM PESO (%)							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	Outros
Argila	54,78	37,34	0,53	0,38	3,41	1,69	nd	1,87
Feldspato	69,33	19,49	8,93	0,36	0,09	nd	nd	1,80
Vidro	64,95	4,31	1,10	5,26	0,10	nd	19,53	4,75
Caulim	51,81	45,97	0,48	0,15	0,49	nd	nd	1,10
Quartzo	96,07	2,30	0,08	nd	nd	nd	nd	1,55

Fonte: 20º CEBECIMAT, 2012.

Foram formuladas massas padrão de referência sem e com resíduos de vidro de lâmpadas fluorescentes substituindo parcialmente o feldspato nas proporções de 5% e 10%, na tentativa de encontrar um percentual adequado de resíduos que não comprometam as propriedades recomendadas para fabricação de cerâmica branca.

Para a colagem das barbotinas foram utilizados moldes de gesso com capacidade para 5 (cinco) corpos de prova de dimensões de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm³ cada unidade, aplicando nos moldes uma fina camada de talco, para facilitar o desmolde, logo em seguida a barbotina foi vertida para secagem natural. Posteriormente os corpos foram retirados dos moldes e colocados em estufa à 110°C, por 24 horas.

Os corpos de prova foram queimados em Forno Mufla EDG/ Série FC – 1.25 no Laboratório da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da UFCG. As temperaturas de queima utilizadas foram 1000°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C e 1250°C com velocidade de aquecimento de 5°C/min e com tempo de 200min no patamar de queima.

Ensaio físico-mecânicos

Estes ensaios foram realizados com finalidade de avaliar porosidade aparente, absorção de água e redução de volume do corpo de prova após secagem e queima. Foi utilizado um paquímetro digital para medição dos corpos, balança analítica para medir o peso dos corpos. Os valores de retração linear após secagem (RLS) e retração linear após queima (RLQ), foram calculados de acordo com a Norma ABNT/NBR 15097:2004, pela utilização das equações (1), (2), (3) e (4):

Porosidade Aparente:

$$PA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_u - P_i} \times 100 \quad (1)$$

Onde: PA é porosidade aparente (%); P_u é o peso do corpo de prova úmido (g); P_s é o peso do corpo de prova seco (g) e P_i é o peso do corpo de prova imerso (g).

Absorção de Água:

$$AA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \quad (2)$$

Onde: AA é a absorção de água (%); P_u é o peso do corpo de prova úmido (g) e P_s é o peso do corpo de prova seco (g).

Retração Linear:

$$RLS(\%) = \frac{C_i - C_s}{C_i} \times 100 \quad (3)$$

$$RLQ(\%) = \frac{C_s - C_q}{C_i} \times 100 \quad (4)$$

Onde: RLS é a retração linear após secagem (%) e RLQ é a retração linear após queima; C_i é o comprimento inicial do corpo de prova (cm); C_s é o comprimento do corpo de prova após secagem (cm) e C_q é o comprimento do corpo de prova após queima (cm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores de porosidade aparente e absorção de água dos corpos de prova com: 0%, 5% e 10% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

Tabela 2 - Ensaio cerâmicos: porosidade aparente (PA%), absorção de água (AA%).

	RESÍDUO VÍTREO					
	0%		5%		10%	
	PA %	AA %	PA %	AA %	PA %	AA %
1000°C	35,82	22,05	36,19	22,15	35,16	21,36
1100°C	20,24	10,57	21,21	11,14	20,01	10,47
1150°C	12,47	6,09	11,78	5,70	9,63	4,59
1200°C	6,10	2,76	4,77	2,12	3,49	1,54
1250°C	3,75	1,65	2,59	1,13	2,43	1,08

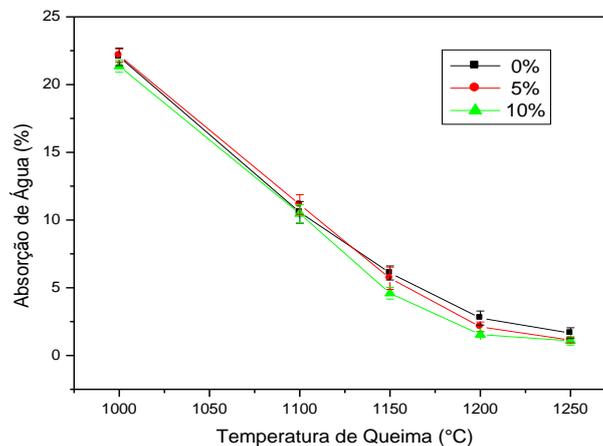
Na Tabela 3 são apresentados os valores de retração linear de queima e secagem dos corpos de prova com: 0%, 5% e 10% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

Tabela 3 - Ensaio cerâmico: retração linear de secagem (RLS) e retração linear de queima (RLQ).

RLS (%)	RESÍDUO VÍTREO		
	0%	5%	10%
RLQ (%)	RLQ (%)	RLQ (%)	RLQ (%)
	0,54	0,60	0,48
1000°C	0,32	0,61	0,58
1100°C	5,52	5,22	4,98
1150°C	6,82	7,21	7,25
1200°C	8,85	9,29	9,15
1250°C	9,79	9,85	9,38

A Figura 1 apresenta os valores de absorção de água dos corpos de prova com: 0%, 5% e 10% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

Figura 1 – Absorção de água em função da temperatura de queima dos corpos de prova com: 0%, 5% e 10% de resíduo vítreo.

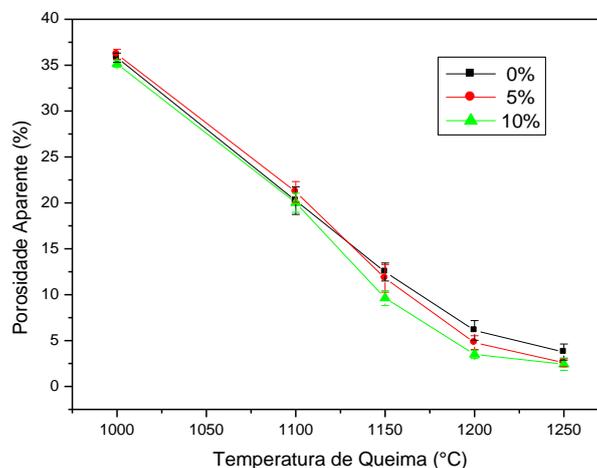


Observa-se que a absorção de água diminuiu com o aumento da temperatura de queima para todas as amostras estudadas no intervalo de 1000°C a 1200°C, podendo verificar também que o menor valor atingido foi na presença de um percentual maior de vidro mantendo-se quase constante a partir da temperatura de 1200°C até 1250°C. Este comportamento pode ser explicado através da característica do resíduo vítreo como soda-cal, observado na Tabela 1 e confirmado

por Pianoro (2004) quando afirma que a fase vítrea se apresenta a temperaturas mais baixas em corpos com proporções de sódio maiores que potássio, fazendo com que o material seja fundente, ponto importante para massas cerâmicas direcionadas à fabricação de produtos com valores menores de absorção de água⁽⁵⁾.

A Figura 2 apresenta os valores obtidos de porosidade aparente dos corpos de prova com: 0%, 5% e 10% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

Figura 2 – Porosidade aparente em função da temperatura de queima dos corpos de prova com: 0%, 5% e 10% de resíduo vítreo.

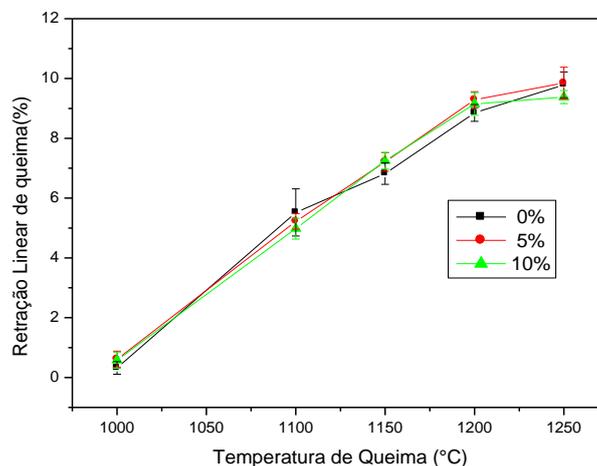


Observa-se uma diminuição da porosidade aparente com o aumento da temperatura de queima no intervalo de temperatura de 1000°C a 1200°C, comportamento este também verificado por Cavalcanti (2010)⁽⁷⁾. Segundo Reed (1976)⁽⁶⁾ a formação de uma fase líquida eficiente em que ocorre uma menor tensão superficial ajuda a manter as partículas mais próximas, retraindo a peça e reduzindo assim a porosidade. Em relação a composição do corpo de prova, verifica-se que a medida em que aumentou a proporção do resíduo vítreo, houve uma diminuição da porosidade. De acordo com Silva (2001)⁽¹⁰⁾, os óxidos alcalinos de potássio (K_2O) e de sódio (Na_2O) atuam como agentes fundentes, formando fase líquida na queima e reduzindo a porosidade do material. Sendo o Na_2O um fundente mais energético que o K_2O .

O feldspato da matéria prima utilizada apresenta valor de K_2O (8,93%) e Na_2O não determinado, enquanto que o resíduo vítreo apresenta K_2O (1,10%) e de Na_2O (19,53%), portanto observa-se que o resíduo vítreo apresenta percentuais de óxidos fundentes bem superiores aos do feldspato.

Na Figura 3 são apresentados os valores obtidos de retração linear dos corpos de prova com: 0%, 5% e 10% de resíduo vítreo, em função das temperaturas de queima.

Figura 3 – Retração linear em função da temperatura de queima dos corpos de prova com: 0%, 5% e 10% de resíduo vítreo



Através da Figura 3, verifica-se que ocorreu aumento da retração linear com o aumento da temperatura de queima para todas as amostras estudadas com valores aproximados. Este comportamento pode estar relacionado ao menor grau de sinterização, ocasionado por mudanças físicas e redução do volume dos corpos de prova pela perda de água (fase líquida), mencionado por Gouveia (2008) ⁽¹⁾. A queima no patamar de 1100° apresentou um aumento da retração linear concomitante diminuição da absorção de água. Este comportamento se deve ao aumento de fase líquida que preenche progressivamente os poros abertos, e conseqüentemente provoca uma maior aproximação entre as partículas, resultando em retração dos corpos cerâmicos a medida que se aumenta a temperatura de sinterização. A presença de fundente na composição da massa cerâmica auxilia a densificação proporcionando fechamento da porosidade aberta. Pode-se observar

que a amostra com 10% de resíduo vítreo manteve seu valor de contração linear quase constante a partir do patamar 1200°C, apresentando assim menor contração, em relação às amostras sem e com 5% de resíduo de vidro, na temperatura de 1250°C. Ainda foi possível verificar que todas as amostras exibiram baixos valores de retração linear, resultando em boa estabilidade dimensional.

CONCLUSÕES

- Os ensaios, para determinação das propriedades físicas, realizados nos corpos de prova queimados a diferentes temperaturas atenderam as especificações para cerâmica branca classificada em grés, em termo da absorção de água com valores entre o intervalo de 0,5% a 3,0%.
- As amostras formuladas com percentuais de resíduos de vidros especiais, caracterizados como soda-cal, apresentaram valores de porosidade e teor de absorção de água, menores em relação ao sem resíduo.
- Os corpos de prova com 10% do resíduo vítreo atingiram estabilidade no patamar de temperatura menor que 1250°C em todas as propriedades físicas determinadas.
- Todos os corpos de prova apresentaram retração linear menor que 10%, estando dentro das especificações recomendadas pela indústria para grés sanitário.

A partir dos resultados apresentados a avaliação indica a viabilidade de utilização do resíduo do vidro especial na substituição parcial do feldspato diante do seu potencial como fundente para este tipo de aplicação.

REFERÊNCIAS

1. GOUVEIA, F. P. P. EREIRA. **Efeito da incorporação de chamote (resíduo cerâmico queimado) em massa cerâmica para a fabricação de blocos de vedação para o Distrito Federal: um estudo experimental.** 2008.111p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília/DF.
2. JÚNIOR W. A. D. e WINDMÖLLER C. C., **A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes**, Recebido em 26/7/06, aceito em 7/3/08, Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br>> . Acesso em 20 de novembro de 2011.
3. RECICLOTECA – Centro de Informações sobre Reciclagem e Meio Ambiente. **Conheça sua Embalagem de vidro.** Informativo Recicloteca nº3,p.6,1997.

4. MONTEIRO, B; SANTOS, D.; CRISTINA, C. JESUS, J; VIEIRA, V.; SAITO, N. H. **Reaproveitamento de lâmpadas fluorescentes em massa de grés porcelanato.** In: 17º. Congresso Brasileiro de Engenharia de Ciências dos Materiais, 2008, Foz do Iguaçu, Anais. Foz do Iguaçu, 2008, p. 140-147.
5. PIANORO, S. A.; RODRIGUES A. M.; BERG, E. A. T.; SANTOS, A. H. **Propriedades de Matérias-primas selecionadas para a produção de grés porcelanato,** Cerâmica Industrial v. 9, n. 1, p 33-38, jan/fev, 2004.
6. REED, J. S. **Principles of ceramic processing.** 2 Ed. Canadá. John Wiley & Sons Inc. 1995.
7. CAVALCANTI, M.S.L. **Desenvolvimento de massas cerâmicas para grés sanitários utilizando resíduo de vidro plano como fundente em substituição parcial ao feldspato.** 2010. 191p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB.
8. CAVALCANTI, M.S.L.; PORTO, V.S.; SILVA, M. F.; CRUZ, T. B.; SILVA, C.R. **Obtenção e avaliação das propriedades físico-mecânica de massas cerâmicas para grés sanitários utilizando resíduo de vidro plano em sua composição.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.7.1 (2011) 13 – 19.
9. ARAUJO, A.M.B; PORTO, V.S.; CAVALCANTI, M.S.L.; MORAIS, C.R.S. **Utilização de resíduo de vidro especial como fundente em massas para cerâmica branca – Caracterização,** Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Joinville – SC, Brasil, 04 a 08 de novembro de 2012.
10. SILVA, J. E. **Controle de processo.** Curso e tecnologia Cerâmica 2001.
11. PORTO, V.S. **Otimização no processo de incorporação de resíduo vítreo em massas cerâmicas para grés sanitário.** Dissertação, 2012. Programa de Pós-Graduação em ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Campina Grande.
14. SILVA, J. R. R.; PORTELLA, K. **Caracterização físico-química de massas cerâmicas e suas influencias nas propriedades finais de revestimentos cerâmicos.** Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 10, p. 18-26. 2005.
15. ALBUQUERQUE, F. R.; SANTOS, I. M. G.; LIMA, S. J. G.; SANTOS; M. R.; SOLEDADE, L. E. B.; SOUZA, A. G.; MARTINELLI, A.E. **Planejamento experimental aplicado à otimização de massas cerâmicas contendo matérias-primas naturais.** 53 Cerâmica, Natal-RN, 2007.
16. VIEIRA C. M. F.; HOLANDA, J. N. e PINATTI, D. G. **Placas cerâmicas – uma introdução.** Vertices, n.1, p 22 a 26, 2001.

17. CALLISTER, JR. W. D. **Ciências e engenharia de materiais: uma introdução**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC Ltda, 2002.

18. SANTOS, P. S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. vol 2. São Paulo Edgard Blucher Ltda, 1992.

SUBSTITUTION PARTIAL THE FELDSPAR OF RESIDUE FLAT GLASS IN MASS FOR WHITE CERAMICS

ABSTRACT

Currently, there are a number of technological alternatives for reuse and recycling of glass, which can offer a lot of advantages as; reduction of environmental pollution, reducing the costs of collects and manufacture of the product, decreasing the excessive consumption of resources natural, since glass can act as a flux. Among the vitreous waste generated by the population are so-called special glasses that originate from the disposal of fluorescent lamps and cause irreparable damage to both humans and the environment. Given the above, it is of paramount importance this study aims to investigate the possibility of reuse of waste glass as a flux in preparing special of bodies for white ceramic. The survey was conducted featuring ceramic compositions formulated without waste glass and waste glass partially replacing feldspar in the proportions of 5% and 10%, then were molded specimens and burned at 1000 ° C, 1100 ° C, 1150 ° C, 1200 ° C and 1250 ° C. In these specimens, analyzes were made of apparent porosity (AP), water absorption (AA) and linear retraction (RL). The results pointed to the possibility of using this type of residue as a flux in ceramic mass, thereby contributing to sustainable development, since the improper accumulation of this type of residue causes damage to nature..

Key-words: glassy residues, sanitary gres, characterization, reuse fluorescent lamps.