

## **Incorporação de Resíduos Sólidos Galvânicos em Massas de Cerâmica Vermelha**

**Vitor T. Balaton, Paulo S. Gonçalves e Luciana M. Ferrer**

*Escola SENAI Mário Amato*

*Av. José Odorizzi 1555, 09861-000 São Bernardo do Campo - SP*

*e-mail: psergiog@hotmail.com*

**Resumo:** Os resíduos sólidos galvânicos representam um encargo vultoso para empresas responsáveis por sua geração e disposição. Classificados como lixo industrial, resíduos I-perigosos (NBR-1004), possuem componentes em altas concentrações que trazem riscos ao meio ambiente quando estocados ou descartados inadequadamente. O resíduo é composto por metais utilizados no processo de galvanização, decantados por um aditivo a base de ferro. Para que os componentes constituintes desta lama galvânica fossem inertizados, a lama foi introduzida em massa de cerâmica vermelha e apresentado estudo da influência desta lama galvânica nas propriedades físicas dos produtos cerâmicos, realizando-se ensaios nos produtos secos e queimados. Avaliaram-se os riscos ambientais da incorporação desta lama, rica em metais pesados, mediante testes de lixiviação e solubilização nos produtos cerâmicos após serem submetidos à queima. Os resultados demonstraram a viabilidade técnica para a incorporação de resíduo sólido galvânico em massas de cerâmica vermelha.

**Objetivo:** Este presente trabalho tem como objetivo apresentar resultados de incorporação de resíduos sólidos galvânicos em massas de cerâmica vermelha, bem como ensaios que buscam comprovar a inertização destes resíduos no produto cerâmico.

**Palavras-chaves:** *resíduos, meio ambiente, cerâmica vermelha*

### **1. Introdução**

As atividades industriais geram uma grande variedade de resíduos sólidos e efluentes contendo componentes perigosos, sendo alvo de constante atenção por parte dos órgãos de fiscalização ambiental e de saúde pública, devido aos comprovados riscos que oferecem. Os resíduos sólidos galvânicos gerados pelas indústrias de galvanoplastia fazem parte destes resíduos industriais perigosos classe I, e oferecem riscos ambientais e custos adicionais para empresas geradoras pela disposição em aterros. Conseqüentemente, novos processos de tratamento, incorporação e inertização de tais resíduos tem sido desenvolvidos, adequados e aplicados para a transformação em novos produtos, visando o crescente interesse mercadológico nesta área de reciclagem<sup>1</sup>.

Geralmente o resíduo galvânico, também chamado de lama galvânica, é resultante da soma dos resíduos gerados

nos processos de limpeza, lavagem e recobrimento das peças metálicas. No caso da lama galvânica em estudo pós-aplicação de produto a base de ferro, a lama resultante constitui-se de uma série de metais, em maior quantidade o ferro. Porém, devido à composição química heterogênea e inconstante que as lamas galvânicas apresentam, encontra-se uma dificuldade para a sua reutilização em cerâmica técnica ou avançada, onde a composição química das matérias-primas sofre um controle mais rígido.

A cerâmica vermelha foi escolhida devido a grande quantidade de ferro contida na lama, e pelo fato deste segmento da cerâmica, apresentar maiores tolerâncias em suas especificações.

Uma das propriedades que as argilas apresentam, que favorece a inertização é a capacidade de troca de cátion<sup>2,3</sup>. Isso faz com que os metais, encontrados na forma de íons, sejam adsorvidos pela argila em uso, porém não garante a

possibilidade de estarem completamente inertes, fazendo-se necessária à realização dos ensaios de lixiviação e solubilização no produto após a adição do resíduo.

Além disso, o próprio processo térmico potencializa as reações químicas entre os metais da lama e os demais componentes da massa.

## 2. Materiais e Métodos

Foi utilizada no presente trabalho uma argila vermelha plástica (Jundiaí, SP) e uma argila arenosa de baixa plasticidade (Suzano, SP). As duas matérias-primas foram misturadas e umedecidas na proporção crescente de material plástico (T1).

Foram confeccionados corpos de prova, por extrusão a vácuo sob uma depressão de 20 pol/Hg (520 mmHg), no formato retangular com 150 mm de comprimento e 15,5 mm de largura e espessura.

Depois de conformados os corpos de prova foram secos a temperatura ambiente por três dias, seguido por uma secagem completa a 70 °C por 24 h em estufa. Os resultados foram utilizados no cálculo da retração na secagem e tensão de ruptura a flexão a seco. Foram queimados em três diferentes temperaturas (850, 900 e 950 °C) usando uma taxa de aquecimento de 10 °C/min sem patamar de queima. Após a queima, foram feitos ensaios de retração de queima, a absorção de água e a tensão de ruptura a flexão para comparação dos resultados com as especificações de normas.

Foram misturadas duas argilas para adequar as propriedades às necessidades de indústrias de telhas e tijolos, portanto sendo necessária a adição de uma massa plástica para melhorar a resistência mecânica do produto após secagem, aumentar a plasticidade e dar maior trabalhabilidade à massa na extrusão. A massa M2 foi a que apresentou maior facilidade de extrusão e resultados (valores de absorção de água, porosidade e módulo de ruptura a flexão

**Tabela 1.** Formulação das massas sem resíduo galvânico.

Massa	M1	M2	M3
Argila Jundiaí (%)	10	25	30
Argila Suzano (%)	90	75	70

**Tabela 2.** Formulação após adição de resíduo na massa M2.

Composição	Resíduo (%)	Resíduo lavado (%)	M2 (%)
R2	2	-	98
R5	5	-	95
RL5	-	2	98

(MRF) dentro das especificações de normas de telhas, justificando o uso desta massa como referência.

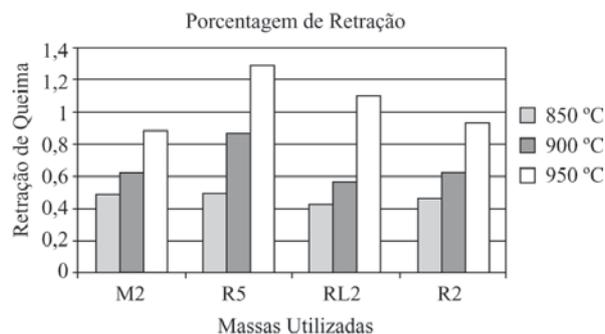
Para avaliar a incorporação da lama galvânica em uma massa de cerâmica vermelha (M2), foram preparadas 3 massas para teste, conforme mostra a Tabela 2. As composições R2 e R5 utilizaram-se de lama galvânica comum e a composição RL2 utilizou lama galvânica lavada.

As composições foram submetidas à secagem e a queima e fisicamente caracterizadas.

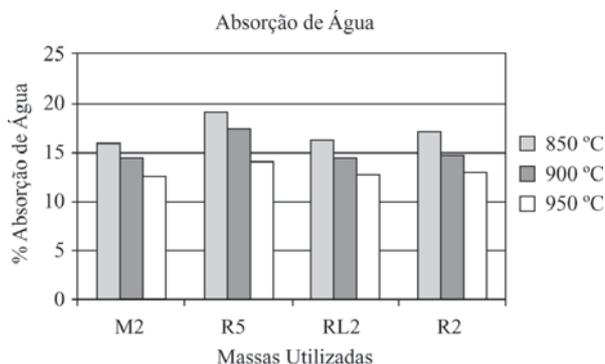
## 3. Resultados e Discussão

As propriedades físicas das massas sem adição de resíduo galvânico são demonstradas nas Figs. 1, 2 e 3, podendo observar que a retração na secagem aumenta de acordo com a quantidade de argila plástica adicionada ocasionada pela maior quantidade de água adicionada para obter-se o estado plástico da argila e pela quantidade de partículas finas da argila plástica que diminui o volume do corpo cerâmico.

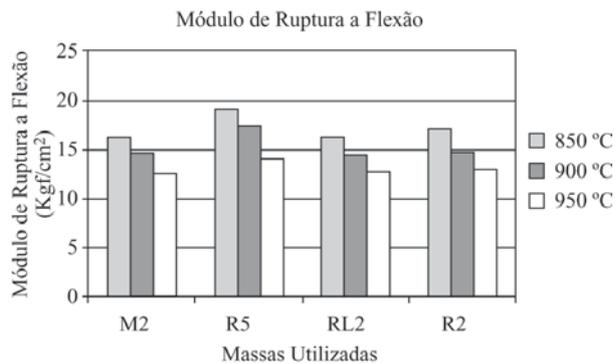
Após a adição da lama galvânica na composição da massa M2, nota-se que não há alteração significativa nas propriedades da massa referencial quando esta adição não



**Figura 1.** Variação da Retração de Queima com a Temperatura para as massas pesquisadas.



**Figura 2.** Variação da Absorção de Água com a Temperatura para as massas pesquisadas.



**Figura 3.** Variação do Módulo de Ruptura a Flexão com a Temperatura para as massas pesquisadas.

ultrapassar 2% de resíduo, pois durante o processo de secagem, os corpos de prova com resíduo apresentaram formações de eflorescência em suas superfícies, sendo que, quanto mais resíduo adicionado maior a formação de eflorescência.

O problema foi causado pelo resíduo, uma vez que continha uma alta quantidade de sais solúveis, que na secagem dos corpos de prova, migram junto com a água e após evaporação ficam depositados na superfície do corpo cerâmico<sup>4</sup>.

Por esse motivo foi efetuada uma lavagem para diminuir a quantidade de sais solúveis do resíduo galvânico, antes de incorporá-lo na proporção de 2%, o que excluiu o problema da eflorescência e não interferiu nas propriedades cerâmicas.

A adição de 5% do resíduo galvânico não lavado na

**Tabela 3.** Resultados do ensaio de solubilização na mistura RL2.

Parâmetros	Metodologias	Resultados	PN1:603.06-008
Alumínio	IT-MQA-039 ver.02 baseada na ASTM D-857-95	0,118 mg/L	0,2 mg/L
Cádmio	IT-MQA-040 ver.02 baseada na ASTM D-3557-95	0,0005 mg/L	0,005 mg/L
Chumbo	IT-MQA-080 ver.02 baseada na ASTM D-3559-95	0,015 mg/L	0,05 mg/L
Fenol	IT-MQA-039 ver.02 baseada no Standard Methods 5530D – 20ed	0,2 mg/L	0,001 mg/L
Ferro	IT-MQA-039 ver.02 baseada na ASTM D-1068A-96	2,673 mg/L	0,3 mg/L
Fluoreto	IT-MQA-039 ver.02 baseada na Standard Methods 4500 FD – 20ed	0,23 mg/L	1,5 mg/L

**Tabela 4.** Resultados do ensaio de solubilização na massa M2.

Parâmetros	Metodologias	Resultados	PN1:603.06-008
Alumínio	IT-MQA-039 ver.02 baseada na ASTM D-857-95	0,012 mg/L	0,2 mg/L
Cádmio	IT-MQA-040 ver.02 baseada na ASTM D-3557-95	0,0005 mg/L	0,005 mg/L
Chumbo	IT-MQA-080 ver.02 baseada na ASTM D-3559-95	0,015 mg/L	0,05 mg/L
Fenol	IT-MQA-039 ver.02 baseada no Standard Methods 5530D – 20ed	0,2 mg/L	0,001 mg/L
Ferro	IT-MQA-039 ver.02 baseada na ASTM D-1068A-96	2,206 mg/L	0,3 mg/L
Fluoreto	IT-MQA-039 ver.02 baseada na Standard Methods 4500 FD – 20ed	1,08 mg/L	1,5 mg/L

massa referencial, teve como consequência o aumento da porosidade do corpo cerâmico, causado pela formação da eflorescência, fazendo a resistência mecânica à flexão reduzir e a absorção de água aumentar, deixando o corpo de prova com aspecto de ferro oxidado, tornando a massa inadequada ao uso.

Já nas composições com 2% de resíduo e 2% de resíduo lavado, não houve alteração notável na cor, permanecendo igual à massa M2.

Os testes de lixiviação e solubilização foram realizados na massa RL2 (com 2% de resíduo lavado) queimada a 900°C pelo fato de apresentar-se com características e propriedades próximas à massa referencial M2.

Os resultados (T3 e T4) mostram que na massa RL2 houve inertização dos metais, pois apresentaram valores abaixo do especificado pela PN 1:603.06-008.

Somente o óxido de ferro ficou acima (ver T4), no entanto, cabe ressaltar, que a própria massa M2 (massa de cerâmica vermelha comum e sem resíduo) também apresentou valores de ferro acima do permitido pela norma.

#### 4. Conclusão

Com base nos resultados obtidos neste trabalho é possível concluir que a incorporação deste resíduo galvânico,

nas condições que se apresenta, numa massa de cerâmica vermelha estrutural é uma boa alternativa para a inertização do resíduo; fechando o ciclo de tratamento da lama galvânica.

As propriedades técnicas das massas praticamente não foram alteradas em incorporações de até 2% de resíduo lavado.

#### Referências Bibliográficas

1. Tales, J.M. O que está sendo feito com os resíduos industriais? *Revista Saneamento Ambiental/SP* n. 54, 1999.
2. Ferreira, J.M.F.; Alves, H.M. e Mendonça, M. Inertization of galvanic sludges by its incorporation in ceramic products *Cerâmica Vidrio/Espanha* n.38, 1999.
3. Norton, F. H. Propriedades das argilas. *Introdução à tecnologia cerâmica* Editora Edgard Blücher Ltda - USP, São Paulo, 1974.
4. Verduch, G. e Solana, V. S. Formação de eflorescência na superfície dos tijolos *Cerâmica Industrial*. vol. 5, n. 5, Set/Out 2000.
5. Silva, N.I.W, Zwonok, e Chies, I Use of solid wastes in clay mixtures for prepare building ceramic material - *Tile & Brick international/England*, n. 4, Ago/1998.