

## CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM TIJOLOS CERÂMICOS INCORPORADOS COM O RESÍDUO SÓLIDO DA FABRICAÇÃO DO ZINCO

**COSTA, C. E. S.**

Professor Adjunto, D.Sc., UFRuralRJ-IT-DAU  
Rodovia BR 465, Km 7, Seropédica, RJ – CEP 23856-000  
email: [educosta@ufrj.br](mailto:educosta@ufrj.br)

### RESUMO

Objetivando uma alternativa de destinação adequada para o resíduo sólido contendo metais pesados, proveniente do primeiro tratamento para obtenção do zinco pela Companhia Mercantil e Industrial Ingá S/A situada no Município de Itaguaí, importante pólo turístico da Costa Verde do Estado do Rio de Janeiro, o presente trabalho, apresenta os resultados dos ensaios de lixiviação em tijolos maciços cerâmicos incorporados com diferentes teores deste resíduo. Os resultados obtidos no experimento permitiram concluir que a presença dos principais metais como o zinco, cádmio, cromo, chumbo, bário, entre outros, nos tijolos incorporados com até 30% de resíduo, estão abaixo dos padrões de tolerância preconizados pela ABNT e pela FEEMA, não apresentando, portanto, o produto, quaisquer riscos ao meio ambiente e à saúde de seus futuros usuários.

### ABSTRACT

In previous work we have found an improvement on the mechanical properties of ceramic bricks prepared incorporating the solid residue from the first process to obtain zinc. This residue contains heavy metals. This paper presents the results from some leaching experiments made in these bricks to verify the risks that they could cause to the environment and user's health. These studies concluded that the heavy metals concentration in the lixiviate is below the limits stated by the Brazilian Association of Technical Regulations – ABNT and by the State Foundation of Environmental Engineering – FEEMA.

### 1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, tem sido uma prática comum a incorporação de resíduos de diferentes processos industriais à massa cerâmica e vários trabalhos científicos têm sido relatados a respeito deste assunto, entre outros os de GRECO (1997); SILVA & BELO (1996); ZUCCHINI (1993); COSTA & FERREIRA (1985) e SOUZA & SANTOS (1979). Observa-se, entretanto, na prática, que a incorporação de resíduos à massa cerâmica tem sido feita de maneira indiscriminada e, porque não dizer, de forma irresponsável pelas indústrias cerâmicas preocupadas apenas com a redução dos custos de produção. As empresas geradoras de resíduos indenizam, muitas vezes, às cerâmicas para utilizá-los, não existindo, na maioria dos casos, um estudo científico que ateste a viabilidade ou não do seu emprego. Este procedimento pode trazer danos gravíssimos ao meio ambiente e à saúde dos consumidores destes produtos.

Estudo técnico realizado pela FEEMA (1984) menciona que a qualidade das águas da Baía de Sepetiba, na ocasião, já estava comprometida em função dos despejos domésticos e do parque industrial da região, compreendido pelos distritos industriais de Santa Cruz e de Campo Grande, zonas industriais e complexo portuário de Sepetiba. A origem dos metais pesados nessa baía é questionada no trabalho, por se tratar de um sistema complexo, cujas águas contaminadas são parcialmente provenientes da bacia do Rio Paraíba do Sul, através do Rio Guandu, evidenciando que essa ocorrência tem, como principal fonte o Zn e o Cd lançados diretamente nos efluentes da Cia Mercantil e Industrial Ingá S/A. A publicação revela, ainda, a contaminação de algumas espécies de moluscos como ostras, por esses metais, em níveis considerados acima da concentração máxima permitível.

No mesmo relatório técnico a FEEMA apresenta tabelas com medições feitas no período de 1982 a 1983, no espelho de água e no sedimento da Baía de Sepetiba, mostrando violações do padrão recomendado no que diz respeito aos teores toleráveis de Zn e Cd. O texto elenca as principais fontes potenciais de poluição da Baía de Sepetiba, através da participação de diversos rios contribuintes. Em relação ao Rio da Guarda, a investigação apontou a Cosigua (Cr, Zn, Cu, Pb e Ni), a Glasulit do Brasil (Zn e Pb) e a Casa da Moeda (Cu e Zn) como empresas lançadoras de efluentes tóxicos e responsáveis pela ação poluidora desse rio. No que diz respeito ao canal de São Francisco, o relatório responsabilizou a Ragnus Soliax (Zn, Ni e Cr) como contribuinte principal de efluentes tóxicos. Em relação à própria Baía de Sepetiba, o trabalho cita a Cia. Mercantil e Industrial Ingá S/A também, como empresa lançadora de efluentes tóxicos e coadjuvante da ação predatória das águas locais.

CARVALHO e outros (1993) apresentaram um estudo sobre a distribuição de metais pesados em sedimentos costeiros contaminados por resíduos contendo Zn e Cd na Baía de Sepetiba. O artigo teve como fundamento duas campanhas de amostragem de sedimento superficial em um raio de aproximadamente 1km a partir da pilha de resíduos sólidos (aterro provisório) da Cia Mercantil e Industrial Ingá S/A em direção à Baía de Sepetiba. Na discussão dos resultados, os autores concluíram que o Saco do Engenho desempenha um papel fundamental na intermediação entre o ponto de disposição dos resíduos e a Baía de Sepetiba, assinalando que o metal contaminante ficava, em sua grande maioria, retido no Saco do Engenho e que uma fração significativa com teores de Zn e Cd poderia alcançar, aquela bacia, pela modificação dos suportes geoquímicos.

Em trabalho anteriormente apresentado (COSTA, 1999) verificou-se que a incorporação à massa cerâmica de até 30% do resíduo sólido proveniente do primeiro tratamento para fabricação do zinco pela Companhia Mercantil e Industrial Ingá S/A propiciava um ganho qualitativo na resistência mecânica e na absorção de água dos tijolos. O presente trabalho tem por objetivo apresentar os resultados dos ensaios de lixiviação realizados em tijolos maciços incorporados com 0%, 10%, 20% e 30% do resíduo a fim de verificar os riscos que os mesmos poderiam causar ao meio ambiente e à saúde dos seus possíveis usuários.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para viabilizar o estudo sobre a utilização do resíduo na produção de tijolos maciços cerâmicos, utilizaram-se as instalações de uma indústria cerâmica, situada no Município de Itaboraí, Estado dos Rio de Janeiro. A opção por este tipo de indústria deve-se a dois fatores. O primeiro de ordem técnica, é o fato de ser credenciada pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA – para utilizar resíduos industriais dessa natureza como insumos na fabricação de seus produtos e, o segundo, de caráter estratégico, porque sendo uma indústria cerâmica de pequeno porte, pouco automatizada, onde predominam técnicas rudimentares de fabricação, situa a pesquisa em um contexto mais realista, visto que este tipo de indústria responde pela maior parte da oferta de cerâmica vermelha ao mercado consumidor do Estado do Rio de Janeiro.

### **2.1. Materiais**

#### **2.1.1. Os solos**

Todos os corpos de prova utilizados na pesquisa foram confeccionados com três diferentes tipos de solos. Essa matéria-prima provém de uma área situada no Distrito de Itambi, na porção noroeste do Município de Itaboraí, entre as coordenadas 22°42'30"S, 22°45'00"S, 42°56'15"W e 42°52'30"W (Figura 1).

Os sedimentos presentes na área são representados pelas formações Pré-Macacu e Macacu. São continentais afossilíferos, dispostos na direção NE-SW e correlacionáveis à Formação Barreiras. As características físicas e químicas dos solos estudados encontram-se sumarizadas na Tabela 1.



**Figura 1 – Tipos de solos utilizados no experimento**

**Tabela 1 – Características físicas e químicas dos solos estudados**

Parâmetros	Solos		
	A	B	C
Composição textural (%) em peso	Areia	17,4	16,4
	Silte	25,6	19,6
	Argila	57,0	64,0
Limites de consistência (%)	Limite de liquidez	64,30	51,80
	Limite de plasticidade	27,60	20,40
	Índice de plasticidade	36,60	31,40
Características químicas	PH (H <sub>2</sub> O)	4,9	5,6
	pH (KCl)	3,7	3,7
	Máteria orgânica (%)	0,57	0,76
	CTC meq/100g.	13,7	19,4
	Relação SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ki)	1,81	1,79

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1 pode-se concluir que, os solos A, B e C são argilo-silto-arenosos. Pelo Sistema de Classificação Unificada, os solos A e B são considerados do grupo CH, ou seja, aqueles onde predominam as argilas inorgânicas de alta plasticidade. Pela mesma classificação, o solo C pertence ao grupo CL, composto por uma argila de baixa a média plasticidade.

Do ponto de vista químico, segundo critérios adotados pelo CNPS (EMBRAPA, 1998), os solos A e C são considerados fortemente ácidos com valores de pH entre 4,3 e 5,3. Pelo mesmo critério, o solo B é classificado como moderadamente ácido, com pH entre 5,4 e 6,5. Por sua vez, comparando-se os resultados obtidos na análise química na fração coloidal dos solos A, B e C, verifica-se que os três são tipicamente cauliníticos, apresentando valores de Ki em torno de 2,0. Possuem, ainda discretas influências de minerais secundários de atividade limitada, no que concerne à expansibilidade e absorção de íons, o que se constata, observando-se as respectivas CTCs.

### 2.1.2. O resíduo

O resíduo utilizado no experimento foi a torta C-130 proveniente do primeiro processo para obtenção do zinco pela Companhia Mercantil e Industrial Ingá S/A, situada na Ilha da Madeira, no Município de Itaguaí, Estado do Rio de Janeiro e refere-se ao material proveniente do aterro

provisório existente no interior da fábrica, com quantidade estimada de aproximadamente 2 milhões de toneladas (Figura 2).



**Figura 2 – Vista da área de descarte do resíduo**

As características físicas, químicas e os resultados obtidos no ensaio de lixiviação do resíduo bruto encontram-se sumarizadas na Tabela 2.

**Tabela 2 – Características físicas e químicas do resíduo**

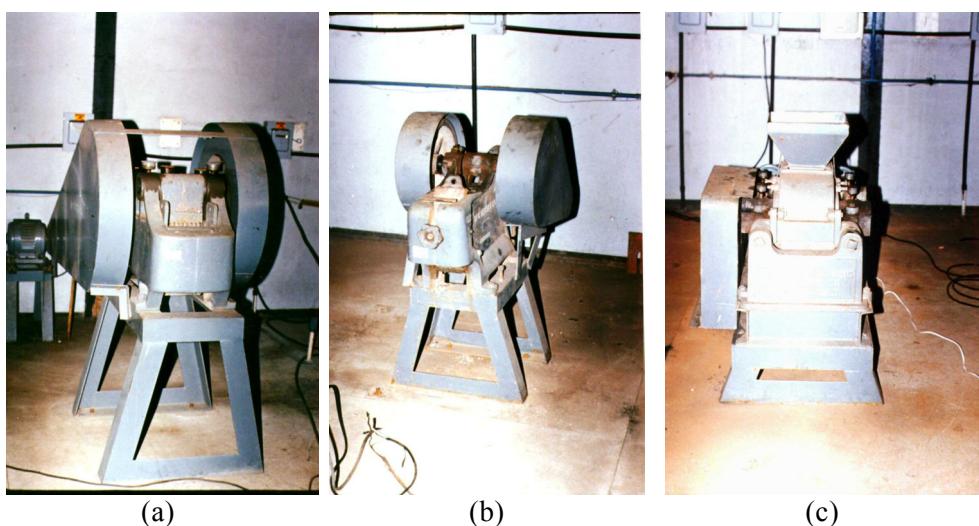
Características físicas																	
Parâmetros										Resíduo							
Composição textural (%) em peso				Faixa da areia										39,5			
				Faixa do silte										43,7			
				Faixa da argila										16,8			
Limites de consistência (%)				Limite de liquidez										-			
				Limite de plasticidade										não plástico			
				Índice de plasticidade										-			
Características químicas																	
Principais óxidos (%)								Principais metais (mg/kg)									
FeO <sub>3</sub>	MnO <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	SO <sub>4</sub>	Pb	Cu	Ni	Cd	Cr	Zn				
29,9	0,43	8,95	1,01	4,51	26,2	2,67	17,5	4000	180	130	190	75	57000				
Ensaio de lixiviação																	
Metal						Cd	Zn	Pb	Fe	Mg	Ni	Cu					
Concentração no extrato (mg/l)						4,3	2500	3,4	0,05	170	0,9	0,4					
Limite tolerável pela NBR 10004 (mg/l)						0,5	-	5,0	-	-	-	-					

Comparando-se os resultados obtidos na Tabela 2, aos parâmetros equivalentes utilizados na classificação de solos conclui-se que, do ponto de vista físico, o resíduo pode ser considerado silto-arenos-argilosos, do grupo ML, ou seja, fino; siltoso e pouco compreensível. Este fato pode ser comprovado ao se observar que o resíduo foi considerado não-plástico. Já os resultados da análise química demonstram que, além do Pb numa concentração de 4000mg/kg, outros metais apresentam, também, concentrações elevadas, como o Zn e o Cd, indicando que além do desperdício gerado pelo processo adotado pela indústria, outros cuidados devem ser tomados com relação ao manuseio e acondicionamento do rejeito. Comprando-se os resultados do ensaio de lixiviação com os parâmetros constantes da listagem 7 do Anexo G da NBR 10004 (ABNT, 1987), conclui-se que o resíduo pode ser classificado como classe I – perigoso.

## 2.2. Método de ensaio

Os procedimentos experimentais adotados no ensaio de lixiviação visaram simular o comportamento dos tijolos, caso estes sejam submetidos à situação crítica, ou seja, testar a hipótese da lixiviação do resíduo pela água de chuva, nos tijolos pulverizados, diante de uma eventual demolição da alvenaria, situação esta que poderia provocar a contaminação por metais pesados no solo e, consequentemente, no lençol freático através da infiltração das águas pluviais.

Na fase de preparação das amostras, para cada série de tijolos, tratados com 0%, 10%, 20% e 30% de resíduo, procedeu-se da seguinte forma: retiraram-se aleatoriamente da pilha, oito amostras que foram pesadas individualmente e cujos pesos somados em conjunto apresentaram um total de massa média em torno de 12kg. Fragmentaram-se inicialmente as amostras em um equipamento britador de mandíbulas com a finalidade de reduzi-las a partículas < 25mm (Figura 3a). Triturou-se, a seguir, o material resultante da operação descrita anteriormente em um britador de mandíbulas, regulado para abertura de 1,2mm (Figura 3b). Peneirou-se, manualmente, na peneira ABNT nº 16 o material obtido, separando-se o passante. Reduziu-se o material retido em um moinho de rolos, regulado para abertura de 1,2mm (Figura 3c). Peneirou-se, manualmente, na peneira ABNT nº 16 o material resultante; separou-se o passante e repetiu-se a operação descrita anteriormente para o material retido até que ele passasse completamente na referida peneira. Pulverizou-se, então, o material resultante, em um moinho de disco a fim de reduzi-lo a partículas < 0,42mm (Figura 3d). Peneirou-se, manualmente, na peneira ABNT nº 40 o material obtido; separou-se o passante e repetiu-se a operação descrita anteriormente para o material retido até que ele passasse completamente na referida peneira. Homogeneizou-se, durante 30 minutos, a amostra total pulverizada utilizando-se um equipamento homogeneizador e quarteador do tipo "Y" (Figura 3e). Dividiu-se a amostra total até obter-se uma alíquota reduzida de aproximadamente 1,5kg (Figura 3f). Finalmente, formou-se uma pilha longitudinal, de onde foram retiradas alíquotas de 100g utilizadas nos testes de lixiviação (Figura 3g).





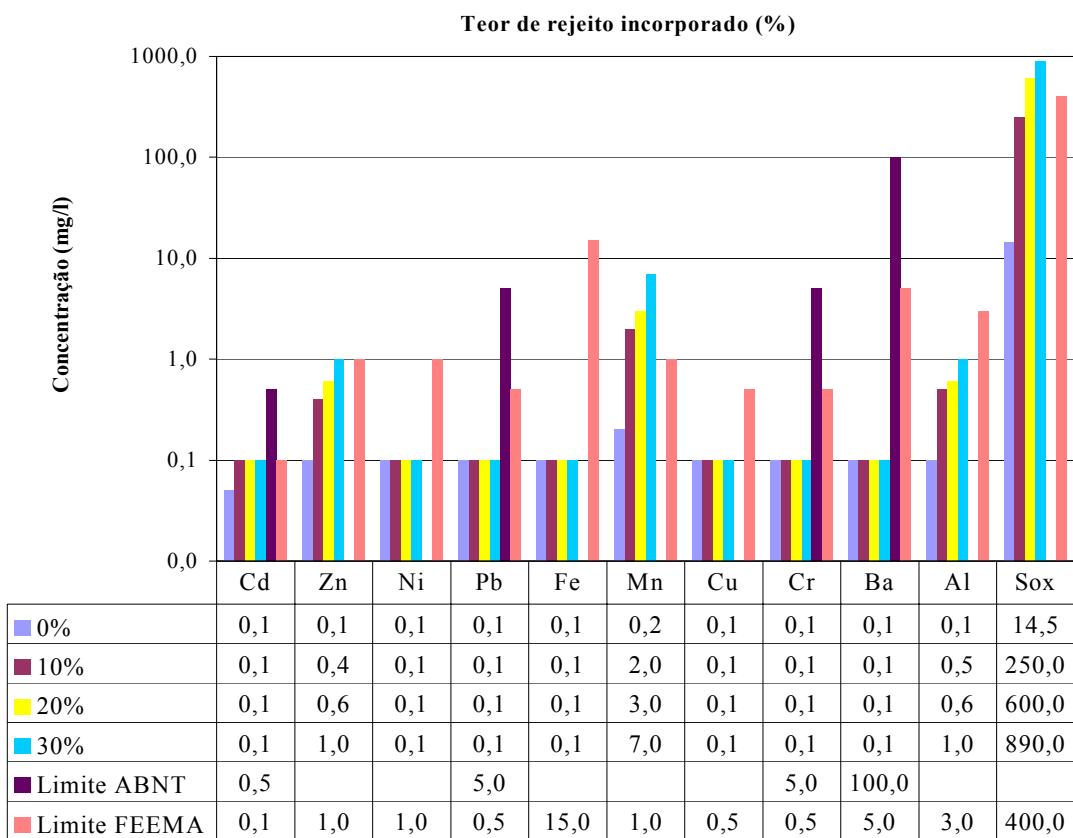
**Figura 3 – Etapas de preparação das amostras para o teste de lixiviação**

A segunda fase do experimento teve como base o método de ensaio MF-1308 preconizado pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA, 1985). A opção pelo emprego deste método pode ser justificada, tendo em vista que o objetivo do referido ensaio foi o de simular apenas as condições de exposição dos tijolos à chuva na situação crítica. A fim de se obter maior confiabilidade nos resultados, o experimento foi duplicado.

A terceira fase consistiu em analisar quimicamente o extrato de lixiviação para quantificar os principais metais presentes nas amostras. Utilizou-se, para tanto, um espectrômetro de absorção atômica. Para determinação do sulfato total ( $\text{SO}_x$ ) precipitou-se a lixívia em meio ácido pelo  $\text{BaCl}_2$  lendo-se, a seguir, em um turbidímetro, cuja concentração foi determinada por curva padrão. A preparação da amostra consistiu nas seguintes etapas: filtrou-se uma alíquota da lixívia; mediram-se 100ml da amostra, vertendo-se para um becher de 250ml; acrescentaram-se 5ml de solução condicionante e 10ml da solução de  $\text{BaCl}_2$  a 10%; agitou-se por um minuto, a uma velocidade constante e fez-se a leitura exatamente 4 minutos após terminada a agitação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da concentração dos principais metais pesados obtidos no extrato do ensaio de lixiviação em função do tratamento aplicado aos tijolos, são apresentados na Figura 4. É importante esclarecer que estes resultados foram comparados aos padrões de tolerância preconizados pelas normas da ABNT (1987) e da FEEMA (1986).



**Figura 4 – Resultados do ensaio de lixiviação**

Comparando-se os resultados obtidos no ensaio de lixiviação aos limites de tolerância prescritos no Anexo G, listagem 7 da NBR 10004 (ABNT, 1987) e aos critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos adotados pela FEEMA (1986), observa-se que as concentrações de metais pesados determinadas em todos os tratamentos estão abaixo daqueles tolerados pelas referidas entidades,

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no experimento permitiram concluir que a presença dos principais metais como o zinco, cádmio, cromo, chumbo, bário, entre outros, nos tijolos incorporados com até 30% de resíduo, estão abaixo dos padrões de tolerância preconizados pela ABNT e pela FEEMA, não apresentando, portanto, o produto, quaisquer riscos ao meio ambiente e à saúde de seus futuros usuários.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Resíduos Sólidos: Classificação. **NBR 10004**. 1987

CARVALHO, C.E.V.; LACERDA, L.D.; GOMES, M.P. Metais pesados na biota bêntica da baía de Sepetiba e Angra dos Reis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 4, 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, 1993. p. 222-29.

COSTA, C.E.S. Comportamento físico e mecânico de tijolos cerâmicos incorporados com resíduo contendo metais pesados. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 1999, Salvador – BA. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1999. 1CD

COSTA, H.R. & FERREIRA, C.F.F. Introdução de lodos industriais contendo metais pesados em tijolos de cerâmica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13, 1985. **Anais...** Alagoas: SBESA, 1985. p. 135-45.

EMBRAPA. Critérios para distinção de classes de solos e fases de unidades de mapeamento. Rio de Janeiro, 1998. 84 p.

FEEMA. **Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos - NT-202.R-10.** Rio de Janeiro, 1986. 45 p.

FEEMA. **Método de lixiviação de resíduos em meio aquoso: teste de laboratório - MF-1308.** Rio de Janeiro, 1985. 35 p.

FEEMA. **Qualidade da água e do ar no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 1984. 43 p.

GRECO A.R.. Incorporação de resíduos da torta de filtração de gordura animal na massa cerâmica. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v.2, n.1, p. 36-40, 1997.

SILVA, N.W. & BELO, P. Avaliação de misturas de resíduo sólido com argila plástica para aplicação em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v.42, n. 276, p. 335-38, 1996.

SOUZA, J.V. & SANTOS, P.S.. Aproveitamento industrial de xisto olífero do município de Pindamonhangaba visando o seu aproveitamento industrial na fabricação de materiais de construção. **Cerâmica**, v.25, n.120, p. 333-46, 1979.

ZUCCHINI, R.R., 1993. Melhoramento de propriedades de cerâmica vermelha utilizando resíduo industrial argiloso". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 37, 1993. **Anais...** Curitiba: ABC, 1993. p. 424-31.