

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE ALGUMAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICAS ARTÍSTICAS DE PORTO FERREIRA, SP

Antonio A. Mozeto

PhD em ciências da terra pela Universidade de Waterloo, Canadá; fundador/coordenador do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do DQ-UFSCar. Professor de química e biogeoquímica ambiental.
amozeto@dq.ufscar.br

Araceli C. Prezoto Gomes

Licenciada e mestre em química, área de concentração: Química Analítica pelo Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos.

RESUMO

A caracterização e classificação dos resíduos de três indústrias cerâmicas artísticas de Porto Ferreira-SP pelas normas da ABNT (NBR, SÉRIE 10.000/04) revelou a presença dos elementos Al, As, Cd, Cr, Pb e Zn e de tolueno em desacordo com a legislação ambiental brasileira. Os resíduos da etapa de decoração classificaram-se, em sua maioria, como classe I-perigosos, e as águas de lavagens geradas nesta etapa, como classe IIA-não-inertes. Torna-se importante, portanto, a criação de um programa de gestão de resíduos para esse tipo de indústria, pois sua disposição incorreta pode estar contaminando solos, águas subterrâneas locais e corpos d'água superficiais circunvizinhos, como o rio Moji-Guaçu.

PALAVRAS-CHAVE

Resíduos sólidos, indústrias cerâmicas, caracterização, classificação, ABNT.

ABSTRACT

Solid wastes from three artistic ceramic industries of Porto Ferreira, SP-SE, Brazil, were characterized and classified according to the Brazilian Association of Technical Norms (ABNT) (Series NBR 10.000/04). They showed Al, As, Cd, Cr, Pb and Zn, and of toluene concentrations in disagreement to the Brazilian environmental legislation. Most of the solid waste generated in the decoration step is Class I-hazardous waste, whereas liquid effluent is Class IIA-non inert. There is an urgent need to create a solid waste management program as these wastes are being, in the present moment, incorrectly disposed and their leachate may already be causing soil, ground water and water body (e.g., Moji-Guaçu river) contamination.

KEY WORDS

Solid waste characterization, artistic ceramic industries, leachate, ABNT.

RESUMEN

La caracterización y clasificación de residuos de tres industrias cerámicas artísticas de Porto Ferreira (SP) a través de las normas de la ABNT (NBR, SERIE 10.000/04) reveló la presencia de Al, As, Cd, Cr, Pb, Zn y de tolueno, en concentraciones inaceptadas por la legislación ambiental brasileña. Los residuos de la decoloración se clasificaron, en su mayoría, como Clase I-peligrosos, y las aguas de lavaje generadas en esa etapa, como Clase IIA-no inertes. Por lo tanto se torna importante crear un programa de gestión de residuos para esas industrias, pues la disposición incorrecta puede estar, directa o indirectamente, contaminando suelos y aguas subterráneas locales, y caudales de agua superficiales aledaños, como el río Moji-Guaçu.

PALABRAS LLAVES

Resíduos sólidos, industrias cerâmicas, caracterización, clasificación, ABNT.

INTRODUÇÃO

Segundo Rocca (1993), *“resíduos sólidos industriais (RSI), são todos os resíduos no estado sólido ou semi-sólido, resultantes das atividades industriais, ficando incluídos nesta definição os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”*.

Este trabalho visou à caracterização e à classificação dos RSI de um grupo de indústrias cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira, SP, segundo as normas gerais de resíduos sólidos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as normas NBR n. 10.004/04 (ABNT, 2004a), NBR n. 10.005/04 (ABNT, 2004b), NBR n. 10.006/04 (ABNT, 2004c) e NBR n. 10.007/04 (ABNT, 2004d) as quais tratam, respectivamente, da classificação, lixiviação, solubilização e amostragem de resíduos sólidos.

Porto Ferreira (SP) é uma cidade de médio-pequeno porte (mais de 52.000 habitantes), e conta, oficialmente, com cerca de 108 indústrias de cerâmicas artísticas (IZIQUE, 2001). Esse número pode, evidentemente, ser bem mais alto, pois se trata de uma atividade que faz parte da economia informal da cidade. A disposição dos lodos (ou resíduos) provenientes do processo industrial aos corpos d'água, ocorrido pela rede de esgotos da cidade, já provocou entupimentos (MESQUITA, Marcelo, SINDICER/Porto Ferreira (SP), com. pess., 2002; GOMES, 2003).

As cerâmicas artísticas são as cerâmicas brancas, obtidas a partir de argilas escolhidas com baixo teor de ferro, as quais são aglutinadas mediante quantidades variáveis de fundentes e aquecidas em forno a temperaturas relativamente altas (1.200 a 1.500 °C) (SHREVE e BRINK, 1980). Na decoração das peças, as cerâmicas a quente utilizam fritas (compostos vítreos, insolúveis em água, segundo LÓPEZ et al, 2001) e pigmentos inorgânicos (que contêm metais); já as cerâmicas a frio utilizam solventes orgânicos, purpurinas e tintas a óleo. Nas indústrias estudadas, a água empregada na lavagem de materiais utilizados (pincéis, recipientes, etc.), é decantada, sendo a parte líquida escoada para a rede de esgoto da cidade e/ou diretamente a um corpo d'água adjacente, enquanto o resíduo sólido é depositado em caçambas, e o conteúdo enviado para o lixão da prefeitura ou disposto, incorretamente, em terrenos baldios, geralmente em áreas adjacentes ao rio Moji-Guaçu, oferecendo alto risco de contaminação de solos e águas subterrâneas mais superficiais.

A caracterização de RSI é um dos passos essenciais para sua classificação, sua correta gestão. Assim, a classificação dos RSI é realizada com três objetivos básicos (LORA, 2002): (a) caracterização: conhecer propriedades ou características dos resíduos que possam causar algum dano ao homem e ao meio ambiente; (b) disposição: permitir a tomada de decisões técnicas e econômicas em todas as fases do tratamento dos resíduos sólidos; (c) mobilização: da sociedade no controle dos resíduos cuja liberação para o meio ambiente seja problemática, de modo a permitir a tomada de decisões técnicas e econômicas em todas as fases do trato de resíduo, visando à sua disposição.

A classificação de RSI no Brasil é feita segundo a norma da ABNT NBR n. 10.004/04: resíduos sólidos (ABNT, 2004a), que permite a classificação dos RSI por meio de seus anexos A, B, C, D, E, F, G e H. As normas ABNT NBR n. 10.005/04 (ABNT, 2004b), NBR n. 10.006/04 (ABNT, 2004c) e NBR n. 10.007/04 (ABNT, 2004d) tratam da lixiviação, solubilização e amostragem de RSI devem ser aplicadas, caso também não se obtenha a devida classificação com base na NBR n. 10.004/04. Segundo Ferrari (2004), *“a classificação dos resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto a saúde e ao meio ambiente é conhecido, devendo ser a identificação dos constituintes criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem”*.

Conforme as normas antes citadas, os RSI são classificados nas seguintes classes:

a) Resíduos Classe I – perigosos: são todos os resíduos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade (incluindo quando o extrato – obtido pela norma ABNT NBR n. 10.005/04: lixiviação de resíduos – apresenta substâncias com concentrações superiores aos valores constantes na listagem n. G da NBR n. 10.004/04) e patogenicidade pode apresentar riscos à saúde pública, provocando ou contribuindo para o aumento da mortalidade ou incidência de doenças, e geram riscos ao meio ambiente, quando manejados ou dispostos de forma inadequada;

b) Resíduos Classe II – não-perigosos que se subdividem em (i) Classe II A – não-inertes: são os resíduos sólidos ou

mistura de resíduos sólidos os quais não se enquadram na Classe I – perigosos, ou na Classe II B – inertes (poderão estar incluídos na Classe II A os resíduos combustíveis, biodegradáveis e solúveis em água); e (ii) Classe III B – inertes: são quaisquer resíduos, quando amostrados de uma forma representativa pela norma ABNT NBR n. 10.007/04 e submetidos a um contato dinâmico e estático com a água destilada e deionizada, na temperatura ambiente, conforme a norma ABNT NBR n. 10.006/04, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme o anexo G da norma ABNT NBR n. 10.004/04.

Quando se consideram prováveis riscos à saúde pública e aos ecossistemas (meio ambiente), devido às conseqüências das atuais disposições dos resíduos das indústrias de cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira (SP), torna-se aparente a importância do presente trabalho que visa subsidiar a futura implantação de um programa de gestão de resíduos gerados para esse tipo de indústria.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o levantamento ou estudo do processo produtivo, utilizou-se o inventário nacional de resíduos sólidos industriais, embasado na Resolução CONAMA n. 313/02 (BRASIL, 2002) e nas normas da ABNT (SÉRIE NBR n. 10.000/04). Esse levantamento procurou responder a questões sobre os tipos de resíduos gerados, sobre as etapas e os fluxos que os mesmos eram gerados, segundo um balanço de massa do processo produtivo em que matérias-primas mais insumos entram no

processo produtivo, sofrem o processo industrial e geram produtos mais resíduos.

As primeiras visitas às indústrias permitiram a obtenção de dados gerais do processo, identificação de matérias-primas e de produtos gerados, fluxograma do processo industrial, estimativa da quantidade e composição dos resíduos gerados e identificação e quantificação das substâncias que conferem riscos de contaminação ambiental (riscos ecológicos) e à saúde pública.

Além das normas da ABNT NBR n. 10.007/04 (amostragem de resíduos), NBR n. 10.006/04 (solubilização de resíduos), NBR n. 10.005/04 (lixiviação de resíduos) e NBR n. 10.004/04 (resíduos sólidos), contendo esta última os valores numéricos de diversas variáveis para classificação dos resíduos, de acordo com limites máximos de solubilização e de lixiviação, foram também consultados o Decreto n. 8.468 (de 8/9/1976, do governo do estado de São Paulo) (SÃO PAULO, 1998) e a Resolução CONAMA n. 357/05 (do governo federal) (BRASIL, 2005), que estabelecem as concentrações máximas permitidas para lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora, uma vez que algumas amostras analisadas continham menos de 0,5% de sólidos suspensos, ou seja, tinham aspecto lodoso, porém praticamente líquidas; nesses casos, a norma da ABNT NBR n. 10.005/04 estabelece que seja retirado uma nova alíquota da amostra, que deve somente ser filtrada para a obtenção do extrato; portanto, além de comparados com os limites máximos para concentração de extratos lixiviados, neste trabalho, estes extratos foram também comparados com esses padrões de concentração máxima de lançamento de efluentes das supracitadas legislações.

As indústrias objeto deste estudo são, doravante, designadas como indústrias A e B que fabricam cerâmicas a quente, e a designada como indústria C, que fabrica cerâmica a frio, prioritariamente. Os nomes das empresas foram omitidos por questões de privacidade das mesmas e por estabelecimento e manutenção de uma relação de mútua confiança entre pesquisadores e pesquisados.

Nas indústrias em estudo foram realizadas as seguintes amostragens, em bases mensais entre as diferentes amostras (S = Solubilizado; L = Lixiviado; F = Efluente):

(a) Indústria A:

- Cinco amostras de diferentes argilas empregadas como matéria-prima de números 15 a 19S e 15 a 19L (todas aqui apresentadas – ver Tabela 2);
- nove amostras das 30 variações de cores de esmaltes utilizados por essa indústria, numeradas de 20 a 28S (todas aqui apresentadas – ver Tabela 2);
- nove amostras compostas de resíduos de um amontoado de resíduos a céu aberto na indústria de números 1 a 9S e 1 a 9L, das quais somente as de números 5, 6 e 8S e 5, 6 e 8L são apresentadas neste trabalho (ver Tabela 3), visto que os resultados das demais são similares e o conjunto escolhido é bastante representativo;
- uma amostra de efluente líquido de uma poça de lixiviado adjacente de número 1F apresentada neste trabalho (ver Tabela 3);
- 16 amostras de efluente de aspecto lodoso coletadas internamente na indústria (oito na pia 1, lavagens dos utensílios de preparo da massa e oito na pia 2, lavagens dos utensílios utilizados na decoração com esmalte), de números 2 a 9S e 2 a 9L, das quais apenas as de número 2, 6 e 9F e 10,11 e 16F têm os dados aqui apresentados (ver Tabela 3) (seleção de amostras

para apresentação de resultados seguiu o critério acima descrito);

- três amostras do tanque exterior à fábrica que junta os resíduos das pias 1 e 2, sendo as amostras 10S e 10F tratadas como resíduo sólido e as de números 18 e 19F (líquidas) (dados apresentados de todas essas amostras – ver Tabela 3);

- quatro amostras de peças quebradas de chacote, de chacote com esmalte e de decoração a frio de números 11 a 14S e 11 a 14L (todas aqui apresentadas – ver Tabela 4).

(b) Indústria B:

- Uma amostra de argila pronta de números 39S e 30L (ver Tabela 2);

- uma amostra de fritas de números 38S e 38L (ver Tabela 2);

- oito amostras compostas de resíduos (uma por mês) coletados em três diferentes pontos em uma canaleta coletora (única de toda a fábrica), numeradas de 29 a 36S e 29 a 36L, das quais são aqui apresentadas as amostras de números 29 e 34S e 29 e 34L (ver Tabela 3);

- uma amostra composta de resíduo das pias 1 e 2 (lavagem de utensílios de preparo da massa cerâmica para esmaltação e de pintura à mão, respectivamente), de números 37S e 37L (ver Tabela 3);

- uma amostra de efluente (pia 2 – decoração) de número 20F (ver Tabela 3).

(c) Indústria C:

- Uma amostra de pupurina de números 60S e 60L (ver Tabela 2);

- seis amostras de resíduos da aerografia (amostras numeradas de 50 a 55S e 50 a 55L, das quais se apresentam aqui as de números 50 e 54S e 50 e 54L (ver Tabela 3);

- quatro amostras de resíduos da pintura a óleo da pia 1 (amostras numeradas de 46 a 49S e 46 a 49L, das quais se analisaram as amostras de

números 46 e 47S e 46 e 47L (ver Tabela 3);

- seis amostras de resíduos da saída da pia de lavagem de utensílios do preparo da massa cerâmica e da fabricação de estampos (pia 2) das quais se apresentam aqui as amostras de número 44 e 45S e 44 e 45L (ver Tabela 3);

- quatro amostras de peças quebradas de chacote, de chacote com esmalte e de decoração a frio de números 56 a 59S e 56 a 50L (todas aqui apresentadas) (ver Tabela 4);

- duas amostras de efluente líquido das pias 1 (tinta a óleo) e 2 (areografia) para análise de BTX (ver Tabela 5).

Cada amostra coletada foi tratada separadamente nos processos de lixiviação e solubilização, e os extratos individualmente analisados para os diferentes analitos (espécies químicas).

Os resíduos sólidos foram coletados com uma pá plástica e as amostras armazenadas em saco plástico. Os resíduos lodosos (às vezes praticamente líquidos) foram coletados com concha plástica e armazenados em saco plástico e congelado. Esses resíduos eram transportados das indústrias em Porto Ferreira-SP até o Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (LBGqA) (www.biogeoquimica.dq.ufscar.br) do Departamento de Química da UFSCar em São Carlos-SP, onde eram realizados os ensaios de solubilização e lixiviação.

Os extratos dos processos de solubilização e lixiviação, obtidos dos resíduos amostrados segundo as normas da ABNT antes mencionadas, foram analisados no Laboratório de Poços de Caldas, Poços de Caldas-MG da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), para os metais Al, Cr, V e Zn por espectrofotometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (do inglês: *inductively coupled plasma atomic emission*

spectroscopy, ou, ICP-AES); para os metais Cd, Co, Cu e Pb empregou-se a técnica da espectrofotometria de absorção atômica por chama (do inglês: *flame atomic absorption spectrofotometry*, ou, AAS), enquanto o metalóide As foi analisado por AAS-gerador de hidretos. Foram realizadas 20 réplicas de ensaios de lixiviação e solubilização, com 10 amostras de resíduos escolhidas aleatoriamente, e os resultados das análises químicas de metais e metalóide efetuadas, excetuando-se as concentrações que estiveram abaixo dos limites de quantificação (LQ), mostram as seguintes concentrações médias e os respectivos desvios padrão para os diferentes elementos (mg L⁻¹): (a) Al: 0,60 ± 0,43 (72%) (N = 19); (b) As: 0,026 ± 0,011 (42%) (N = 13); (c) Cd: 0,017 ± 0,007 (42%) (N = 8); (d) Cr: as réplicas estiveram abaixo do LQ deste elemento (0,03 mg L⁻¹), impossibilitando o cálculo do desvio padrão; (e) Cu: 0,103 ± 0,061 (50%) (N = 20); (f) Pb: 18,14 ± 6,59 (36%) (N = 18); (g) Zn: 13,07 ± 4,56 (35%) (N=17); (h) V e Co: amostras e réplicas abaixo dos LQs respectivos de 0,12 e 0,03 mg L⁻¹).

Esses desvios padrão percentuais acima listados para os diferentes elementos podem ser considerados relativamente altos, mas há de considerar-se que eles refletem as réplicas não somente das análises químicas, mas também do quarteamento das amostras de resíduos sólidos, as quais são, na realidade, bastante heterogêneas, e das extrações do processo de solubilização e de lixiviação, processos estes com potencial de introduzir significativa variabilidade aos resultados finais. Agregue-se a esses fatores de variabilidade um fator extra vistos os baixos valores de concentrações determinadas para os diferentes elementos nas amostras escolhidas.

As amostras dos resíduos para a análise de compostos orgânicos foram coletadas em frasco de vidro âmbar, os quais foram completados sem deixar espaço de ar, lacrados, etiquetados e acondicionados em caixa de isopor com bolsas de gelo (cerca de 4°C). As análises das concentrações de benzeno, tolueno e xileno desses resíduos foram realizadas pela técnica da cromatografia gasosa, com detecção por espectrofotometria de massas (do inglês: *gas chromatography-mass spectrometry*, ou, GC-MS) (USEPA, 1996a). A técnica usada emprega o sistema de preparação de amostras chamado SPME (do inglês: *solid phase micro extraction*), segundo método protocolado da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) (USEPA, 1996b). O limite de quantificação para esses compostos é 0,005 mg L⁻¹. Como foi coletada apenas uma amostra em dois pontos distintos na indústria C, não foi possível se calcular o desvio padrão.

É importante registrar que a permissão para a execução do presente estudo junto das diretorias e/ou proprietários das três indústrias foi obtida após algumas entrevistas e negociações, nas quais se procurou mostrar que o estudo a ser promovido seria um importante aliado das indústrias na caracterização da qualidade dos resíduos gerados, uma vez que tais dados inexistiam, bem como pela percepção reinante nas direções dessas indústrias e no povo, em geral, na cidade de Porto Ferreira, que os resultados desse estudo vieram a demonstrar que as atividades desse tipo de indústria não são geradoras de resíduos os quais possam causar contaminação e mesmo uma posterior poluição ambiental.

| Indústrias | | A | B | C |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Produção (peças mês ⁻¹) | | 300.000 | 6.000 | 120.000 |
| Quantia (matéria-prima) | Massa cerâmica (ton. mês ⁻¹) | 300 | 15-20 | 20 |
| | Decoração (kg mês ⁻¹) | 500 (pigmentos) | 10 (pigmentos) | 20 (purpurinas) |
| Quantia (resíduo gerado) | Total* | | 8-12 m ³ mês ⁻¹ | 12-18 m ³ mês ⁻¹ |
| | Estampo gesso | 15 ton. mês ⁻¹ | | |
| | Peças quebradas | 12 ton. mês ⁻¹ | 600-1.200 peças mês ⁻¹ | 600 peças mês ⁻¹ |
| | Decoração | 300 kg mês ⁻¹ (esmalte) | | ~ 0,72 m ³ mês ⁻¹ (aerografia) ~ 0,60 m ³ mês ⁻¹ (pintura a óleo) |

*Total: peças quebradas, decantação do lodo e estampos.

Tabela 1 – Produção de peças, quantidade de matérias-primas e de resíduos gerados, pelas indústrias A, B e C de cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira, SP, estudadas neste trabalho

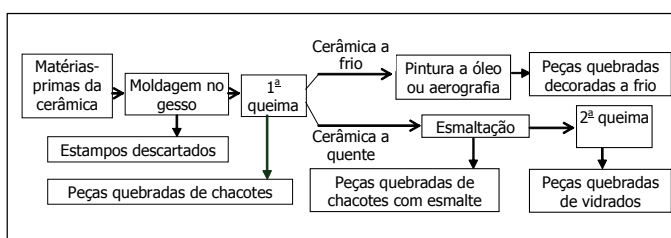


Figura 1 – Fluxograma da fabricação da cerâmica artística na cidade de Porto Ferreira, SP

Tabela 2 – Resultados das concentrações (em mg L⁻¹) de metais e metalóide (As) nos extratos dos processos de solubilização e lixiviação de amostras de algumas matérias-primas (argilas) e insumos (esmaltes, fritas e purpurinas) das indústrias A, B e C da cidade de Porto Ferreira, SP

Nota: O número que antecede o tipo do extrato refere-se ao número da amostra individual coletada em cada caso.

| Limite de Quantificação | | | 0,02 | 0,0003 | 0,010 | 0,03 | 0,010 | 0,10 | 0,005 | |
|--------------------------------|---|----------------------|-----------------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Limite máximo de Solubilização | | | 0,20 | 0,0500 | 0,005 | 0,05 | 1,000 | 0,05 | 5,000 | |
| Limite máximo de Lixiviação | | | | 5,0000 | 0,500 | | | 5,00 | | |
| Indústria | Matéria-prima | n. do extrato | Al | As | Cd | Cr | Cu | Pb | Zn | |
| A | Argila MVB Varginha (SP) | 15 Solubilizado | 0,18 | <LQ | <LQ | 0,03 | <LQ | <LQ | <LQ | |
| | | 15 Lixiviado | <LQ | <LQ | <LQ | <LQ | <LQ | <LQ | <LQ | |
| | Argila Branca Suzano (SP) | 16 Solubilizado | 0,27 | <LQ | <LQ | 0,04 | <LQ | <LQ | 0,011 | |
| | | 16 Lixiviado | 0,07 | <LQ | <LQ | <LQ | 0,010 | <LQ | 0,006 | |
| | Argila Floresta Boracha Bento do Sul (SC) | 17 Solubilizado | 0,32 | <LQ | <LQ | 0,06 | <LQ | <LQ | 0,073 | |
| | | 17 Lixiviado | 1,30 | <LQ | <LQ | <LQ | 0,020 | 0,20 | 0,006 | |
| | Argila São Simão São Simão (SP) | 18 Solubilizado | 4,63 | 0,0043 | <LQ | 0,05 | 0,030 | <LQ | 0,102 | |
| | | 18 Lixiviado | 0,81 | 0,0014 | <LQ | <LQ | 0,030 | <LQ | 0,058 | |
| | Argila MTPT Tabatinga (PR) | 19 Solubilizado | 3,22 | 0,0076 | <LQ | 0,06 | 0,020 | 0,30 | 0,228 | |
| | | 19 Lixiviado | 3,47 | 0,0075 | <LQ | <LQ | 0,030 | 0,10 | 0,113 | |
| | | Esmalte amarelo gema | 20 Solubilizado | 2,24 | 0,0211 | <LQ | <LQ | 0,020 | 22,7 | 0,877 |
| | | Esmalte azul cobalto | 22 Solubilizado | 17,5 | 0,0028 | <LQ | <LQ | 0,020 | 31,6 | 130,0 |
| | | Esmalte branco | 23 Solubilizado | 1,15 | 1,7850 | <LQ | <LQ | 0,020 | 1,20 | 17,10 |
| | | Esmalte preto | 25 Solubilizado | 6,23 | 0,0052 | 0,010 | <LQ | 0,010 | 8,40 | 0,220 |
| | Esmalte verde cromo | 26 Solubilizado | 7,60 | 0,0039 | <LQ | <LQ | 0,010 | 10,4 | 0,314 | |
| | Esmalte vermelho cádmio | 27 Solubilizado | <LQ | <LQ | 0,010 | <LQ | <LQ | 0,20 | <LQ | |
| | Esmalte vinho | 28 Solubilizado | 4,05 | <LQ | <LQ | 0,28 | 0,010 | 12,6 | 0,152 | |
| B | Argila pronta | 39 Solubilizado | 1,33 | 0,0044 | <LQ | 0,05 | 0,020 | <LQ | <LQ | |
| | | 39 Lixiviado | 0,16 | <LQ | <LQ | <LQ | 0,020 | <LQ | <LQ | |
| | Fritas | 38 Solubilizado | 0,22 | 0,0023 | <LQ | <LQ | 0,010 | 0,20 | <LQ | |
| | | 38 Lixiviado | 0,07 | <LQ | <LQ | <LQ | <LQ | 0,70 | <LQ | |
| C | Purpurinas | 60 Solubilizado | 1,46 | <LQ | <LQ | <LQ | 0,040 | <LQ | 1,090 | |
| | | 60 Lixiviado | <LQ | <LQ | <LQ | <LQ | 0,020 | <LQ | 3247,0 | |

RESULTADOS

Neste artigo são mostrados apenas alguns dos resultados levantados, julgados mais relevantes, que serviram de base para estabelecer caracterização e classificação dos RSI em questão (ver discriminação das amostras na seção Material e Métodos e Tabelas 2-5). Os dados completos podem ser obtidos no trabalho de dissertação de mestrado de Gomes (2003), disponível no banco eletrônico de teses e dissertações da Biblioteca Central da UFSCar.

Na Tabela 1, são apresentadas algumas informações das indústrias A, B e C, obtidas no levantamento ou estudo do processo produtivo, como dados sobre produção, quantidades de matérias-primas utilizadas e de resíduos gerados pelas indústrias estudadas. A Figura 1 apresenta, por sua vez, um esquema simplificado da fabricação da cerâmica artística (cerâmica branca).

As Tabelas 2-5 mostram resultados (concentrações em mg L^{-1}) das análises químicas dos metais/metaloíde nos extratos dos processos de lixiviação e solubilização (Tabelas 2-4) e de benzeno, tolueno e xileno (BTX) (Tabela 5), para os tipos de amostras coletadas e os respectivos locais de coleta. Além disso, mostram os limites de quantificação para cada elemento, os limites máximos para extratos obtidos pelos ensaios de lixiviação e solubilização, e as concentrações máximas permitidas para lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora.

Os códigos de cores dos valores das variáveis das Tabelas 2, 3 e 4 servem para se identificar os limites máximos de solubilização (cinza claro), lixiviação (cinza), e as concentrações máximas de lançamento de efluentes (cinza escuro) (estes, especificamente na Tabela 3) e as amostras que violaram tais valores.

Tabela 3 – Resultados das concentrações (em mg L^{-1}) dos metais nos extratos processados de amostras de resíduos sólidos das indústrias A, B e C da cidade de Porto Ferreira, SP

| Limite de Quantificação | | | 0,02 | 0,0003 | 0,010 | 0,03 | 0,010 | 0,10 | 0,005 | |
|--|---|---|-----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Limite máximo de Solubilização | | | 0,20 | 0,0500 | 0,005 | 0,05 | 1,000 | 0,05 | 5,000 | |
| Limite máximo de Lixiviação | | | | 5,0000 | 0,500 | | | 5,00 | | |
| Concentração máxima Lixiviado/Efluente | | | | 0,2000 | 0,200 | | 1,000 | 0,50 | 5,00 | |
| Indústria | Local de coleta | n. do extrato | Al | As | Cd | Cr | Cu | Pb | Zn | |
| A | Galpão de preparo de esmalte | 5 Solubilizado | 0,33 | 0,2610 | <LQ | 0,04 | 0,043 | 1,77 | 0,256 | |
| | | 5 Lixiviado | 0,28 | 0,0798 | 0,014 | 0,04 | 0,086 | 108,8 | 17,89 | |
| | | 6 Solubilizado | 0,36 | 0,1073 | <LQ | 0,04 | 0,133 | 2,57 | 0,180 | |
| | | 6 Lixiviado | 0,25 | 0,0304 | 0,027 | 0,04 | 0,393 | 131,6 | 8,901 | |
| | | 8 Solubilizado | 0,26 | 0,0802 | <LQ | 0,04 | 0,059 | 0,31 | 0,028 | |
| | | 8 Lixiviado | 0,24 | 0,0512 | 0,024 | 0,04 | 0,895 | 119,7 | 11,41 | |
| | Poça a 5 metros após galpão de esmalte | 1 Lixiviado/Efluente | 0,35 | 0,0428 | 0,013 | 0,03 | 0,047 | 1,39 | 0,042 | |
| | Pia 1 – lavagem dos utensílios de preparo da massa | 2 Lixiviado/Efluente | 0,25 | 0,0046 | <LQ | 0,04 | 0,035 | 0,14 | 0,027 | |
| | | 6 Lixiviado/Efluente | 0,34 | 0,0030 | <LQ | 0,05 | 0,036 | <LQ | 0,024 | |
| | | 9 Lixiviado/Efluente | 0,23 | 0,0029 | <LQ | 0,04 | 0,031 | 0,12 | 0,016 | |
| | Pia 2 – lavagem dos utensílios da decoração/esmaltes | 10 Lixiviado/Efluente | 0,24 | 0,2083 | <LQ | 0,03 | 0,030 | 0,55 | 0,019 | |
| | | 11 Lixiviado/Efluente | 0,30 | 0,0135 | <LQ | 0,03 | 0,032 | 0,79 | 1,413 | |
| | | 16 Lixiviado/Efluente | 0,28 | 0,6795 | <LQ | 0,05 | 0,029 | <LQ | 0,056 | |
| | Tanque exterior à fábrica, que junta os resíduos das pias 1 e 2 | 10 Solubilizado | 0,66 | 0,0030 | <LQ | 0,08 | 0,010 | <LQ | 0,035 | |
| | | 10 Lixiviado | 3,55 | <LQ | <LQ | 0,06 | 0,040 | 0,30 | <LQ | |
| | | 18 Lixiviado/Efluente | 0,62 | 0,0385 | <LQ | 0,04 | 0,034 | 5,42 | 0,100 | |
| | B | Canaleta que passa pelo interior da indústria B, após as pias 1 e 2 | 29 Solubilizado | 0,43 | 0,0068 | <LQ | 0,04 | 0,054 | 0,70 | 0,019 |
| | | | 29 Lixiviado | 0,48 | <LQ | 0,024 | 0,05 | 0,061 | 7,14 | 0,051 |
| 34 Solubilizado | | | 0,30 | 0,0071 | <LQ | 0,06 | 0,020 | <LQ | <LQ | |
| Pia 1 – massa e a pia 2 – decoração | | 34 Lixiviado | 0,35 | <LQ | 0,012 | 0,05 | 0,016 | 16,16 | 0,158 | |
| | | 37 Solubilizado | 0,37 | 0,0092 | <LQ | 0,04 | 0,054 | 1,17 | 0,060 | |
| | | 37 Lixiviado | 0,43 | 0,0015 | 0,026 | 0,04 | 0,802 | 3,31 | 0,032 | |
| Pia 2 – decoração | 20 Lixiviado/Efluente | 0,25 | 0,0056 | <LQ | 0,04 | 0,047 | 0,91 | 0,027 | | |
| C | Tanque de lavagem de utensílios de preparo de massa e de estampos | 50 Solubilizado | 0,37 | 0,0003 | 0,012 | 0,06 | 0,056 | <LQ | 0,027 | |
| | | 50 Lixiviado | 0,58 | <LQ | 0,023 | 0,05 | 0,111 | 0,54 | 0,056 | |
| | | 54 Solubilizado | 1,15 | 0,0006 | <LQ | 0,08 | 0,040 | 0,10 | <LQ | |
| | Pia 1 – decoração com tinta a óleo | 54 Lixiviado | 4,39 | <LQ | 0,010 | 0,04 | 0,050 | 0,30 | 0,126 | |
| | | 46 Solubilizado | 0,32 | 0,0051 | <LQ | 0,05 | 0,149 | <LQ | 0,022 | |
| | | 46 Lixiviado | 0,35 | <LQ | 0,013 | 0,05 | 0,063 | 32,37 | 0,119 | |
| | | 47 Solubilizado | 0,32 | 0,0026 | <LQ | 0,05 | 0,055 | <LQ | 0,023 | |
| | Pia 2 – decoração com aerografia | 47 Lixiviado | 0,66 | <LQ | 0,013 | 0,05 | 0,061 | 8,10 | 0,543 | |
| | | 44 Solubilizado | 0,22 | 0,0015 | <LQ | 0,04 | 0,020 | 0,10 | <LQ | |
| | | 44 Lixiviado | 0,28 | <LQ | <LQ | <LQ | 0,040 | 143,0 | 48,60 | |
| | | 45 Solubilizado | 0,28 | <LQ | <LQ | 0,05 | 0,010 | 0,10 | 0,005 | |
| | | 45 Lixiviado | 0,48 | <LQ | <LQ | <LQ | 0,020 | 63,10 | 0,502 | |

Tabela 4 – Resultados das concentrações (em mg L⁻¹) dos metais e metalóide (As) nos extratos obtidos de amostras de resíduos secos das indústrias A, B e C da cidade de Porto Ferreira, SP

| Limite de Quantificação | | | 0,02 | 0,0003 | 0,010 | 0,03 | 0,010 | 0,10 | 0,005 |
|--------------------------------|--|-----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Limite máximo de Solubilização | | | 0,20 | 0,0500 | 0,005 | 0,05 | 1,000 | 0,05 | 5,000 |
| Limite máximo de Lixiviação | | | | 5,0000 | 0,500 | | | 5,00 | |
| Indústria | Local de coleta | n. do extrato | Al | As | Cd | Cr | Cu | Pb | Zn |
| A | Peças quebradas de chacote | 11 Solubilizado | 2,75 | 0,0005 | <LQ | <LQ | 0,010 | 0,10 | 0,009 |
| | | 11 Lixiviado | 7,59 | <LQ | <LQ | 0,10 | 0,040 | 0,20 | 0,131 |
| | Peças quebradas de chacote com esmalte | 12 Solubilizado | <LQ | 0,0019 | <LQ | <LQ | 0,020 | 0,10 | <LQ |
| | | 12 Lixiviado | 4,62 | 0,0132 | 0,010 | 0,06 | 0,050 | 15,60 | 8,310 |
| | Peças quebradas de vidrados | 13 Solubilizado | 2,68 | 0,0013 | <LQ | 0,12 | 0,010 | <LQ | <LQ |
| | | 13 Lixiviado | 4,06 | 0,0009 | <LQ | 0,07 | 0,020 | 0,10 | 0,607 |
| Estampos de gesso descartado | 14 Solubilizado | <LQ | 0,0004 | 0,020 | <LQ | 0,050 | 0,20 | <LQ | |
| | 14 Lixiviado | 0,14 | 0,0008 | <LQ | <LQ | 0,040 | 0,60 | 0,010 | |
| C | Peças quebradas de chacote | 56 Solubilizado | 10,2 | <LQ | <LQ | 0,13 | 0,020 | 0,10 | <LQ |
| | | 56 Lixiviado | 1,67 | 0,0014 | 0,017 | 0,05 | 0,309 | 0,40 | 0,026 |
| | Peças quebradas de chacote com esmalte | 57 Solubilizado | 0,13 | <LQ | <LQ | 0,36 | 0,100 | 0,10 | <LQ |
| | | 57 Lixiviado | 1,07 | 0,0013 | 0,404 | 0,05 | 0,128 | 21,66 | 0,208 |
| | Peças quebradas de vidrados | 58 Solubilizado | 0,13 | <LQ | <LQ | 0,27 | <LQ | <LQ | <LQ |
| | | 58 Lixiviado | 1,47 | 0,0016 | 0,017 | 0,05 | 0,286 | 0,31 | 0,035 |
| | Peças quebradas decoradas a frio | 59 Solubilizado | 1,12 | <LQ | <LQ | 0,49 | 0,330 | <LQ | <LQ |
| | | 59 Lixiviado | 1,59 | 0,0016 | 0,021 | 0,05 | 0,366 | 2,14 | 0,066 |

Tabela 5 – Resultados de concentrações (em mg L⁻¹) de compostos orgânicos (BTX) das amostras de efluentes das pias 1 e 2 da Indústria C da cidade de Porto Ferreira, SP (LQ válido para os três diferentes compostos é de 0,005 mg L⁻¹)

| Local de Coleta | Benzeno (mg L ⁻¹) | Tolueno (mg L ⁻¹) | Xilenos (mg L ⁻¹) |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Pia 1 tinta a óleo | <0,005 | 0,039 | <0,005 |
| Pia 2 aerografia | <0,005 | 0,464 | 0,015 |

Tabela 6 – Valores orientadores para águas subterrâneas, para solos (industrial) e limites de odor estabelecidos pela Cetesb (2001)

| Variáveis | Benzeno | Tolueno | Xilenos |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| Valor de Intervenção para Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (mg L ⁻¹) | 0,005 ⁽¹⁾ | 170,0 ⁽²⁾ | 300,0 ⁽¹⁾ |
| Valor de Intervenção Industrial Solos no Estado de São Paulo (mg kg ⁻¹) | 3,0 | 140,0 | 15,0 |
| Limite de Odor da Mistura (mg m ⁻³) | 15,0 | 9,40 | 4,35 |

(1) Padrão de potabilidade da água da Portaria n. 518/2004 do Ministério da Saúde para substâncias que apresentam risco à saúde; (2) Padrão de potabilidade da água da Portaria n. 518/2004 do Ministério da Saúde para aceitação de consumo (critério organoléptico).

Na Tabela 5 estão listados os resultados das análises dos compostos orgânicos (BTX), das efluentes das pias 1 e 2 da Indústria C.

DISCUSSÃO

A cidade de Porto Ferreira-SP é de médio-pequeno porte, contabilizando, oficialmente, 108 indústrias de cerâmicas artísticas, e visto que somente em uma delas estudadas neste trabalho (a Indústria A) a produção total é de 300.000 peças mês⁻¹, o descarte é de 27 toneladas mês⁻¹, entre estampos e peças quebradas e 300 kg mês⁻¹ de resíduos da decoração (Tabela 1). Esses dados, em si, já denotam a necessidade da implantação de um programa de gestão de resíduos nas indústrias estudadas, existindo um controle melhor das quantias de matérias-primas e peças produzidas do que das quantias de resíduos gerados – estas últimas, estimadas pelo volume e número de vezes que as caçambas com os resíduos são retiradas das indústrias. Por isso, como será concluído neste trabalho, o levantamento de dados da cadeia produtiva, da caracterização e classificação dos resíduos, constituem-se a base adequada para a proposta de formas de disposição destes RSI.

Às amostras de matéria-prima foram aplicados os mesmos procedimentos dos RSI estudados neste trabalho, mesmo que tais matrizes não se constituam RSI propriamente ditos. Os resultados dessas análises, os quais podem ser vistos na Tabela 2, indicam que, nos extratos do processo de solubilização, as concentrações de Al, As, Cd, Cr, Pb e Zn ultrapassaram os limites de solubilização, e conseqüentemente, tais materiais foram classificados como Classe IIA-não-inertes. Pode-se inferir

desses resultados que essas matérias-primas produzem contaminação dos materiais produzidos por seu emprego, bem como nos RSI gerados. Infelizmente, os limites de quantificação (LQ) para os elementos Cd e Pb das técnicas analíticas disponíveis e empregadas neste estudo não tiveram a sensibilidade necessária, isto é, os LQs estavam acima dos limites máximos de solubilização (ver Tabela 2). Mesmo assim, para algumas amostras, as concentrações dos extratos analisados ficaram acima do LQ, portanto, também acima do limite máximo de solubilização. No entanto, se a técnica de espectrofotometria de absorção atômica por forno de grafite, por exemplo, estivesse disponível, esta inadequação teria sido evitada (NASCIMENTO, 2003).

Para os resíduos (sólidos) lodosos das indústrias estudadas (Tabela 3), nos extratos de amostras coletadas da etapa de decoração ou que tiveram contato com esta etapa (como águas de lavagens), a maioria das concentrações de Pb ultrapassou os limites de lixiviação, portanto, estes resíduos são classificados como Classe I-perigosos. Já nos extratos das amostras das etapas anteriores à decoração, como no preparo da massa cerâmica ou dos estampos de gesso, as concentrações de Al, Cd, Cr e Pb na Indústria C, e Al e Pb na Indústria B, ultrapassaram os limites de solubilização, classificados como resíduos de Classe IIA-não-inertes. Os extratos do processo de lixiviação/efluente da Indústria A, as concentrações obtidas de As, Cd, Cu, Pb e Zn não ultrapassaram as concentrações máximas de lançamento de efluentes (Decreto n. 8.468/76 ou da CONAMA n. 357/05) (SÃO PAULO, 1976; e BRASIL, 2005, respectivamente), e estes resíduos são classificados como Classe IIB-inertes.

Nas amostras de peças quebradas de chacote (peça cerâmica que passou pela 1ª queima) com esmalte (que ainda não recebeu a 2ª queima e, portanto, não vitrificou), seus extratos obtidos na lixiviação tiveram as concentrações de Pb acima dos limites de lixiviação (Tabela 4), sendo classificados como resíduos de Classe I-perigosos. Já as demais amostras de peças quebradas cerâmicas e de estampos de gesso tiveram, em seus extratos obtidos na solubilização, concentrações de Al, Cd, Cr e Pb acima dos limites de solubilização, sendo classificadas como Classe IIA-não-inertes. Os resíduos da Indústria B, de peças quebradas, são do mesmo tipo que os da Indústria A, e os resíduos de estampos de gesso são do mesmo tipo para as três indústrias, razão pela qual não foram realizados mais ensaios com esses, pois a expectativa seria de resultados similares.

Os resultados de análises para os compostos orgânicos benzeno, tolueno e xileno (BTX), dos efluentes das pias 1 e 2 da Indústria C, estão dispostos na Tabela 5. Como esses compostos orgânicos foram analisados em efluente líquido os resultados das análises efetuadas teriam, obrigatoriamente, de serem comparados a valores de lançamento de efluentes tanto do Decreto Estadual n. 8.648/76 (SÃO PAULO, 1976) como da Resolução CONAMA n. 357/05 (BRASIL, 2005). No entanto, a lista de padrões referida não inclui esses compostos (consta da lista apenas cinco diferentes compostos orgânicos: clorofórmio, dicloroetano, fenóis totais, tetracloro de carbono e tricloroetano). Outra possibilidade de comparação dos resultados da Tabela 5 seria com os limites de odor listados na Tabela 6, o que também não é compatível, pois os dados levantados se referem à efluente e não à concentração desses compostos da atmosfera. Apesar

dessas impossibilidades de comparações com valores orientadores, fica aparente que os efluentes analisados, e terem concentrações significativamente acima do LQ para o tolueno e xilenos, e serem compostos muito voláteis e altamente tóxicos, representam riscos aos ecossistemas e seres humanos. O benzeno é carcinogênico (leucemia) e concentrações acima de 32 mg m^{-3} devem ser evitadas, enquanto o tolueno tem sido associado a casos de danos neurológicos permanentes em crianças (CETESB, 2001). No entanto, esse composto não se constitui em preocupação para esse estudo de caso, pois os resultados das análises das amostras coletadas estiveram abaixo do limite de detecção do método empregado em laboratório (ver Tabela 6).

Deve ser também considerado que a norma ABNT NBR n. 10.004/04 estabelece que os compostos orgânicos benzeno, tolueno e xileno são inflamáveis e tóxicos. Para o benzeno, a concentração mínima, para que um resíduo seja considerado perigoso, é de 20 mg kg^{-1} (não estão estabelecidos valores equivalentes para tolueno e xilenos). Registre-se também que o tolueno está na listagem n. 4 – anexo D de substâncias que conferem periculosidade a resíduos industriais (Classe I-perigoso) desta norma da ABNT. Infelizmente, o presente estudo não analisou BTX nos resíduos estudados e o levantamento de inferências a este respeito não são possíveis no momento.

CONCLUSÕES

O presente estudo revelou que os resíduos das indústrias de cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira-SP não são inertes como, popularmente, supunha-se anteriormente. As

concentrações de metais, metalóide e dos compostos orgânicos determinadas neste estudo foram, de certa forma, uma surpresa ruim, pois como esses resíduos cerâmicos provêm, basicamente, de argilas, não se esperava que alguns resíduos fossem classificados como Classe I-perigosos. A expectativa era que, no máximo, tais resíduos se classificassem como Classe IIA-não-inertes, especificamente, pela presença dos esmaltes da decoração.

Reconhece-se ser essencial a realização de estudos futuros (mais amplos e sistemáticos) de caracterização dos resíduos sólidos das indústrias de cerâmicas artísticas da cidade de Porto Ferreira-SP abordadas neste trabalho, bem como de outras, para a devida aplicação de tecnologias para segregar, tratar e remediar o problema causado pelos RSI desta cidade. Sugere-se também seja investigada contaminação atmosférica, uma vez que o Pb e, eventualmente, outros elementos, poderiam estar sendo liberados para a atmosfera pela queima das peças esmaltadas nos fornos. A título de exemplo, pode-se citar que o estudo da poluição desse tipo de indústria na Espanha tem maior ênfase na avaliação da contaminação atmosférica (LÓPES et al, 2001).

Deve-se considerar também a existência no mercado de tecnologias de tratamento e até de reaproveitamento possíveis de serem aplicadas ao material cerâmico em geral, como as que utilizam tais materiais na construção civil. Portanto, ao invés de serem construídos aterros industriais Classes I e II, ou se realizarem gastos excessivos com recursos públicos para o envio dos resíduos de indústrias de cerâmicas artísticas até aterros em cidades distantes de Porto Ferreira (SP) (como é feito no presente caso), deveria ser montado um plano para o

reaproveitamento destes, pela implantação de um programa de gestão. Em decorrência dos resultados obtidos por este trabalho sugere-se que os resíduos das peças quebradas, dos estampos de gesso descartados e de lodo contaminado, possam ser reutilizados na fabricação de cimento, e os resíduos de lodos não-contaminados possam ser reutilizados na massa cerâmica.

Dentre as várias justificativas principais para não se ter ainda implementado um programa de gestão desses resíduos, bem como suas conseqüências negativas estão: (a) gastos na troca da tubulação da rede de esgotos, entupida pelos lodos provenientes do processo industrial; (b) questão da saúde pública e ambiental, por metais pesados e alguns compostos orgânicos incorporados a estas lamaz; (c) deposição desses resíduos em qualquer localidade dessa cidade, como terrenos baldios, garagens de domicílios e locais adjacentes ao rio Moji-Guaçu, verdadeiros chamarizes para deposição de outros tipos de lixos, transformando a área em lixão.

Decorrente disso, os compostos de alta toxicidade ambiental (aos ecossistemas e ao homem) estão sendo lixiviados e/ou solubilizados desses resíduos, inadequadamente dispostos, e podem estar migrando direta e/ou indiretamente em direção ao rio Moji-Guaçu, o que demanda urgente ação das empresas e dos poderes públicos locais.

A sugestão final que se pode apresentar é: os resíduos que mostraram concentrações de metais e metalóide estudados acima dos limites máximos de lixiviação devem ser segregados (isto é, separados dos demais que não violam tais limites) e dispostos em aterro industrial Classe I-perigosos. Das três indústrias estudadas,

os resíduos da etapa de decoração ou que tiveram contato com esta, devem ter a mesma destinação, pois, entre os metais investigados, o Pb apresentou as maiores concentrações acima desse limite. Os outros resíduos classificados como Classe IIA-não-inertes e mesmo os de Classe IIB-inertes devem ser segregados dos demais e dispostos em aterro industrial Classe IIA-não-inertes.

Agradecimentos: À Fapesp pela bolsa de mestrado do segundo autor (Proc. n. 01/12668-9, sob responsabilidade de Antonio A. Mozeto) e aos técnicos do Laboratório de Poços de Caldas-MG da CNEN pelo treinamento da bolsista e realização das análises químicas de metais e metalóide.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica NBR n. 10.004, *Resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.
- _____. Norma Técnica NBR 10.005, *Lixiviação de resíduos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.
- _____. Norma Técnica NBR n. 10.006, *Solubilização de resíduos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004c.
- _____. Norma Técnica NBR n. 10.007, *Amostragem de resíduos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004d.
- BRAILE P. M.; CAVALCANTI, Jewa. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. São Paulo: Cetesb, 1993.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 313, 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. *Resolução CONAMA n. 313_02 revoga 006_88 Resíduos Sólidos.htm*. Brasília, DF: CONAMA, 2002.
- _____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n. 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: CONAMA; 2005. Disponível em:

<www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo*. São Paulo: Cetesb, 2001. (Série Relatórios Ambientais. Organizadores: CASARINI, D. C. P; DIAS, C. L.; LEMOS, M. M. G.).

FERRARI, J. C. *Subsídios para a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos industriais em uma unidade de produção de embalagens de papel – Estudo de caso*. Trabalho de conclusão de curso – CCET/Curso de Engenharia Ambiental, PUC do Paraná, Curitiba, 2004.

GOMES, A. C. P. *Caracterização de resíduos sólidos das indústrias de cerâmicas artísticas de Porto Ferreira, SP*. 2003. (Dissertação Mestrado em Química). Departamento de Química – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2003.

IZIQUÉ, C. *Novo molde de desempenho industrial. Cepid após a modernização das 108 empresas do pólo cerâmico de Porto Ferreira*. Pesquisa Fapesp, n. 66, p. 56-59, 2001.

LÓPEZ, P. E.; CATELLÓ, J. B. C.; CORDONCILLO, E. C. *Esmaltes y pigmentos cerámicos*. Itália: Faenza Editrice Iberica s.l., 2001. (Collección Enciclopedia Cerámica).

LORA, E. E. S. *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

NASCIMENTO, M. R. L. *Proposição de valores de referência para concentração de metais e metalóides em sedimentos límnicos e fluviais da bacia hidrográfica do rio Tietê*. 2003. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2003.

ROCCA, A. C. C. *Resíduos sólidos industriais*. 2. ed. São Paulo: Cetesb, 1993.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Decreto n. 8.468, de 8 de setembro de 1976. Aprova do Regulamento de Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. *Relatórios Ambientais. Série Documentos. Legislação Estadual. Controle de Poluição Ambiental*. São Paulo, p. 119.

SHREVE, R. N.; BRINK JR. J. A. *Indústrias de processos químicos*. 4. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois S. A., 1980.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)*. Washington (DC): USEPA – Método de Análise; Method 8260B, 1996a.

_____. *Volatile organic compounds in solids and other matrices using equilibrium headspace analysis*. Washington (DC): USEPA – Método de Análise; Method 5021, 1996b.