COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DE TIJOLOS CERÂMICOS INCORPORADOS COM RESÍDUO CONTENDO METAIS PESADOS

COSTA, Carlos Eduardo da S.
Professor Adjunto, D.Sc., Instituto de Tecnologia da UFRRJ
Antiga Rodovia Rio-São Paulo, Km 47 Pavilhão Central, Sala 81.
Seropédica, RJ – CEP 23890-000. E-mail: educosta@ufrrj.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 do comportamento físico e mecânico de tijolos maciços cerâmicos incorporados com diferentes teores deste resíduo. Os resultados obtidos no experimento permitiram concluir que a introdução de 30% do resíduo bruto a massa cerâmica propiciou um ganho significativo na resistência mecânica e na absorção de água dos tijolos, quando comparados ao tratamento testemunha.

ABSTRACT

The aim of this paper is to indicate of an alternative for solid wastes from zinc production at Companhia Mercantil e Industrial Ingá S/A. These wastes contain heavy metals and they are a source of water pollution. One way to dispose of such wastes is to incorporate them into the clay used in the production of ceramic bricks. After the bricks are fired, the heavy metals cease to act as pollutants. The experiments conducted in this work are to evaluated the physical and mechanical properties of bricks containing from 0% to 40% of waste.

1. INTRODUÇÃO

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. 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 Baia 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.

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 industrias 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.

No caso da incorporação de resíduos industriais à massa cerâmica, algumas questões que transcendem as normas específicas sobre o assunto, devem ser levadas em consideração. Para JOHN (1996), materiais que possuem qualquer tipo de resíduo incorporado devem ser desenvolvidos com base em pesquisa científica e tecnológica. O conhecimento científico permite compreender ou formular hipóteses sobre as causas de um determinado comportamento do material. Estas hipóteses são fundamentais na fase experimental subseqüente. A abordagem científica permite mais facilmente concluir pela generalização, ou não, das informações obtidas. Ela é também condição essencial à estimativa do comportamento do novo produto a longo prazo a partir de ensaios de curta duração. A abordagem científica permite maior rapidez e confiabilidade no processo. A abordagem eminentemente tecnológica é insuficiente no desenvolvimento de novos produtos e, especialmente, no caso de resíduos, pode levar a erros graves. A não consideração da presença de eventuais compostos, embora possam não afetar o comportamento tecnológico do material, pode expor trabalhadores e usuários a riscos de saúde. A compreensão da natureza das reações químicas entre diferentes componentes e de novos compostos formados permite extrapolações dos resultados de curto prazo em laboratório, para os resultados a longo prazo em diferentes microclimas (áreas secas, áreas úmidas etc.). Quando os novos materiais incluem elementos perigosos ao homem e ao meio ambiente, os fenômenos como difusão iônica, a solubilidade em água, a evaporação de compostos voláteis e outros, devem ser dominados.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os resultados do comportamento físico e mecânico de tijolos cerâmicos tratados com diferentes teores do resíduo proveniente da fabricação do zinco produzido pela Companhia Mercantil e Industrial Ingá S/A, situada na região de Sepetiba, importante pólo turístico da Costa Verde do Estado do Rio de Janeiro.

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

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 Itambí, na porção noroeste do Município de Itaboraí, entre as coordenadas 22^{o}42’30”S, 22^{o}45’00”S, 42^{o}56’15”W e 42^{o}52’30”W. 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.

Tabela 1 – Características físicas e químicas dos solos estudados

Parâmetros		Solos		
		A	B	C
Composição textural (%) em peso	Areia	17,4	16,4	24,4
	Silte	25,6	19,6	28,6
	Argila	57,0	64,0	47,0
Limites de consistência (%)	Limite de liquidez	64,30	51,80	46,60
	Limite de plasticidade	27,60	20,40	31,40
	Índice de plasticidade	36,60	31,40	24,10
Características químicas	PH (H_2O)	4,9	5,6	5,2
	pH (KCl)	3,7	3,7	3,6
	Matéria orgânica (%)	0,57	0,76	0,64
	CTC meq/100g.	13,7	19,4	15,4
	Relação SiO_2/Al_2O_3 (Ki)	1,81	1,79	2,03

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.

O resíduo utilizado na pesquisa 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. As características físicas, químicas e os resultados obtidos no ensaio de lixiviação do resíduo encontram-se sumarizadas nas Tabelas 2.

Tabela 2 – Características físicas e químicas do resíduo

<table>
<tr><td colspan="14">Características físicas</td></tr>
<tr><td colspan="11">Parâmetros</td><td colspan="3">Resultado</td></tr>
<tr><td colspan="5" rowspan="3">Composição textural
(%) em peso</td><td colspan="6">Faixa da areia</td><td colspan="3">39,5</td></tr>
<tr><td colspan="6">Faixa do silte</td><td colspan="3">43,7</td></tr>
<tr><td colspan="6">Faixa da argila</td><td colspan="3">16,8</td></tr>
<tr><td colspan="5" rowspan="3">Limites de consistência
(%)</td><td colspan="6">Limite de liquidez</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td colspan="6">Limite de plasticidade</td><td colspan="3">não plástico</td></tr>
<tr><td colspan="6">Índice de plasticidade</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td colspan="14">Características químicas</td></tr>
<tr><td colspan="8">Principais óxidos (%)</td><td colspan="6">Principais metais (mg/kg)</td></tr>
<tr><td>FeO_3</td><td>MnO_3</td><td>CaO</td><td>K_2O</td><td>Al_2O_3</td><td>SiO_2</td><td>MgO</td><td>SO_4</td><td>Pb</td><td>Cu</td><td>Ni</td><td>Cd</td><td>Cr</td><td>Zn</td></tr>
<tr><td>29,9</td><td>0,43</td><td>8,95</td><td>1,01</td><td>4,51</td><td>26,2</td><td>2,67</td><td>17,5</td><td>4000</td><td>180</td><td>130</td><td>190</td><td>75</td><td>57000</td></tr>
<tr><td colspan="14">Ensaio de lixiviação</td></tr>
<tr><td colspan="7">Metal</td><td>Cd</td><td>Zn</td><td>Pb</td><td>Fe</td><td>Mg</td><td>Ni</td><td>Cu</td></tr>
<tr><td colspan="7">Concentração no extrato (mg/l)</td><td>4,3</td><td>2500</td><td>3,4</td><td>0,05</td><td>170</td><td>0,9</td><td>0,4</td></tr>
<tr><td colspan="7">Limite tolerável pela NBR 10004 (mg/l)</td><td>0,5</td><td>-</td><td>5,0</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

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-areno-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 Métodos de ensaio

O fluxograma de processo apresentado na Figura 1 corresponde a planta industrial da cerâmica estudada, ilustrando os procedimentos adotados na execução dos tijolos maciços que serviram como corpos de prova nos ensaios de resistência mecânica e de absorção de água.

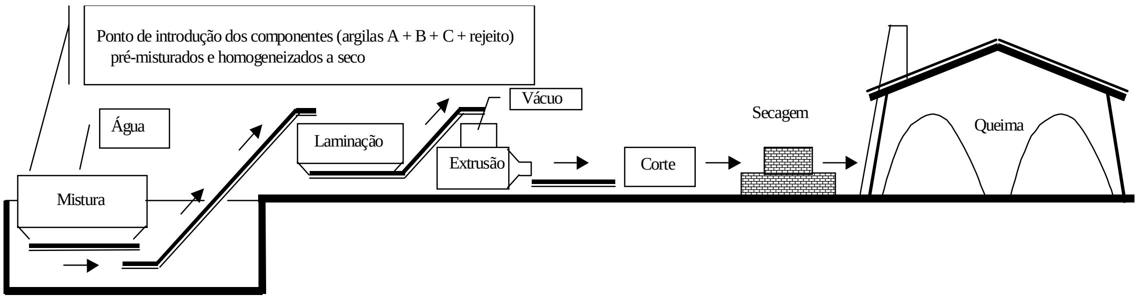
Ponto de introdução dos componentes (argilas A + B + C + rejeito) pré-misturados e homogeneizados a seco
Água
Mistura
Laminação
Vácuo
Extrusão
Corte
Secagem
Queima

Figura 1 – Fluxograma de processo

Os tratamentos compreenderam a aplicação de 0% (testemunha), 10%; 20%; 30% e 40% de rejeito, em relação ao peso total da massa de argila. Para se obter maior confiabilidade nos resultados alcançados nos ensaios, foram observados dois princípios básicos do planejamento de experimentos como a réplica ou repetição e a aleatorização ou casualização. De acordo com esta orientação, para cada tratamento foram fabricadas partidas de quinhentos tijolos maciços, em média, produzidos segundo as mesmas condições de fabricação. Destas, foram selecionadas aleatoriamente, na pilha, cinqüenta amostras que serviram como corpos de prova para realização de todos os ensaios qualitativos necessários à verificação da conformidade do material obtido com as normas brasileiras de produtos cerâmicos e aquelas relativas ao meio ambiente. Para determinação específica da resistência mecânica e da absorção de água foram ensaiados oito corpos de prova para cada tratamento.

Os ensaios de resistência seguiram o método clássico preconizado pela NBR 6460 (ABNT, 1983_a). Quanto ao ensaio de absorção de água, torna-se necessário esclarecer que na ausência de uma condição normativa estabelecida pela NBR 7170 (ABNT, 1983_b) para este caso e por considerar-se assunto de extrema importância na determinação das características qualitativas do produto, já que os resultados oferecem informações complementares sobre a porosidade do material cerâmico, optou-se por adotar a metodologia e as condições impostas pela NBR 8492 (ABNT, 1984) para tijolos de solo-cimento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2 e 3 apresentam graficamente os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão simples e de absorção de água.

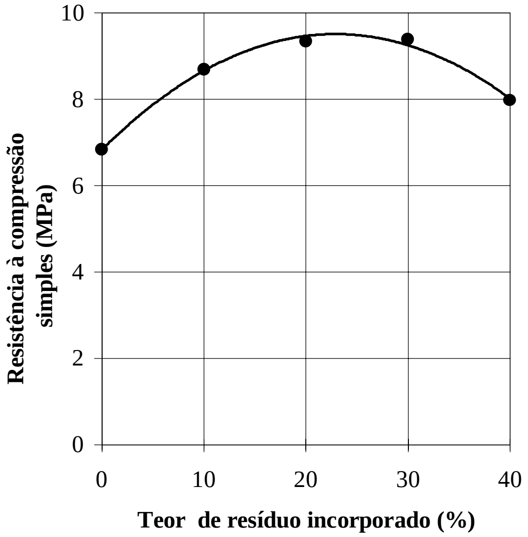

Figura 2 – Resistência à compressão
x
teor de resíduo incorporado

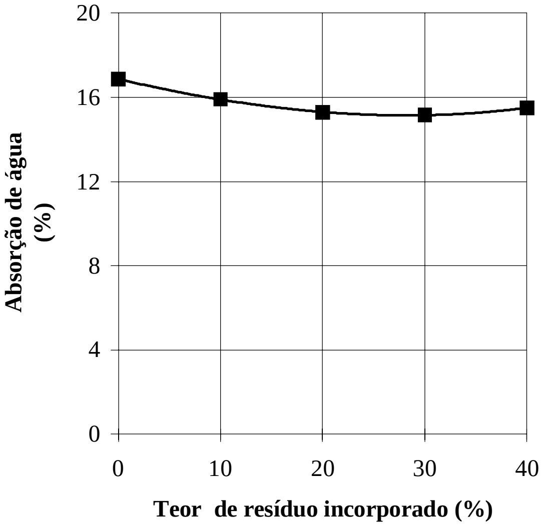

Figura 3 – Absorção de água
x
teor de resíduo incorporado

Verificada a normalidade dos resultados, pela aplicação do "Teste de Lilliefors", as médias obtidas nos ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água foram comparadas através do Teste t-Student. Os resultados para resistência à compressão simples encontram-se discriminados na Tabela 3 e os de absorção de água, na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do Teste t-Student para resistência à compressão

Médias Comparadas	T	GL	Prob.	F	GL1	GL2	Prob.	Resultado*
0-10	1,8133	14,0	0,0456	1,0532	7	7	0,4736	D
0-20	2,4773	14,0	0,0133	1,0259	7	7	0,4870	D
0-30	3,5451	14,0	0,0038	4,7832	7	7	0,0280	D
0-40	1,5679	14,0	0,0778	4,4832	7	7	0,0392	I
10-20	0,6227	14,0	0,2717	1,0266	7	7	0,4866	I
10-30	0,9203	14,0	0,1922	5,0378	7	7	0,0244	I
10-40	0,9542	14,0	0,1840	4,7292	7	7	0,0288	I
20-30	0,0694	14,0	0,4732	4,9071	7	7	0,0262	D
20-40	1,8506	14,0	0,0507	4,6056	7	7	0,0308	D
30-40	6,5972	14,0	0,0000	1,0655	7	7	0,4677	D

*Nota: a letra "D" indica médias diferentes e a letra "I" indica médias iguais

De acordo com o gráfico apresentado na Figura 2, pode-se observar que houve um ganho qualitativo na resistência mecânica dos corpos de prova ensaiados, em função do teor de resíduo incorporado. As médias das resistências mecânicas definiram uma curva de regressão polinomial de segunda ordem representada pela equação $y = -0{,}0051x^2 + 0{,}2336x + 6{,}834$, cuja razão de regressão $R^2 = 0{,}9916$, demonstra ser uma curva de ajuste altamente representativa do experimento. Por outro lado, analisando-se os resultados do Teste t-Student pode-se afirmar, a um nível de significância de 5%, que os tratamentos com 10%, 20% e 30% de resíduo conferem aos tijolos uma resistência maior do que aqueles sem incorporação. O teor de 40% produz nos tijolos uma resistência igual aos daqueles sem incorporação de resíduo (tratamento 0%).

Tabela 5 – Resultados do Teste t-Student para absorção de água

Médias comparadas	T	GL	Prob.	F	GL1	GL2	Prob.	Resultado*
0-10	3,5060	14,0	0,0017	1,1212	7	7	0,4420	D
0-20	5,6729	14,0	0,0000	1,2831	7	7	0,3753	D
0-30	4,8833	14,0	0,0001	1,3713	7	7	0,3437	D
0-40	6,1180	14,0	0,0000	2,3396	7	7	0,1423	D
10-20	2,1059	14,0	0,0269	1,1444	7	7	0,4317	D
10-30	2,1946	14,0	0,0228	1,5375	7	7	0,2921	D
10-40	1,9771	14,0	0,0340	2,0867	7	7	0,1764	D
20-30	0,6947	14,0	0,2493	1,7596	7	7	0,2367	I
20-40	0,6062	14,0	0,2770	1,8234	7	7	0,2232	I
30-40	1,1380	14,0	0,1371	3,2083	7	7	0,0735	I

*Nota: a letra “D” indica médias diferentes e a letra “I” indica médias iguais

O gráfico apresentado na Figura 3 comprova que houve um ganho qualitativo na absorção de água, já que as médias dos tratamentos decresceram em função da incorporação do resíduo a massa cerâmica, definindo uma curva de regressão polinomial de segunda ordem representada pela equação $y = 0,0022x^2 – 0,1228x + 16,882$, com uma razão de regressão $R^2 = 0,9993$, o que demonstra ser a referida curva de ajuste altamente representativa do experimento. No que se refere à comparação das médias obtidas no Teste t-Student, apresentada na Tabela 4, pode-se afirmar a um nível α de significância igual a 5%, que os tratamentos com 20%, 30% e 40% de resíduo conferiram menor absorção de água aos tijolos se comparadas às médias dos resultados dos tratamentos com 0% e 10% de resíduo. Verifica-se, ainda, que as médias dos tratamentos com 20%, 30% e 40% de resíduo são iguais indicando, neste caso, que o teor máximo de 40% é necessário para se obter a menor absorção de água possível. Entretanto, como se observou anteriormente, este valor compromete a resistência mecânica dos tijolos, não sendo, o mais recomendado. Conclui-se, portanto, que a incorporação máxima possível de resíduo, neste caso, deve ser de 30% para que se obtenha a maior eficiência na absorção de água, sem comprometer a estabilidade mecânica dos tijolos. É importante ressaltar que a norma NBR 8492 (ABNT, 1984) admite uma absorção máxima de 20% de água para tijolos maciços de solo-cimento. Como se pode observar, todos os valores determinados nos ensaios encontram-se muito abaixo daquele estipulado pela referida norma.

4. CONCLUSÕES

Sendo um dos objetivos da pesquisa procurar o teor máximo possível de resíduo incorporado ao tijolo sem o comprometimento de sua qualidade, a quantidade máxima recomendada, neste caso, é de 30%. É importante ressaltar, ainda, que a norma NBR 7170 (ABNT, 1983_b) classifica como tijolos maciços do tipo A, aqueles que possuem uma resistência média mínima de 1,5MPa; do tipo B, 2,5MPa e, do tipo C, 4,0MPa. Com relação a este requisito, pode-se observar que todos os tijolos atenderam, com relativa folga, aos padrões exigidos pela referida norma, para tijolos maciços do tipo C, já que a resistência média obtida nos ensaios foi de 6,84MPa, para tijolos com 0% de resíduo, muito superior ao valor mínimo recomendado para esta categoria.

Finalmente é importante destacar que os resultados apresentados neste trabalho fazem parte de uma pesquisa situada em um contexto mais global de avaliação ambiental e dos riscos potenciais que este procedimento pode oferecer a saúde dos futuros usuários do produto. Para avaliar este risco foram executados ensaios, entre outros, de lixiviação, solubilização e volatilização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1983$_a$. **Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria: Verificação da Resistência à Compressão – Método de Ensaio – NBR 6460**, Rio de Janeiro, ABNT.

____________, 1983$_b$. **Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria: Especificação – NBR7170**, Rio de Janeiro, ABNT.

____________, 1984. **Tijolos Maciços de Solo-Cimento: Determinação da Resistência à Compressão Simples e da Absorção de Água – NBR 8492**, Rio de Janeiro, ABNT.

____________, 1987. **Resíduos Sólidos: Classificação – NBR 10004**, Rio de Janeiro, ABNT.

CARVALHO, C.E.V.; LACERDA, L.D.; GOMES, M.P., 1993. “Metais Pesados na Biota Bêntica da Baía de Sepetiba e Angra dos Reis”. In: **4º Congresso Brasileiro de Geoquímica**. pp. 222-229, Rio de Janeiro.

COSTA, H.R. & FERREIRA, C.F.F., 1985. “Introdução de Lodos Industriais Contendo Metais Pesados em Tijolos de Cerâmica”. In: **13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, pp. 135-145, Alagoas, Set.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1998. **Critérios para Distinção de Classes de Solos e Fases de Unidades de Mapeamento; Norma em Uso pelo SNLCS**. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE – FEEMA, 1984. **Qualidade da Água e do Ar no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, FEEMA.

GRECO A.R., 1997. "Incorporação de Resíduos da Torta de Filtração de Gordura Animal na Massa Cerâmica", **Revista Cerâmica Industrial**, v.2, n.1 (Jan), pp. 36-40.

JOHN, V.M., 1996. “Pesquisa e Desenvolvimento de Mercado para Resíduos”. In: **Workshop Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção**, pp. 21-30, São Paulo, Nov.

SILVA, N.W. & BELO, P., 1996. “Avaliação de Misturas de Resíduo Sólido com Argila Plástica para Aplicação em Cerâmica Vermelha”. **Revista Cerâmica**, v.42, n. 276 (Jul/Ago), pp. 335-338.

SOUZA, J.V. & SANTOS, P.S., 1979. “Aproveitamento Industrial de Xisto Olífero do Município de Pindamonhangaba Visando o seu Aproveitamento Industrial na Fabricação de Materiais de Construção”. **Revista Cerâmica**, v.25, n. 120 (Dez), pp. 333-346.

ZUCCHINI, R.R., 1993. “Melhoramento de Propriedades de Cerâmica Vermelha Utilizando Resíduo Industrial Argiloso”. In: **37º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, pp. 424-431, Curitiba.