

### III-215 – TABELAS DE CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DO LIXIVIADO DE ATERROS SANITÁRIOS BRASILEIROS: FASES ÁCIDA E METANOGÊNICA

**Gabriel D'Arrigo de Brito Souto<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela UFRGS e biólogo pela PUC-RS. Especialização em Qualidade e Modelagem Estatística pela UFRGS. Mestre em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento) pela EESC-USP. Doutor em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento) pela EESC-USP.

**Jurandyr Povinelli**

Engenheiro Civil e Engenheiro Sanitarista pela USP. Especialização em Engenharia Sanitária pela USP. Mestre em Saúde Pública pela USP. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Livre-Docente (USP). Professor Titular da EESC-USP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Prof. Carvalho de Freitas, 1336 - Teresópolis – Porto Alegre - RS - CEP: 91720-090 - Brasil  
- Tel: +55 (51) 9959-6293 - e-mail: [gbsouto@terra.com.br](mailto:gbsouto@terra.com.br)

#### RESUMO

Os aterros sanitários são considerados hoje como uma das melhores soluções para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, para o atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Os antigos lixões vêm sendo substituídos por aterros bem projetados e operados. Entretanto, os aterros ainda representam risco ambiental devido à liberação de gases e à produção de lixiviado. O tratamento do lixiviado ainda representa um desafio aos profissionais da área, não tendo ainda sido encontrada uma solução eficaz. Parte do insucesso pode ser devida ao uso de parâmetros de projeto inadequados. A maior parte das tabelas de características do lixiviado apresenta informações oriundas de aterros localizados em países de clima temperado, que podem diferir das observadas nos aterros brasileiros. As tabelas nacionais, por seu lado, usualmente não consideram a variação ao longo do tempo (fases dos aterros). Este trabalho consistiu na elaboração de tabelas com as características do lixiviado de aterros brasileiros diferenciadas para as fases ácida e metanogênica, com base em dados publicados acerca de 40 aterros reais, distribuídos por todas as regiões do país. Foram consideradas somente as variáveis para as quais se obteve as faixas de variação em pelo menos 10 aterros. Valores espúrios foram eliminados de cada conjunto de dados utilizando-se o critério de Chauvenet. Conseguiu-se apresentar as faixas de variação para 25 variáveis. Além dos valores máximo e mínimo globais, as tabelas também informam os percentis 10, 20, 80 e 90 %, ou seja, os valores máximos e mínimos que são encontrados em 80 e 90 % dos aterros. Por fim, foi feita uma comparação entre as tabelas elaboradas neste estudo e as tabelas internacionais mais usadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aterro Sanitário, Lixiviado, Chorume, Tabelas de Caracterização, Critério de Chauvenet.

#### INTRODUÇÃO

Os aterros sanitários são considerados hoje como uma das melhores soluções para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. Eles têm como vantagens o confinamento seguro dos resíduos e a otimização do uso do espaço disponível. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10) estabelece que os antigos lixões devam ser progressivamente recuperados e eliminados. Essa recuperação envolve sua substituição por aterros bem projetados e operados. Porém, os aterros ainda representam risco ambiental devido à liberação de gases e à produção de lixiviado (Bidone & Povinelli, 1999).

O gás produzido pelos aterros, mistura do biogás oriundo da degradação biológica da matéria orgânica com diversos outros compostos voláteis, pode, em determinadas circunstâncias, proporcionar algum incremento de receita por meio da venda de créditos de carbono. Entretanto, o mesmo não ocorre com o lixiviado, cujo tratamento sempre implica em aumento de custos aos operadores do aterro.

A elevada carga poluente do lixiviado exige que o mesmo receba um tratamento adequado antes de ser disposto num corpo receptor ou no solo, sob pena de contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Esse tratamento ainda representa um desafio aos profissionais da área, não tendo sido encontrada uma solução

técnica e economicamente eficaz. Raras são as estações de tratamento de lixo que apresentam desempenho satisfatório. Na ausência de melhores alternativas, as opções adotadas mais frequentemente são as lagoas de estabilização e o envio do lixo a estações de tratamento de esgotos domésticos ou industriais (Jucá, 2004).

É possível que parte do insucesso possa ser devida ao uso de parâmetros de projeto inadequados. Em particular, no pouco conhecimento das características químicas do lixo de aterros brasileiros e das variações destas ao longo do tempo. O lixo muda significativamente quando o aterro passa da fase ácida para a fase metanogênica. A bibliografia disponível usualmente apresenta dados oriundos do exterior, principalmente de países de clima temperado. Nesse sentido, um passo muito importante foi dado no Edital 5 do PROSAB, com a publicação do livro “Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras” (Gomes, 2009).

Existem na literatura diversas tabelas que apresentam as características típicas do lixo. As tabelas internacionais mais conhecidas são as de Chian & DeWalle (1976, 1977), adotadas por Qasim & Chiang (1994), de Ehrig (1989) e de Tchobanoglous *et al.* (1993). Todas elas levam em conta a variação das características do lixo ao longo do tempo. Note-se que as tabelas de Ehrig, apesar de refletirem apenas a realidade da então Alemanha Ocidental, compilando dados de 15 aterros daquele país, são até hoje oficialmente adotadas pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1995). Embora publicado em 1995, este é o guia válido até hoje. Uma revisão mais recente, elaborada por Kjeldsen *et al.* (2002) não traz avanços significativos. A tendência tem sido a consolidação e aperfeiçoamento das tabelas de Ehrig, consideradas as mais confiáveis.

Dado que neste trabalho será feita a comparação entre as tabelas resultantes e as tabelas de Ehrig, essas últimas serão reproduzidas a seguir (Tabela 1 e Tabela 2):

**Tabela 1 – Características do lixiviado que variam com a fase do aterro**

| Variável                                   | Fase ácida |        |        | Fase metanogênica |       |        |
|--|------------|--------|--------|-------------------|-------|--------|
|  | Mínimo     | Média  | Máximo | Mínimo            | Média | Máximo |
| pH   | 4,5        | 6,1    | 7,5    | 7,5               | 8     | 9      |
| DBO <sup>a</sup> (mg/L de O <sub>2</sub> ) | 4 000      | 13 000 | 40 000 | 20                | 180   | 550    |
| DQO <sup>a</sup> (mg/L de O <sub>2</sub> ) | 6 000      | 22 000 | 60 000 | 500               | 3 000 | 4 500  |
| DBO/DQO                                    |            | 0,58   |        |                   | 0,06  |        |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)       | 70         | 500    | 1 750  | 10                | 80    | 420    |
| Mg (mg/L)                                  | 50         | 470    | 1 150  | 40                | 180   | 350    |
| Ca (mg/L)                                  | 10         | 1 200  | 2 500  | 20                | 60    | 600    |
| Sr (mg/L)                                  | 0,5        | 7      | 15     | 0,3               | 1     | 7      |
| Mn (mg/L)                                  | 0,3        | 25     | 65     | 0,03              | 0,7   | 45     |
| Fe (mg/L)                                  | 20         | 780    | 2 100  | 3                 | 15    | 280    |
| Zn (mg/L)                                  | 0,1        | 5      | 120    | 0,03              | 0,6   | 4      |

<sup>a</sup> Válidas para amostras filtradas, nas quais a amplitude de variação foi menor, segundo Ehrig (1983).

Fonte: Ehrig (1989)

As tabelas brasileiras são raras e, até onde foi possível verificar, não levam em conta a variação ao longo do tempo. Nesta pesquisa foram localizadas três tabelas: uma apresentada pela COMLURB (empresa de limpeza pública do Rio de Janeiro) em 1993 (citada em Monteiro & Mansur, 2006), uma apresentada por Giordano (2003), válida para aterros da região nordeste do Brasil, e uma elaborada pelo Grupo TECNOTRATER (2008) a partir de dados obtidos em trabalhos por eles realizados. Estas tabelas têm em comum o fato de apresentarem somente os valores máximos e mínimos das diversas variáveis. Resultados parciais da presente pesquisa permitiram a elaboração de uma tabela que, além dos máximos e mínimos, apresentava a faixa mais provável de variação de cada variável (Souto & Povinelli, 2007), mas que ainda não considerava as diversas fases dos aterros.

Torna-se necessário, pois, a elaboração de tabelas que levem em conta a variação das características do lixo ao longo do tempo nos aterros brasileiros. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou desenvolver tabelas com as características típicas do lixo para as fases ácida e metanogênica, usando dados publicados acerca de aterros reais, bem como comparar essas características com a do lixo de aterros localizados em regiões de clima temperado.

**Tabela 2 - Características do lixiviado que não variam com a fase do aterro**

| Variável   | Mínimo | Média | Máximo |
|--|--------|-------|--------|
| Alcalinidade (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )              | 300    | 6 700 | 11 500 |
| NAT (mg/L de N)  | 30     | 750   | 3 000  |
| N-org (mg/L de N)                                      | 10     | 600   | 4 250  |
| N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L de N)             | 0      | 0,5   | 25     |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L de N)             | 0,1    | 3     | 50     |
| N-total (mg/L de N)                                    | 50     | 1 250 | 5 000  |
| P-total (mg/L de P)                                    | 0,1    | 6     | 30     |
| CN <sup>-</sup> (mg/L)                                 | 0,04   |       | 90     |
| Fenóis (mg/L)  | 0,04   |       | 44     |
| AOX (halogênios orgânicos adsorvíveis)<br>(mg/L de Cl) | 0,32   | 2     | 3,5    |
| Cl <sup>-</sup> (mg/L)                                 | 100    | 2 100 | 5 000  |
| Na (mg/L)  | 50     | 1 350 | 4 000  |
| K (mg/L)   | 10     | 1 100 | 2 500  |
| Cd (mg/L)  | 0,0005 | 0,006 | 0,14   |
| Co (mg/L)  | 0,004  | 0,055 | 0,95   |
| Cr (mg/L)  | 0,03   | 0,3   | 1,6    |
| Cu (mg/L)  | 0,004  | 0,08  | 1,4    |
| Hg (mg/L)  | 0,0002 | 0,01  | 0,05   |
| Ni (mg/L)  | 0,02   | 0,2   | 2,05   |
| Pb (mg/L)  | 0,008  | 0,09  | 1,020  |
| As (mg/L)  | 0,005  | 0,16  | 1,6    |

Fonte: Ehrig (1989)

## COMPILAÇÃO DE DADOS

Os dados para a construção da tabela com as características dos aterros brasileiros foram obtidos fazendo-se uma revisão bibliográfica focada nas publicações de autores nacionais. Foram reunidos exclusivamente dados referentes ao lixiviado bruto de aterros reais. Caso o lixiviado houvesse passado por qualquer sistema de tratamento, mesmo que sua eficiência fosse praticamente zero, os dados não eram considerados. Dados obtidos de lisímetros não foram usados porque esses estudos não conseguem reproduzir as condições reais de campo (Hamada, 1997) nem prever o comportamento de contaminantes conservativos, como cloreto e metais (El-Fadel *et al.*, 2002).

Também não foram usados dados de coletas feitas em piezômetros instalados no maciço de resíduos nem em eventuais afloramentos superficiais indesejados. Este lixiviado não passou pelas camadas mais antigas nem pela brita dos sistemas de drenagem, logo não é representativo dos lixividos que chegam às estações de tratamento. A validade desta afirmativa foi verificada por Segura-Muñoz (2002), que observou que o lixiviado encontrado em pontos de afloramento superficial no aterro de Ribeirão Preto (SP) apresentava usualmente concentrações de metais pesados superiores às encontradas na saída do sistema de drenagem.

Os dados utilizados neste trabalho foram provenientes em sua quase totalidade de referências primárias (publicações onde eles foram originalmente apresentados). Referências secundárias devem ser evitadas por dois motivos. O primeiro é a possível ocorrência de erros na transcrição dos dados. O segundo é a possibilidade de que não se trate de uma referência secundária, mas sim terciária ou de grau maior. Uma discussão mais aprofundada sobre os problemas do uso de referências secundárias foi feita por Pontolillo & Eganhouse (2001).

Referências secundárias só foram usadas quando o autor era o mesmo da referência original. Isso acontece quando o autor publica dados que foram obtidos por ele mesmo mas que foram originalmente apresentados em algum relatório interno da instituição onde trabalha ou em outra fonte não publicada. Nessas situações o autor pode referenciar a si mesmo ou a instituição. Dados de órgãos governamentais publicados - com autorização - por funcionários pertencentes ao departamento que gerou esses dados também se encaixam nessa categoria. A diferença destas para as demais referências secundárias é o fato de o autor ter acesso às informações em primeira mão, minimizando a possibilidade de erros de transcrição. No primeiro caso há, por exemplo, um

levantamento feito por Ferreira *et al.* (2000) cujos dados foram publicados em congresso em Ferreira *et al.* (2001). Um exemplo do segundo caso são os dados gerados pelo DMLU (Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre, RS) referentes ao Aterro Sanitário da Extrema (Porto Alegre, RS), disponibilizados por Reichert (1999) e Fleck (2003).

Para a confecção das tabelas foram selecionados 40 dos 56 aterros pesquisados. O requisito de seleção foi a disponibilidade de um número suficiente de informações para que se pudesse estabelecer as faixas de variação de pelo menos uma variável físico-química ou microbiológica do aterro em questão. A Tabela 3 apresenta a relação dos aterros para os quais se obteve dados sobre as características do lixiviado.

**Tabela 3 – Relação dos aterros cujos dados sobre as características do lixiviado foram utilizados na confecção das tabelas, com suas respectivas referências bibliográficas**

| Estado/Região       | Nome do aterro                                 | Município                  | Referências   |
|---------------------|--|----------------------------|---|
| <b>Norte</b>        |  |                            |   |
| PA                  | Aterro de Perema                               | Santarém                   | Mendonça <i>et al.</i> , 2007.  |
| <b>Nordeste</b>     |  |                            |   |
| AL                  | Aterro de Maceió                               | Maceió                     | Nóbrega <i>et al.</i> , 2007.   |
| BA                  | Aterro Metropolitano Centro                    | Salvador                   | Fiúza <i>et al.</i> , 2000.   |
| CE                  | Aterro Metropolitano Oeste                     | Caucaia                    | Capelo Neto & Mota, 1999;<br>Facó & Santaella, 2002.  |
| PB                  | Aterro Metropolitano                           | João Pessoa                | Lôbo, 2006;<br>Farias <i>et al.</i> , 2007;<br>Leite <i>et al.</i> , 2007;<br>Ribeiro <i>et al.</i> , 2007.   |
| PE                  | Aterro da Muribeca                             | Jaboatão dos<br>Guararapes | Jucá <i>et al.</i> , 1997;<br>Melo & Jucá, 2001;<br>Paes, 2003;<br>Santos, 2003;<br>Santos <i>et al.</i> , 2003;<br>Lins <i>et al.</i> , 2004;<br>Santos <i>et al.</i> , 2004;<br>Beltrão <i>et al.</i> , 2005;<br>Lins, 2005;<br>Lins <i>et al.</i> , 2005;<br>Rocha, 2005;<br>Silva <i>et al.</i> , 2005;<br>Beltrão, 2006;<br>Lôbo, 2006;<br>Rodrigues Filho, 2007;<br>Santos <i>et al.</i> , 2007;<br>Ramos, 2008;<br>Sá, 2008. |
| <b>Centro-Oeste</b> |  |                            |   |
| DF                  | Aterro do Jockey Clube                         | Brasília                   | Palmeira, 2006.   |
| <b>Sudeste</b>      |  |                            |   |
| ES                  | Aterro da Marca Construtora e<br>Serviços LTDA | Cariacica                  | Couto & Braga, 2003;<br>Couto <i>et al.</i> , 2004.   |

| Estado/Região | Nome do aterro           | Município       | Referências  |
|---------------|--------------------------|-----------------|--|
| MG            | Aterro de Belo Horizonte | Belo Horizonte  | Alves & Lange, 2004;<br>Machado, 2004;<br>Amaral <i>et al.</i> , 2006;<br>Ferreira, C. <i>et al.</i> , 2006;<br>Lange <i>et al.</i> , 2006;<br>Lange & Cussiol, 2006;<br>Amaral <i>et al.</i> , 2007a;<br>Amaral <i>et al.</i> , 2007b;<br>Catapreta <i>et al.</i> , 2007;<br>Ferreira, C. <i>et al.</i> , 2007a;<br>Ferreira, C. <i>et al.</i> , 2007b;<br>Moravia, 2007;<br>Moravia <i>et al.</i> , 2007;<br>Moreira <i>et al.</i> , 2007.   |
|               | Aterro de Betim          | Betim           | Lima, 2006.  |
|               | Aterro Salvaterra        | Juiz de Fora    | Ferreira, J. <i>et al.</i> , 2007;<br>Teixeira <i>et al.</i> , 2007.   |
|               | Aterro de Uberlândia     | Uberlândia      | Coelho <i>et al.</i> , 2002a, 2002b.   |
| RJ            | Aterro de Gericinó       | Rio de Janeiro  | Viana <i>et al.</i> , 2007.  |
|               | Aterro de Gramacho       | Duque de Caxias | Ferreira <i>et al.</i> , 2000 <i>apud</i><br>Ferreira <i>et al.</i> , 2001;<br>Ritter <i>et al.</i> , 2001;<br>Borges <i>et al.</i> , 2002;<br>Silva, 2002;<br>Silva <i>et al.</i> , 2003;<br>Silva <i>et al.</i> , 2004;<br>Bila <i>et al.</i> , 2005;<br>Luzia <i>et al.</i> , 2005;<br>Rodrigues <i>et al.</i> , 2005;<br>Fernandes <i>et al.</i> , 2006;<br>Bahé <i>et al.</i> , 2007;<br>Campos <i>et al.</i> , 2007b;<br>Eduardo, 2007;<br>Viana <i>et al.</i> , 2007;<br>Yokoyama <i>et al.</i> , 2007. |
|               | Aterro Morro do Céu      | Niterói         | Sisinno & Moreira, 1996;<br>Sisinno <i>et al.</i> , 2000;<br>Campos <i>et al.</i> , 2007a;<br>Ferreira, J. <i>et al.</i> , 2007.   |
|               | Aterro de Nova Iguaçu    | Nova Iguaçu     | Borba, 2006;<br>Aguiar & Vignoli, 2007.  |
|               | Aterro de Pirai          | Pirai           | Ferreira <i>et al.</i> , 2001;<br>Campos <i>et al.</i> , 2002;<br>Ferreira, J., 2003;<br>Ferreira, J. <i>et al.</i> , 2003;<br>Ferreira, J. <i>et al.</i> , 2005;<br>Fernandes <i>et al.</i> , 2006.   |
|               |                          |                 |  |
| SP            | Aterro Bandeirantes      | São Paulo       | Moraes & Gomes, 1993;<br>Rüger <i>et al.</i> , 1996;<br>Paganini <i>et al.</i> , 2003;<br>Cepollina <i>et al.</i> , 2004;<br>Moser & Alem Sobrinho, 2004.  |

| Estado/Região | Nome do aterro                   | Município           | Referências   |
|---------------|----------------------------------|---------------------|---|
|               | Aterro de Bauru                  | Bauru               | Calças <i>et al.</i> , 2001;<br>Cintra <i>et al.</i> , 2002;<br>Silva & Segato, 2002;<br>Mondelli, 2004;<br>Contrera <i>et al.</i> , 2005;<br>Iwai, 2005.                             |
|               | Aterro Delta I A                 | Campinas            | Clareto & Campos, 1996.   |
|               | Aterro de Jaboticabal            | Jaboticabal         | Mendonça, 2003;<br>Picanço <i>et al.</i> , 2003;<br>Salgado, 2003;<br>Salgado <i>et al.</i> , 2003;<br>Picanço, 2004;<br>Souto, 2005.   |
|               | Aterro de Limeira                | Limeira             | Pimentel Júnior, 1998.  |
|               | Aterro de Pau Queimado           | Piracicaba          | Miranda, 2005.  |
|               | Aterro de Presidente Prudente    | Presidente Prudente | Garcia <i>et al.</i> , 2007.  |
|               | Aterro de Ribeirão Preto         | Ribeirão Preto      | Segura-Muñoz, 2002;<br>Celere <i>et al.</i> , 2007.   |
|               | Aterro de Rio Claro              | Rio Claro           | Moraes & Bertazzoli, 2003;<br>Moraes, 2004;<br>Contrera <i>et al.</i> , 2005;<br>Moraes & Bertazzoli, 2005.   |
|               | Aterro Santa Bárbara             | Campinas            | Lima, 1988.   |
|               | Aterro de São Carlos             | São Carlos          | Regattieri, 2003;<br>Almeida, 2005;<br>Souto <i>et al.</i> , 2008.  |
| Sul<br>PR     | Aterro da Cachimba               | Curitiba            | Morais <i>et al.</i> , 2003;<br>Tauchert & Peralta-Zamora, 2004;<br>Morais, 2005;<br>Morais & Peralta-Zamora, 2005;<br>Morais <i>et al.</i> , 2006;<br>Tauchert <i>et al.</i> , 2006. |
|               | Aterro de Jacarezinho            | Jacarezinho         | Nagalli, 2005.  |
| RS            | Aterro de Londrina               | Londrina            | Fernandes <i>et al.</i> , 2006;<br>Hossaka <i>et al.</i> , 2007;<br>Maringonda Jr & Lopes, 2007;<br>Silva, S <i>et al.</i> , 2007.  |
|               | Aterro da Caturrita              | Santa Maria         | Gomes e Silva, 2005.  |
|               | Aterro da Extrema                | Porto Alegre        | DMLU, 1998 <i>apud</i><br>Reichert, 1999;<br>DMLU, 2002 <i>apud</i><br>Fleck, 2003.   |
|               | Aterro Metropolitano Santa Tecla | Gravataí            | Fleck, 2003.  |
|               | Aterro de Portão                 | Portão              | Fernandes <i>et al.</i> , 2006.   |
|               | Aterro do Recreio                | Minas do Leão       | Bidone, 2008.   |
|               | Aterro São Giácomo               | Caxias do Sul       | Arruda <i>et al.</i> , 1996;<br>Pessin <i>et al.</i> , 1997;<br>Silva, 2004;<br>Fernandes <i>et al.</i> , 2006.   |
|               | Aterro São João da Bela Vista    | Passo Fundo         | Cecconello, 2005.   |



| Estado/Região | Nome do aterro  | Município     | Referências   |
|---------------|---|---------------|---|
|               | Aterro Zona Norte   | Porto Alegre  | Kuajara <i>et al.</i> , 1997;<br>Bidone <i>et al.</i> , 1997;<br>Reichert, 1999.  |
| SC            | Aterro do Itacorubi                                       | Florianópolis | Cunha, 2003.  |
|               | Aterro Metropolitano da Grande<br>Florianópolis (Biguaçu) | Tijucas       | Rita <i>et al.</i> , 2002;<br>Prim <i>et al.</i> , 2003;<br>Martins <i>et al.</i> , 2005;<br>Castilhos Júnior <i>et al.</i> , 2006;<br>Fernandes <i>et al.</i> , 2006;<br>Strelau, 2006;<br>Máximo, 2007;<br>Rodrigues, 2007;<br>Roehrs, 2007;<br>Silva, J. <i>et al.</i> , 2007. |

Note-se que a maior parte dos aterros cujos dados foram usados neste trabalho se localizam nas regiões Sudeste (50 %) e Sul (33 %). Isto é reflexo simplesmente da quantidade de informações disponíveis na literatura. Não houve qualquer tentativa de privilegiar uma ou outra região.

## ELIMINAÇÃO DAS DUPLICIDADES

Uma vez escolhidos os aterros procedeu-se à eliminação de informações duplicadas. Por vezes um mesmo conjunto de dados é apresentado em mais de uma publicação do mesmo autor ou grupo de pesquisa. Essa repetição de informações por si só não constitui problema, pois um mesmo conjunto de dados pode ser usado para estudar diferentes aspectos do mesmo objeto de pesquisa. O risco existe, porém, para quem decide fazer compilações de dados e apresentar tendências gerais, como é o caso deste trabalho. Considerar uma mesma informação publicada duas vezes como se fosse resultado de dois trabalhos de investigação diferentes resulta em um peso maior deste dado particular no conjunto final. Isto provoca dois tipos de efeitos. O primeiro é a mudança nas medidas de dispersão e tendência central - uma média aritmética seria uma média ponderada disfarçada. O segundo tipo de efeito é subjetivo; o fato de um mesmo valor aparecer várias vezes pode levar o pesquisador a imaginar que ele deva estar mais próximo do valor verdadeiro, ou mesmo ser a melhor estimativa para este. Novamente, uma discussão aprofundada sobre estes problemas pode ser encontrada em Pontolillo & Eganhouse (2001).

Por outro lado, há casos de dois ou mais trabalhos de um mesmo autor ou grupo, publicados na mesma época, cujos dados apresentados são bastante semelhantes, porém com pequenas diferenças. Nessa condição não é possível afirmar com segurança que os conjuntos de dados são efetivamente os mesmos. Algum período de coleta pode ter sido incluído ou retirado. Também é possível que cada pesquisador do grupo faça suas próprias análises e com isso obtenha resultados ligeiramente diferentes de seus colegas. Essa é uma variabilidade que deve ser levada em conta. Além disso, não é possível saber se, eventualmente, há um conjunto “mais correto” que o outro. Assim sendo, optou-se por descartar somente as informações indubitavelmente duplicadas, ou seja, aquelas que apresentam exatamente os mesmos valores numéricos para mínimos, máximos e médias.

## ELIMINAÇÃO DE INCONSISTÊNCIAS

Os dados de cada publicação foram revisados para eliminar informações inconsistentes, como valores de DBO maiores que a DQO, sólidos suspensos maiores que sólidos totais, concentrações que se mantinham exatamente constantes ao longo do tempo, etc. Nesses casos, todos os valores envolvidos eram descartados.

## HOMOGENEIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Uma mesma variável pode ser apresentada de várias maneiras diferentes. Por exemplo, alguns trabalhos relatam a alcalinidade em mg/L de  $\text{CO}_3^{2-}$  ou mg/L de  $\text{HCO}_3^-$  ao invés da unidade usual, mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . É mister, pois, converter tais informações para o mesmo formato para que se possa comparar umas com as outras.

Apenas 4 referências apresentaram dados de DQO diferenciados para amostras filtradas e não filtradas. Optou-se então por considerar os demais resultados como provenientes de amostras não filtradas. Os valores de amostras filtradas foram então descartados e os das amostras não filtradas unidos aos demais.

Nitritos e nitratos foram convertidos para nitrogênio na forma de nitrito e nitrogênio na forma de nitrato.

Medidas referidas como “amônia” suscitam dúvidas. Com muita frequência indica-se apenas como unidade de medida o mg/L, sem especificar de qual massa se está falando. Tanto pode ser efetivamente a massa molar da amônia (17 g/L) quanto a do nitrogênio na forma de amônia (14 g/L). Nesse último caso a medida seria a de nitrogênio amoniacal. Também não fica explicitado, com raríssimas exceções, se a concentração de amônia se refere exclusivamente à amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) ou se inclui o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Em particular, métodos que dependam da volatilização da amônia quantificam unicamente a espécie não ionizada. Para determinar o nitrogênio amoniacal seria preciso fazer uma correção posterior em função do pH original ou elevar o pH da amostra a ponto de converter quase todos os íons amônio em amônia não ionizada. Dentro dessas considerações, optou-se por transformar todos os valores dados como “amônia” em nitrogênio amoniacal, considerando que esta “amônia” se refira tanto às formas ionizada quanto não-ionizada. Quando o artigo especificou claramente que se tratava exclusivamente da forma não ionizada, essa conversão não foi feita e os dados foram descartados.

Fosfato também é uma medida que gera dúvidas. Muitas vezes a grandeza efetivamente mensurada é o fósforo total. Sempre que houver digestão da amostra, o que se está medindo é o fósforo total, independentemente da unidade em que o resultado será expresso. Há referências que falam em medidas de ortofosfato e de fósforo total como se fossem grandezas diferentes; porém, ao se converter os valores de ortofosfato em fósforo se verifica que são a mesma grandeza, apenas com unidades diferentes. Houve somente quatro referências em que houve de fato diferenciação entre fosfato (ou ortofosfato) e fósforo total: Bidone *et al.* (1997), Capelo Neto & Mota (1999), Facó & Santaella (2002) e Fleck (2003). Todos os valores de fosfato foram supostos como sendo referentes a fósforo total, salvo quando expressamente dito em contrário, e foram convertidos para mg/L de fósforo. Houve caso em que as medidas de fosfato total, quando convertidas para fósforo, resultaram mais altas que as medidas de fósforo total. Esses resultados tiveram que ser descartados.

É importante ressaltar que não foi feita uma seleção dos dados em função do método usado para fazer cada determinação, pois as técnicas empregadas são várias. Isto pode ter causado um aumento na dispersão dos resultados.

## ESCOLHA DAS VARIÁVEIS A SEREM USADAS

Depois de homogeneizadas as variáveis, procedeu-se à escolha de quais delas seriam usadas para a confecção da tabela final. Foram escolhidas aquelas para as quais havia dados sobre a faixa de variação em pelo menos 10 aterros. Isso excluiu algumas variáveis talvez importantes, como carbono orgânico total, dureza e sólidos sedimentáveis. Por outro lado, permitiu estabelecer com maior confiança os intervalos de variação das variáveis escolhidas.

É importante chamar a atenção para o fato de que NTK e nitrogênio amoniacal foram mantidos, mas o nitrogênio orgânico não. Embora isto à primeira vista pareça estranho, pois o nitrogênio orgânico é a diferença entre o NTK e o amoniacal, o que acontece é que na maior parte das vezes os artigos fornecem apenas o intervalo de variação de cada variável. O cálculo do nitrogênio orgânico só pode ser feito quando se dispõe dos dados de NTK e amoniacal para uma mesma amostra, ou seja, quando se dispõe dos dados brutos. Apenas com a faixa de variação destes últimos não é possível inferir sobre a faixa de variação do N-orgânico. O mesmo raciocínio vale para os SSF, SDV e SDF.

## SEPARAÇÃO DOS DADOS POR FASE DO ATERRO

Os dados de cada publicação foram divididos em grupos conforme a fase em que o aterro se encontrava: ácida ou metanogênica. Havia dados referentes à fase preliminar (aeróbia) e a aterros encerrados. Entretanto, por estarem disponíveis para poucos aterros (menos de 10), esses dados foram desconsiderados.



## ELIMINAÇÃO DE DADOS ESPÚRIOS

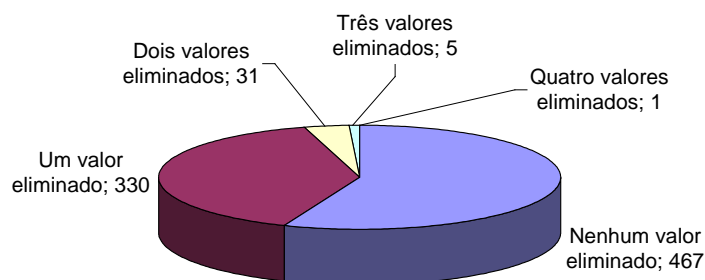
Quando os dados brutos - ou pelo menos gráficos oriundos diretamente deles - são apresentados, nota-se com bastante frequência a ocorrência de alguns valores experimentais que visualmente diferem do conjunto dos demais. Esses dados destoantes normalmente correspondem a valores muito elevados de algumas variáveis, embora haja casos de valores excepcionalmente baixos. As tabelas que apresentam os resumos desses resultados quase invariavelmente incluem esses dados extremos. A consequência imediata são amplitudes de variação muito grandes, que transmitem a idéia de um efluente igualmente muito variável. Entretanto, caso os dados extremos sejam efetivamente espúrios (*outliers*), o lixiviado se mostraria muito menos variável do que se supõe.

Dentro desse contexto surge a necessidade de determinar quais dados podem efetivamente ser considerados espúrios. Isto, porém, deve ser feito com base em critérios objetivos e bem definidos. Não basta apenas o sentimento de que o valor diverge dos demais. É preciso mostrar matematicamente que a probabilidade de que ele pertença ao conjunto de dados é suficientemente pequena para que se possa considerar que ele muito provavelmente não pertença a esse conjunto.

Sendo assim, a eliminação de dados espúrios foi feita usando-se o Critério de Chauvenet (Chauvenet, 1863), um método já consagrado para isso, pelo menos no âmbito da física nuclear e da engenharia elétrica. Os detalhes dessa aplicação estão descritos em Souto (2009).

A aplicação do critério de Chauvenet mostrou que os valores espúrios podem ser os responsáveis pelas grandes faixas de variação observadas na literatura. Houve casos em que o valor máximo “bruto” era mais de quatro vezes maior que o possivelmente correto. Em outros casos, essa diferença chegou a 10 vezes.

Cabe também discutir o risco do critério de Chauvenet eliminar um grande número de dados, haja vista a citada grande amplitude de variação. Para isso se fez uma estatística do número de dados eliminados em cada conjunto de dados brutos. O critério de Chauvenet foi aplicado a 834 conjuntos de dados brutos nesta pesquisa. A Figura 1 mostra que em 56 % dos conjuntos não havia valores espúrios a serem eliminados. Em 96 % dos casos, o critério de Chauvenet eliminou no máximo 1 dado. Isso mostra que é muito pequeno o risco de que o uso do critério de Chauvenet leve a uma alteração substancial da massa de dados.



**Figura 1 – Número de dados eliminados em cada aplicação do critério de Chauvenet. Os números indicam a quantidade de conjuntos de dados em que aconteceu cada tipo de eliminação.**

Quando um dado primário era eliminado, todos os dados secundários baseados nele também o foram. Por exemplo, se uma medida de sólidos suspensos totais era eliminada, também se eliminava a de sólidos suspensos voláteis, mas não necessariamente a de sólidos suspensos fixos, que é primária.

Com isso se estabeleceu as faixas de variação (valores mínimo e máximo) de cada variável, em cada publicação. Reunindo as informações das diversas publicações obteve-se um conjunto de valores mínimos e outro de valores máximos para cada variável em cada aterro. Parte desses valores, oriundos de fontes que apresentaram

o conjunto completo de dados, já havia sido submetida ao critério de Chauvenet. Entretanto, os valores provenientes de artigos que apresentavam diretamente os valores mínimo e máximo não passaram por este tratamento. Optou-se, então, por aplicar novamente o critério de Chauvenet, agora sobre o conjunto de valores mínimos e sobre o conjunto de valores máximos. Excluídos os valores considerados espúrios, o mínimo global entre os diversos valores mínimos constantes na bibliografia foi tomado como sendo o mínimo para aquela variável naquele aterro específico. Igualmente, o máximo global dentre os valores não excluídos foi tomado como o máximo para aquela variável naquele aterro.

A aplicação do critério de Chauvenet aos valores mínimos e máximos pode parecer incorreta, por duas razões. Primeiro, a distribuição dos valores extremos difere da normal. Segundo, há a recomendação de que não se aplique este critério mais de uma vez a um mesmo conjunto de dados. Quanto ao primeiro problema, todos os métodos encontrados na literatura para a remoção de valores espúrios partem do pressuposto que os dados apresentam distribuição normal. Logo, não há alternativa metodológica. Quanto ao segundo, não se está usando o mesmo conjunto de dados, uma vez que as informações na sua maioria são novas.

A importância dessa nova aplicação do critério de Chauvenet fica clara quando se observa alguns casos particulares. Por exemplo, num determinado aterro o maior valor entre os máximos de DBO era de 30 000 mg/L. Com a aplicação do critério de Chauvenet este valor foi eliminado, passando a ser válido o segundo maior entre os máximos, que era de 13 000 mg/L. Esse segundo valor corresponde a menos da metade do primeiro, o que é um indicativo forte de que muito provavelmente era um valor espúrio. Outro exemplo, no mesmo aterro, é referente às concentrações de nitrito. O maior valor máximo era de 526 mg/L. Ele foi eliminado graças ao critério de Chauvenet. O segundo maior valor máximo era de 40 mg/L, menos de 10 % do anterior. Mais uma vez, provavelmente tratava-se de dado espúrio.

Algumas vezes o critério de Chauvenet não eliminou valores que em princípio pareciam espúrios. No aterro Bandeirantes, o menor valor mínimo da concentração de NAT era de 62 mg/L. O segundo menor valor mínimo era de 1 316 mg/L. 62 mg/L muito provavelmente é um valor espúrio; entretanto, pelo critério de Chauvenet ele não pôde ser considerado espúrio e, portanto, foi mantido. Entretanto, mesmo extremamente baixo, ele era coerente com o mínimo obtido para o NTK (80 mg/L), que também não foi considerado espúrio.

Ao final desta etapa obteve-se, para cada aterro, a faixa de variação de cada variável nas fases ácida e metanogênica.

## **ELABORAÇÃO DAS TABELAS**

Os valores mínimos e máximos de cada variável, em cada fase, referentes aos diversos aterros, foram reunidos em conjuntos separados. Para os conjuntos de valores mínimos se encontrou o mínimo global e os valores referentes aos percentis 10 e 20 %. O valor correspondente ao percentil 10 % significa que em 90 % dos aterros os valores daquela variável estarão acima dele. O percentil 20 %, por sua vez, indica que em 80 % dos aterros os valores estarão acima deste. Procedimento semelhante foi aplicado aos conjuntos de valores máximos, para os quais se identificou o máximo global e os percentis 80 e 90 %.

Tal especificação permite que o usuário da tabela tenha uma melhor noção sobre a possibilidade de uma determinada variável atingir certo valor. Tabelas apenas com mínimos e máximos não dão uma idéia da distribuição de valores dentro desse intervalo. Igualmente, tabelas com “valores típicos” usualmente não informam o quão típicos são esses valores. Para saber qual o intervalo em que há 80 % de probabilidade de se encontrar um determinado valor basta considerar como limites o percentil 10 % dos mínimos e o percentil 90 % dos máximos.

Os valores foram arredondados de modo a facilitar a visualização das quantidades envolvidas. Em tabelas desse gênero a precisão numérica tem menor importância do que a ordem de grandeza.

Foram obtidos muito mais dados referentes a aterros na fase metanogênica do que na fase ácida. Para permitir a comparação entre as fases, as informações para a fase ácida foram mantidas. Entretanto, os percentis 10 e 90 % foram calculados apenas para as variáveis para as quais se dispunha de 10 ou mais conjuntos de dados, e os

percentis 20 e 80 % para as variáveis que apresentavam 5 ou mais conjuntos de dados. Para conjuntos menores se usou apenas os valores máximo e mínimo.

Ao final, conseguiu-se apresentar as faixas de variação para 25 variáveis do lixiviado.

## TABELAS DE CARACTERÍSTICAS DO LIXIVIADO

As tabelas a seguir apresentam os resultados da compilação e processamento dos dados de diversos aterros brasileiros, conforme descrito na metodologia. A Tabela 4 se refere às características da fase ácida, ao passo que a Tabela 5 se refere às características da fase metanogênica. Os valores dos percentis 10 e 20 % significam que em 90 ou 80 % dos aterros a variável em questão assume valores acima do limite apresentado. Já os percentis 80 e 90 % indicam que em 80 ou 90 % dos aterros a variável assume valores abaixo do limite apresentado. Note-se que isso não é o mesmo que dizer que, num dado aterro, em 90 % do tempo os valores estarão acima daquele limite. Para estabelecer isso seria preciso conhecer a distribuição de frequências dentro de um mesmo aterro, o que não foi feito neste trabalho. Para tal seria preciso dispor das séries temporais de longo prazo para um grande número de aterros, o que é raro na bibliografia nacional. É muito provável que as faixas típicas de variação dentro de um mesmo aterro tenham uma amplitude bem menor que as apresentadas nesta tabela. O ponto positivo é que, usando faixas mais amplas, se estará trabalhando a favor da segurança, embora contra a economia.

**Tabela 4 - Características típicas do lixiviado dos aterros brasileiros na fase ácida**

| Variável  | Mínimo | 10 % | 20 %  | 80 %   | 90 %   | Máximo              | Ref.* |
|---|--------|------|-------|--------|--------|---------------------|-------|
| pH  | 4,4    | 4,8  | 5,1   | 8,3    | 8,3    | 8,4                 | 13    |
| Alcalinidade total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 170    |      | 460   | 25 000 |        | 32 000              | 7     |
| Turbidez (UNT)                                  | 100    |      |       |        |        | 540                 | 1     |
| Condutividade (µS/cm)                           | 230    |      |       |        |        | 45 000              | 4     |
| DBO (mg/L de O <sub>2</sub> )                   | 1      | 15   | 35    | 25 400 | 29 800 | 55 000              | 12    |
| DQO (mg/L de O <sub>2</sub> )                   | 90     | 180  | 540   | 53 700 | 74 000 | 100 000             | 13    |
| NTK (mg/L de N)                                 | 1,7    |      |       |        |        | 3 000               | 4     |
| NAT (mg/L de N)                                 | 0,07   |      | 10    | 1 800  |        | 2 000               | 9     |
| N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L de N)      | -      | -    | -     | -      | -      | -                   | 0     |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L de N)      | nd     |      |       |        |        | 45                  | 3     |
| P-total (mg/L de P)                             | nd     |      | nd    | 107    |        | 260                 | 5     |
| Cloreto (mg/L)                                  | 275    |      |       |        |        | 4 700               | 2     |
| ST (mg/L)                                       | 400    |      | 1 000 | 39 300 |        | 45 000              | 7     |
| STV (mg/L)                                      | 78     |      | 260   | 21 800 |        | 26 700              | 6     |
| STF (mg/L)                                      | 40     |      |       |        |        | 28 400              | 4     |
| SST (mg/L)                                      | 10     |      |       |        |        | 7 000               | 4     |
| Fe total (mg/L)                                 | nd     |      | 0,004 | 500    |        | 1 400               | 8     |
| Cd total (mg/L)                                 | nd     |      | nd    | 0,09   |        | 0,1                 | 7     |
| Cu (mg/L)                                       | nd     |      | nd    | 0,5    |        | 0,8                 | 7     |
| Cr (mg/L)                                       | nd     |      | nd    | 0,6    |        | 1,2                 | 5     |
| Mn total (mg/L)                                 | nd     |      |       |        |        | 115                 | 4     |
| Ni (mg/L)                                       | nd     |      |       |        |        | 6,5                 | 4     |
| Zn (mg/L)                                       | nd     |      | nd    | 7      |        | 27                  | 7     |
| Pb total (mg/L)                                 | nd     |      | nd    | 1,3    |        | 1,5                 | 6     |
| CF (NMP/100 mL)                                 | 200    |      |       |        |        | 5 x 10 <sup>7</sup> | 1     |

OBS: \*Ref = nº de referências das quais se obteve dados para a variável; nd = abaixo do limite de detecção; CF = coliformes termotolerantes (manteve-se o CF de Coliformes Fecais para evitar confusão com o CT de coliformes totais)

**Tabela 5 – Características típicas do lixiviado dos aterros brasileiros na fase metanogênica**

| Variável  | Mínimo | 10 %  | 20 %  | 80 %                | 90 %                | Máximo              | Ref.* |
|---|--------|-------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
| pH  | 5,9    | 6,8   | 7,1   | 8,7                 | 8,8                 | 9,2                 | 32    |
| Alcalinidade total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) | 125    | 200   | 425   | 11 900              | 15 800              | 20 200              | 19    |
| Turbidez (UNT)                                  | 0,02   | 4,5   | 6     | 540                 | 550                 | 620                 | 11    |
| Condutividade (µS/cm)                           | 100    | 1 850 | 2 520 | 25 600              | 29 400              | 45 000              | 23    |
| DBO (mg/L de O <sub>2</sub> )                   | 3      | 30    | 60    | 6 000               | 9 300               | 17 200              | 30    |
| DQO (mg/L de O <sub>2</sub> )                   | 20     | 400   | 700   | 13 500              | 18 600              | 35 000              | 34    |
| NTK (mg/L de N)                                 | 0,6    | 20    | 90    | 3 000               | 3 200               | 5 000               | 13    |
| NAT (mg/L de N)                                 | 0,03   | 20    | 50    | 2 400               | 2 800               | 3 000               | 29    |
| N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)           | nd     | nd    | nd    | 20                  | 40                  | 70                  | 11    |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)           | nd     | nd    | nd    | 60                  | 100                 | 270                 | 15    |
| P-total (mg/L)                                  | nd     | 0,1   | 0,2   | 40                  | 50                  | 80                  | 19    |
| Cloreto (mg/L)                                  | 20     | 50    | 330   | 4 100               | 4 700               | 6 900               | 17    |
| ST (mg/L)                                       | 200    | 900   | 1 450 | 19 100              | 20 000              | 29 000              | 23    |
| STV (mg/L)                                      | 75     | 400   | 600   | 8 700               | 10 600              | 20 000              | 20    |
| STF (mg/L)                                      | 100    | 650   | 900   | 12 300              | 13 800              | 17 000              | 15    |
| SST (mg/L)                                      | 7      | 10    | 15    | 2 600               | 2 900               | 12 400              | 17    |
| Fe total (mg/L)                                 | 0,01   | 0,25  | 0,40  | 80                  | 100                 | 720                 | 19    |
| Cd total (mg/L)                                 | nd     | nd    | nd    | 0,1                 | 0,2                 | 0,6                 | 19    |
| Cu (mg/L)                                       | nd     | nd    | nd    | 1,1                 | 1,5                 | 2,9                 | 17    |
| Cr (mg/L)                                       | nd     | nd    | 0,006 | 0,8                 | 0,9                 | 1,0                 | 19    |
| Mn total (mg/L)                                 | nd     | 0,01  | 0,025 | 10                  | 20                  | 30                  | 14    |
| Ni (mg/L)                                       | nd     | nd    | nd    | 0,8                 | 1,0                 | 1,4                 | 14    |
| Zn (mg/L)                                       | nd     | 0,01  | 0,01  | 2                   | 5                   | 35                  | 21    |
| Pb total (mg/L)                                 | nd     | nd    | nd    | 1,1                 | 2,1                 | 6,7                 | 18    |
| CF (NMP/100 mL)                                 | nd     | nd    | 1,6   | 2 x 10 <sup>7</sup> | 6 x 10 <sup>7</sup> | 2 x 10 <sup>8</sup> | 10    |

OBS: \*Ref = nº de referências das quais se obteve dados para a variável; nd = abaixo do limite de detecção; CF = coliformes termotolerantes (manteve-se o CF de Coliformes Fecais para evitar confusão com o CT de coliformes totais)

## COMPARAÇÃO COM AS TABELAS DE EHRIG

A Tabela 6 apresenta a comparação entre as tabelas desenvolvidas neste trabalho e as tabelas propostas por Ehrig, consideradas as mais confiáveis na literatura. Ali se pode ver que as amplitudes de variação do pH, alcalinidade total, DBO, DQO e fósforo total são maiores nos aterros brasileiros, independentemente da fase. O nitrogênio amoniacal tende a apresentar valores mais baixos no Brasil em comparação com os aterros estudados por Ehrig. O contrário parece ocorrer com o cloreto. No tocante aos metais, há uma tendência geral das concentrações na fase ácida serem menores e na fase metanogênica maiores que as citadas por Ehrig, exceção feita ao manganês e ao níquel. Note-se que o ferro, que em tese seria mais abundante em função do tipo de material de cobertura, também mostra concentrações menores nos aterros brasileiros durante a fase ácida.

A tabela desenvolvida neste trabalho, portanto, revela concentrações máximas da grande maioria dos valores acima das máximas estabelecidas na literatura, de modo que pode ser usada a favor da segurança. Por outro lado, o fato das faixas de valores propostas pelo grupo de Ehrig serem usualmente mais estreitas que as encontradas neste trabalho é um indicativo da necessidade de um estudo mais detalhado usando somente dados brutos de séries temporais de longo prazo. Alguns dados extremos podem simplesmente ser devidos a falhas na identificação das fases dos aterros.

Entretanto, cumpre lembrar que esta comparação foi feita somente com base nos valores extremos (mínimo e máximo). As tabelas de Ehrig não falam em faixas mais prováveis.

**Tabela 6 – Comparação entre as tabelas de Ehrig e as desenvolvidas neste trabalho. Nas colunas referentes ao mínimo está indicada a tabela que apresenta o menor valor. Nas colunas de máximo, a que apresenta o maior valor. Valores aproximadamente da mesma ordem de grandeza foram considerados como “semelhantes”.**

| Variável           | Fase ácida |            | Fase metanogênica |            |
|--------------------|------------|------------|-------------------|------------|
|                    | Mínimo     | Máximo     | Mínimo            | Máximo     |
| pH                 | Brasil     | Brasil     | Brasil            | Semelhante |
| Alcalinidade total | Brasil     | Brasil     | Brasil            | Brasil     |
| DBO                | Brasil     | Brasil     | Brasil            | Brasil     |
| DQO                | Brasil     | Brasil     | Brasil            | Brasil     |
| NAT                | Brasil     | Ehrig      | Brasil            | Semelhante |
| Nitrito            | NC         | NC         | Semelhante        | Brasil     |
| Nitrato            | Semelhante | Semelhante | Semelhante        | Brasil     |
| Fósforo total      | Semelhante | Brasil     | Semelhante        | Brasil     |
| Cloreto            | Ehrig      | Semelhante | Brasil            | Brasil     |
| Ferro total        | Brasil     | Ehrig      | Brasil            | Brasil     |
| Manganês           | Semelhante | Brasil     | Semelhante        | Semelhante |
| Cádmio             | Semelhante | Semelhante | Semelhante        | Brasil     |
| Cobre              | Semelhante | Ehrig      | Semelhante        | Brasil     |
| Cromo              | Semelhante | Semelhante | Semelhante        | Semelhante |
| Níquel             | Semelhante | Brasil     | Semelhante        | Semelhante |
| Zinco              | Semelhante | Ehrig      | Semelhante        | Brasil     |
| Chumbo             | Semelhante | Semelhante | Semelhante        | Brasil     |

OBS: NC = valor que não consta na tabela de Ehrig

## CONCLUSÕES

Em comparação com as tabelas de Ehrig, consideradas as mais confiáveis pela literatura internacional, pôde-se ver que as amplitudes totais de variação do pH, alcalinidade total, DBO, DQO e fósforo total são maiores nos aterros brasileiros, independentemente da fase do aterro. As concentrações de nitrogênio amoniacal tendem a ser menores nos aterros brasileiros, ao passo que as concentrações de cloreto tendem a ser maiores. No caso dos metais, nos aterros brasileiros suas concentrações durante a fase ácida são menores e durante a fase metanogênica, maiores que as previstas na literatura internacional.

As tabelas apresentadas neste trabalho mostram a probabilidade de ocorrência de determinados valores das diversas variáveis em termos do número de aterros. Entretanto, estão limitadas pela pequena quantidade de dados brutos reunidos no decorrer da pesquisa. O ideal seria conhecer a distribuição de frequências das diversas variáveis do lixiviado ao longo do tempo, em um grande número de aterros. Dado que isto requer dados brutos de operação, sugere-se que haja continuidade no esforço colaborativo entre os diversos grupos de pesquisa nacionais, de modo a compartilhar suas informações para que se possa chegar a um quadro mais realista das características do lixiviado dos aterros sanitários brasileiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, M.R.M.P.; VIGNOLI, C.N. Monitoramento de parâmetros ambientais do processo de evaporação de chorume. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
2. ALMEIDA, T.L. Estudo da atenuação dos contaminantes de líquidos percolados no solo. 100 p. + apêndices. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2005.
3. ALVES, J.F.; LANGE, L.C. Avaliação da eficiência de remoção de matéria orgânica de líquidos lixiviados de aterros sanitários utilizando reagente de Fenton. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal, RN. Anais... CD-ROM.
4. AMARAL, M.C.S.; FERREIRA, C.F.A.; LANGE, L.C.; AQUINO, S.F.; FLORA, R.S. Avaliação da DQO inerte solúvel de lixiviados de aterro sanitário. In: Congresso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 30, 2006, Punta Del Este, Uruguai. Anais... CD-ROM.

5. AMARAL, M.C.S.; FERREIRA, C.F.A.; LANGE, L.C.; AQUINO, S.F.; BONITESE, K. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia do lixiviado do aterro sanitário de Belo Horizonte por meio da determinação da produção acumulada de metano. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007a, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
6. AMARAL, M.C.S.; FERREIRA, C.F.A.; LANGE, L.C.; AQUINO, S.F.; GONÇALVES, F.M. Avaliação da DQO solúvel inerte a processos aeróbio e anaeróbio presente em lixiviados de aterro sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007b, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
7. ARRUDA, A.C.S.; TEIXEIRA, C.E.; MANDELLI, S.M.D.C.; PESSIN, N.; SILVA, A.R. Sistema de tratamento de líquidos percolados implantado no aterro sanitário de São Giácomo Caxias do Sul – RS. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 1996, Porto Alegre, RS. Anais... p. 64-68.
8. BAHÉ, J.M.C.F.; VERÓL, A.P.; ALVES, L.V.; CANTANHEDE, A.; FIGUEIREDO, I.C. Estudo do desempenho de evaporador unitário como opção de tratamento de lixiviados produzidos em aterros sanitários do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
9. BELTRÃO, K.G.Q.B.; ALVES, M.C.M.; JUCÁ, J.F.T.; FIRMO, A.I.B.; BRITO, A.R. Estudo da sorção de metais do chorume da Muribeca em compósitos de solo caulínítico e carvão de coco. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
10. BELTRÃO, K.G.Q.B. Sistema de barreira bioquímica como alternativa para o tratamento de percolado. 168 p. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2006.
11. BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP. 109 p. Projeto REENGE. 1999.
12. BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J.; COTRIM, S.L.S. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de filtros percoladores. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, 1997, Foz do Iguaçu, PR. Anais... CD-ROM.
13. BIDONE, R.F. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos: estudo de caso – Central de Resíduos do Recreio, Minas do Leão/RS. 142 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2008.
14. BILA, D.M.; MONTALVÃO, A.F.; SILVA, A.C.; DEZOTTI, M. Ozonation of a landfill leachate: evaluation of toxicity removal and biodegradability improvement. *Journal of Hazardous Materials*, v. B11, p. 235-242, 2005.
15. BORBA, S.M.P. Análise de modelos de geração de gases em aterros sanitários: estudo de caso. 134 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2006.
16. BORGES, R.M.H.; SILVA, L.R.; CAMPOS, J.C. Processo híbrido aplicado ao tratamento do chorume do aterro metropolitano de Gramacho (RJ). In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, 2002, Vitória, ES. Anais... CD-ROM.
17. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3/08/2010.
18. CALÇAS, D.A.N.Q.P.; HAMADA, J.; GIACHETI, H. Atenuação natural de contaminantes do chorume em solos arenosos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa, PB. Anais... CD-ROM.
19. CAMPOS, J.C.; FERREIRA, J.A.; MANNARINO, C.F.; SILVA, H.R.; BORBA, S.M.P. Tratamento do chorume do aterro sanitário de Piraí (RJ) usando wetlands. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, 2002, Vitória, ES. Anais... CD-ROM.
20. CAMPOS, J.C.; YOKOYAMA, L.; FERREIRA, J.A.; BILA, D.M.; MANNARINO, C.F. Tratamento combinado de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos em estação de tratamento de esgoto: resultados preliminares. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007a, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
21. CAMPOS, J.C.; YOKOYAMA, L.; MOURA, D.A.G.; BARCELLOS, J.F.; CARDILLO, L. Remoção de amônia por arraste de ar em chorume visando o aumento de sua biotratabilidade: resultados preliminares. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007b, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.



22. CAPELO NETO, J.; MOTA, S. Caracterização e avaliação da tratabilidade biológica do percolato gerado no aterro sanitário Oeste em Caucaia (Ceará). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro, RJ. Anais... CD-ROM.
23. CASTILHOS JÚNIOR, A.B.; LANGE, L.C.; COSTA, R.H.R.; MÁXIMO, V.A.; RODRIGUES, M.C.; ALVES, J.F. Principais processos físico-químicos utilizados no tratamento de lixiviados de aterro sanitário. In: CASTILHOS JÚNIOR, A.B. (Coord.). Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Cap. 6, p. 301-362. (Projeto PROSAB).
24. CATAPRETA, C.A.A.; BATISTA, H.P.; SIMÕES, G.F. Caracterização dos líquidos lixiviados gerados em uma das células do aterro sanitário de Belo Horizonte, MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
25. CECCONELLO, C.M. Pós-tratamento de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos utilizando leitos cultivados. 148 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo (UPF), Passo Fundo, RS, 2005.
26. CELERE, M.S.; OLIVEIRA, A.S.; TREVILATO, T.M.B.; SEGURA-MUÑOZ, S.I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para a saúde pública. Cadernos de Saúde Pública, v. 23, n. 4, p. 939-947, 2007.
27. CEPOLLINA, M.; KAIMOTO, L.S.A.; MOTIDOME, M.J.; LEITE, E.F. Monitoramento em aterros sanitários durante a operação: desempenho mecânico e ambiental. In: Seminário sobre Resíduos Sólidos – RESID, 2, 2004, São Paulo, SP. Anais... CD-ROM.
28. CHAUVENET, W. A manual of spherical and practical astronomy: Vol. II – Theory and use of astronomical instruments. Method of least squares. Philadelphia, EUA: J.B. Lippincott & Co., 1863. 682 p + pranchas.
29. CINTRA, F.H.; HAMADA, J.; CASTILHO FILHO, G.S. Fatores que afetam a qualidade do chorume gerado em aterro controlado de resíduos sólidos urbanos. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, 2002, Vitória, ES. Anais... CD-ROM.
30. CLARETO, C.R.; CAMPOS, J.R. Tratamento biológico de líquidos percolados em reator anaeróbio compartimentado. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25, 1996, Cidade do México, México. Anais... Disponível no REPIDISCA (<http://www.bireme.org/php/index.php>).
31. COELHO, M.G.; ANDRADE, S.M.A.; SANTOS, L.P.; SANTOS, C.L. Caracterização e tratabilidade por coagulação-floculação de líquidos percolados provenientes de aterro sanitário municipal de Uberlândia-MG/Brasil. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002a, Cancún, México. Anais... CD-ROM.
32. COELHO, M.G.; SANTOS, L.P.; SANTOS, C.L.; ANDRADE, S.M.A. Utilização de processos oxidativos avançados (POAs) no tratamento de líquidos percolados provenientes do aterro sanitário de Uberlândia-MG/Brasil. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002b, Cancún, México. Anais... CD-ROM.
33. CONTRERA, R.C.; ZAIAT, M.; SCHALCH, V. Partida e adaptação de um reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF) para tratamento biológico de líquidos percolados de aterros sanitários. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
34. COUTO, M.C.L.; BRAGA, F.S. Tratamento de chorume de aterro sanitário por associação de reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo e reator anaeróbio por infiltração rápida. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
35. COUTO, M.C.L.; BRAGA, F.S.; GONÇALVES, R.F.; BASTOS, T.M. Tratamento de chorume de aterro sanitário pelo processo de infiltração rápida. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal, RN. Anais... CD-ROM.
36. CUNHA, R.P. Influência dos líquidos percolados do aterro de lixo da cidade de Florianópolis-SC, Brasil, no desenvolvimento de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman ex Moldenke. 146 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2003.
37. EDUARDO, J. Avaliação das características microbiológicas e físico-químicas do lixiviado (chorume) no processo de tratamento do Aterro Metropolitano de Gramacho (RJ – Brasil). 98 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, 2007.
38. EHRIG, H.-J. Leachate quality. In: CHRISTENSEN, T.H., COSSU, R., STEGMANN, R. (Eds.). Sanitary landfilling: process, technology and environmental impact. London: Academic Press, 1989. Cap. 4.2., p. 213-229.

39. EL-FADEL, M.; BOU-ZEID, E.; CHAHINE, W.; ALAYLI, B. Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste Management*, v. 22, p. 269-282, 2002.
40. FACÓ, A.M.; SANTAELLA, S.T. Tratamento de percolado de aterro sanitário através de processo biológico com fungos. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002, Cancún, México. Anais... CD-ROM.
41. FARIAS, D.O.; VIEIRA, F.F.; ROSAS, J.F.; LIMA, G.G.C.; LIMA, C.A.P. Aplicação do reagente Fenton e da fotodegradação foto-Fenton no tratamento de lixiviado proveniente de aterro sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
42. FERNANDES, F.; COSTA, R.H.R.; GOMES, L.P.; FERREIRA, J.A.; BEAL, L.L.; CASTILHOS JÚNIOR, A.B.; SILVA, S.M.C.P.; CAMPOS, J.C.; LOPES, D.D.; BOFF, R.D.; SILVA, J.D. Tratamento biológico de lixiviados de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS JÚNIOR, A.B. (Coord.). Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Cap. 5, p. 209-299. (Projeto PROSAB).
43. FERREIRA, C.F.A.; AMARAL, M.C.S.; LANGE, L.C.; AQUINO, S.F.; ITO, A. Estudo da distribuição de peso molecular da DQO de lixiviados de aterro sanitário. In: Congresso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 30, 2006, Punta Del Este, Uruguai. Anais... CD-ROM.
44. FERREIRA, C.F.A.; AMARAL, M.C.S.; LANGE, L.C.; AQUINO, S.F.; MENDONÇA, R.J.R. Estudo da distribuição de peso molecular de lixiviados de aterros sanitários de diferentes idades. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007a, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
45. FERREIRA, C.F.A.; MORAVIA, W.G.; AMARAL, M.C.S.; LANGE, L.C.; VON SPERLING, M. Implantação de um sistema filtro anaeróbio e lagoas de polimento no tratamento de lixiviados de aterro sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007b, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
46. FERREIRA, J.A.; GIORDANO, G.; RITTER, E.; ROSSO, T.C.A.; CAMPOS, J.C.; LIMA, P.Z.M. Uma revisão das técnicas de tratamento de chorume e a realidade do Estado do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa, PB. Anais... CD-ROM.
47. FERREIRA, J.A. Aterro de pequeno e médio porte – o caso de Pirai. In: Seminário Internacional “As melhores práticas em gestão integrada de resíduos sólidos”, 2003, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano, Governo do Estado do Rio de Janeiro; Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). p. 194-200.
48. FERREIRA, J.A.; CAMPOS, J.C.; RITTER, E.; GIORDANO, G.; MANNARINO, C.F. Eficiência global do sistema de tratamento de chorume do aterro sanitário de Pirai – RJ. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
49. FERREIRA, J.A.; CAMPOS, J.C.; RITTER, E.; MANNARINO, C.F.; PAULA, A.P.J. Reestruturação do sistema de tratamento de lixiviado no aterro sanitário de Pirai – resultados iniciais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
50. FERREIRA, J.A.; MANNARINO, C.F.; MOREIRA, J.C.; ARIAS, A.R.L.; BILA, D.M. Avaliação da eficiência do tratamento combinado de lixiviados de aterros de resíduos sólidos urbanos em estações de tratamento de esgotos usando ensaios ecotoxicológicos – estudo de casos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
51. FIÚZA, J.M.S.; AGUIAR, C.B.; MENEZES, C.T.; SANTOS, D.M.J. Monitoramento do chorume do Aterro Centro de Salvador. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2000, Porto Alegre, RS. Anais... CD-ROM.
52. FLECK, E. Sistema integrado por filtro anaeróbio, filtro biológico de baixa taxa e banhado construído aplicado ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário. 176 p + anexos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2003.
53. GARCIA, G.C.P.; BARBOZA, I.M.; RIZK, M.C. Avaliação da capacidade de adaptação de diferentes plantas aquáticas em chorume bruto visando sua tratabilidade. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
54. GIORDANO, G. Chorume – técnicas de tratamento e monitoramento. In: Seminário Internacional “As melhores práticas em gestão integrada de resíduos sólidos”, 2003, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano, Governo do Estado do Rio de Janeiro; Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). p. 210-218.
55. GOMES, L.P. (Coord.). Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 360 p. (Projeto PROSAB).

56. GOMES, T.L.; SILVA, C.E. Avaliação quali-quantitativa do percolado gerado no Aterro da Caturrita em Santa Maria – RS. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
57. HAMADA, J. Estimativas de geração e caracterização do chorume em aterros sanitários. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, 1997, Foz do Iguaçu, PR. Anais... CD-ROM.
58. HOSSAKA, A.L.; FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P. Avaliação de um sistema de lagoa aerada de mistura completa na remoção da carga orgânica de lixiviado de aterro sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
59. IWAI, C.K. Tratamento de chorume através de percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros para resíduos sólidos urbanos. 205 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola de Engenharia da UNESP – Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Bauru, SP, 2005.
60. JUCÁ, J.F.T. Destinação final dos resíduos sólidos no Brasil: situação atual e perspectivas. 2º Seminário sobre Resíduos Sólidos - RESID 2004. São Paulo: ABGE, 29-30 de Abril, 2004.
61. JUCÁ, J.F.T.; MELO, V.L.A.; BASTOS, E.G. Monitoramento ambiental do Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca – PE. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, 1997, Foz do Iguaçu, PR. Anais... CD-ROM.
62. KJELDSEN, P.; BARLAZ, M.A.; ROOKER, A.P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T.H. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 32, n. 4, p. 297-336, 2002.
63. KUAJARA, O.; SANCHEZ, J.C.D.; BALLESTRIN, R.A.; TEIXEIRA, E.C. Environmental monitoring of the North Porto Alegre landfill, Brazil. *Water Environment Research*, v. 69, p. 1170-1177, set/out 1997.
64. LANGE, L.C.; ALVES, J.F.; AMARAL, M.C.S.; MELO JÚNIOR, W.R. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançado empregando reagente de Fenton. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, n. 2, p. 175-183, 2006.
65. LANGE, L.C.; CUSSIOL, N.A.M. Avaliação da sustentabilidade técnica e ambiental de aterros sanitários como método de tratamento e de disposição final de resíduos de serviços de saúde. In: FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. 2º caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública. Brasília: FUNASA, 2006. p. 45-72.
66. LEITE, V.D.; LUNA, M.L.D.; BENTO, E.R.; LOPES, W.S.; SILVA, R.R.F. Estudo do pH e nitrogênio amoniacal no processo de stripping de amônia. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
67. LIMA, L.M.Q. Estudo da influência da reciclagem de chorume na aceleração da metanogênese em aterro sanitário. 242 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 1988.
68. LIMA, W.S. Avaliação do desempenho de remoção de poluentes de lixiviados: um estudo de caso para o sistema de tratamento do aterro municipal de Betim – Minas Gerais. 117 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2006.
69. LINS, E.A.M.; PURIFICAÇÃO, R.C.; JUCÁ, J.F.T. Soluções e propostas para a melhoria do tratamento de chorume no Aterro da Muribeca. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal, RN. Anais... CD-ROM.
70. LINS, E.A.M.; LINS, M.C.M.; LIMA, M.A.G.A.; ARAÚJO, J.M.; JUCÁ, J.F.T. Monitoramento de lagoas de estabilização no tratamento de chorume – Aterro da Muribeca. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
71. LINS, M.C.M. Avaliação microbiológica e fitotóxica do chorume da estação de tratamento do Aterro da Muribeca – PE. 91 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia de Produtos Bioativos, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, 2005.
72. LÔBO, E.M.P.S. Estudo comparativo das características dos líquidos percolados gerados no Aterro Metropolitano – PB e no Aterro da Muribeca – PE. 127 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, 2006.
73. LUZIA, M.R.; CAMPOS, J.C.; FERREIRA, J.A.; FRANCO, R.S.O.; BARBOSA, W.F. Utilização de filtros aeróbios em escala de laboratório para o tratamento do lixiviado do aterro metropolitano de

- Gramacho. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
74. MACHADO, C.F. Avaliação da presença de microrganismos indicadores de contaminação e patogênicos em líquidos lixiviados do Aterro Sanitário de Belo Horizonte. 125 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2004.
  75. MARINGONDA JÚNIOR, A.; LOPES, D.D. Avaliação do processo de nitrificação-desnitrificação para remoção de nitrogênio de lixiviados. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
  76. MARTINS, C.L.; SILVA, J.D.; RODRIGUES, M.C.; MÁXIMO, V.A.; CASTILHOS JÚNIOR, A.B. O uso conjugado de processos físico-químicos e biológicos para o tratamento de líquidos percolados gerados em aterros sanitários no estado de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
  77. MÁXIMO, V.A. Tratamento por coagulação-floculação dos lixiviados do aterro sanitário da região metropolitana de Florianópolis. 186 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2007.
  78. MELO, V.L.A.; JUCÁ, J.F.T. Diagnóstico ambiental em aterros de resíduos sólidos a partir de estudos de referência. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa, PB. Anais... CD-ROM.
  79. MENDONÇA, J.C. Influência da tinta de impressão na digestão anaeróbia do papel jornal. 126 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2003.
  80. MENDONÇA, N.M.; MACHADO, L.C.G.T.; CUNHA, M.V.P.O.; ROSÁRIO, A.S.; GOMES, S.J.S. Caracterização das águas superficiais da microbacia do Maicá e do percolado proveniente do aterro sanitário de Santarém (PA). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
  81. MIRANDA, V.F. Avaliação da toxicidade de líquidos percolados gerados no Aterro Controlado de Pau Queimado (município de Piracicaba, SP) para organismos aquáticos. 139 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2005.
  82. MONDELLI, G. Investigação geoambiental em áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos utilizando a tecnologia do piezocone. 264 p + anexos. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, 2004.
  83. MONTEIRO, J.H.P.; MANSUR, G.L. Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales em ciudades de América Latina y el Caribe. Rio de Janeiro: IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2006. 264 p.
  84. MORAES, P.B.; BERTAZZOLI, R. Eletrodegradação de chorume de lixo gerado em aterros sanitários. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
  85. MORAES, P.B. Tratamento de chorume de aterro sanitário usando eletrólise foto-assistida. 118 p. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, 2004.
  86. MORAES, P.B.; BERTAZZOLI, R. Electrodegradation of landfill leachate in a flow electrochemical reactor. *Chemosphere*, v. 58, p. 41-46, 2005.
  87. MORAES, V.A.; GOMES, J.A. Tratamento de líquidos percolados de aterros sanitários em reator anaeróbio híbrido. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17, 1993, Natal, RN. Anais... Rio de Janeiro: ABES. Vol. 2, Tomo III, p. 226-242.
  88. MORAIS, J.L.; SIRTORI, C.; KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P. Estudo da potencialidade de processos oxidativos avançados integrados a processos biológicos para tratamento de chorume de aterro sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
  89. MORAIS, J.L. Estudo da potencialidade de processos oxidativos avançados, isolados e integrados com processos biológicos tradicionais, para tratamento de chorume de aterro sanitário. 207 p. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Química, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, 2005.
  90. MORAIS, J.L.; PERALTA-ZAMORA, P. Use of advanced oxidation processes to improve the biodegradability of mature landfill leachates. *Journal of Hazardous Materials*, v. B123, p. 181-186, 2005.



91. MORAIS, J.L.; SIRTORI, C.; PERALTA-ZAMORA, P.G. Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biológico convencional. *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 20-23, 2006.
92. MORAVIA, W.G. Estudos de caracterização, tratabilidade e condicionamento de lixiviados visando tratamento por lagoas. 161 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2007.
93. MORAVIA, W.G.; AMARAL, M.C.S.; FERREIRA, C.F.A.; LANGE, L.C.; MARTINS, L.K.A. Estudo de diferentes métodos de partida de sistema de tratamento aeróbio para lixiviados de aterro sanitário estabilizado em escala de bancada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
94. MOREIRA, F.A.; LANGE, L.C.; FLORA, R.S. Avaliação da eficiência de remoção de amônia em lixiviados de aterro sanitário como pré e pós tratamento na digestão aeróbia e anaeróbia. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
95. MOSER, G.I.F.; ALEM SOBRINHO, P. Estudo da nitrificação de líquido percolado de aterro sanitário utilizando-se sistemas de lagoa aerada e lodos ativados. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal, RN. Anais... CD-ROM.
96. NAGALLI, A. Diagnóstico e avaliação dos impactos ambientais de aterros de disposição de resíduos no estado do Paraná – estudo de caso dos municípios de Jacarezinho e Barra do Jacaré. 169 p. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, 2005.
97. NÓBREGA, S.W.; RODRIGUES, C.C.; SILVA JÚNIOR, J.R.; COELHO, D.G. Remoção de cor do chorume através da combinação de processos físico-químicos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
98. PAES, R.F.C. Caracterização do chorume produzido no Aterro da Muribeca – PE. 150 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB, 2003.
99. PAGANINI, W.S.; BOCCHIGLIERI, M.M.; LOPES, G.F. Avaliação da capacidade das estações de tratamento de esgotos do sistema integrado da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP – para o recebimento do chorume produzido nos aterros sanitários da região. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
100. PALMEIRA, E.M. Geosynthetic in drainage systems of waste disposal areas. In: Simpósio Internacional de Tecnologias e Tratamento de Resíduos Sólidos, 2006, Rio de Janeiro, RJ. Anais... CD-ROM.
101. PESSIN, N.; SILVA, A.R.; BRUSTOLIN, I.; MANDELLI, S.M.D.C.; PANAROTTO, C.T. Variação da composição dos líquidos percolados do aterro sanitário de São Giácomo – Caxias do Sul – RS. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19, 1997, Foz do Iguaçu, PR. Anais... CD-ROM.
102. PICANÇO, A.P.; SALGADO, M.T.; MENDONÇA, J.C.; POVINELLI, J. Sistemas de duas fases para degradação anaeróbia de resíduos sólidos urbanos (RSU). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
103. PICANÇO, A.P. Influência da recirculação de percolado em sistemas de batelada de uma fase e híbrido na digestão da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos. 135 p + anexos. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2004.
104. PIMENTEL JÚNIOR, A.C.N. Monitoramento integrado em aterro sanitário com codisposição de resíduos sólidos industriais não inertes e inertes: experiência do município de Limeira – SP. 98 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 1998.
105. PONTOLILLO, J.; EGANHOUSE, R.P. The search for reliable aqueous solubility ( $S_w$ ) and octanol-water partition coefficient ( $K_{ow}$ ) data for hydrophobic organic compounds: DDT and DDE as a case study. Reston, Virginia, USA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2001. 51 P. (Water-Resources Investigations Report 01-4201). Disponível em: <<http://pubs.water.usgs.gov/wri01-4201/>>.
106. PRIM, E.C.C.; CASTILHOS JÚNIOR, A.B.; OLIVEIRA, J.C.; MATIAS, W.C. Aterros sanitários: estudo dos mecanismos de retenção de líquidos percolados em solos argilosos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
107. QASIM, S.R.; CHIANG, W. Sanitary landfill leachate: generation, control and treatment. Lancaster, Pennsylvania, EUA: Technomic Publishing Company, Inc, 1994. 339 p.

108. RAMOS, J.B.E. Estudo da viabilidade técnica dos processos de georremediação e oxidação úmida para tratamento de percolados de aterros sanitários (chorume da ETP Muribeca: um estudo de caso). 153 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, 2008.
109. REGATTIERI, C.R. Estudo da utilização da energia do biogás na incineração do chorume em aterros sanitários – eliminação simultânea de duas fontes poluentes – gasosa e líquida. Paginação irregular. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2003.
110. REICHERT, G.A. A vermicompostagem aplicada ao tratamento de lixiviado de aterro sanitário. 136 p. + anexos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1999.
111. RIBEIRO, L.S.; SILVA, A.S.; LIMA, C.A.P.; LIMA, G.G.C.; VIEIRA, F.F. Degradação fotocatalítica de chorume gerado em aterros sanitários: avaliação das propriedades microbiológicas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
112. RITA, F.; PINTO, R.O.; MATHIAS, W.G.; BELLI FILHO, P.; SOARES, H.M. (2002). Desempenho de um reator UASB em escala piloto para o tratamento de chorume de resíduos sólidos urbanos. In: Taller y Simposio Latino Americano sobre Digestión Anaerobia, 7, 2002, Mérida, México. Anais... Vol. 1, p. 162-165.
113. RITTER, E.; LEITE, A.E.B.; MACHADO, V.F. Avaliação da capacidade de mitigação da argila orgânica presente na fundação e nas valas de contenção lateral para o chorume gerado no aterro metropolitano de Gramacho – Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa, PB. Anais... CD-ROM.
114. ROCHA, E.M.R. Desempenho de um sistema de lagoas de estabilização na redução da carga orgânica do percolado gerado no Aterro da Muribeca (PE). 151 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, 2005.
115. RODRIGUES, F.S.F.; BILA, D.M.; CAMPOS, J.C.; DEZOTTI, M. A influência da remoção prévia de amônia no tratamento biológico do chorume ozonizado. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
116. RODRIGUES, M.C. Tratamento eletrolítico de lixiviado de aterro sanitário. 109 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2007.
117. RODRIGUES FILHO, G.M. Desenvolvimento de processos oxidativos avançados para tratamento de lixiviado do Aterro Sanitário da Muribeca (PE). 111 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, 2007.
118. ROEHRS, F. Tratamento físico-químico de lixiviado de aterro sanitário por filtração direta ascendente. 129 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2007.
119. RÜGER, K.F.; GODOI, M.O.; MACHADO, P.G.; CAVALCANTI, J.E.W. Avaliação de alternativas para o tratamento de chorume do aterro sanitário Bandeirantes – São Paulo. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 1996, Porto Alegre, RS. Anais... p. 209-213.
120. SÁ, L.F. Evaporação Natural do Lixiviado do Aterro da Muribeca Através de um Destilador Solar. 116 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, 2008.
121. SALGADO, M.T. Influência da variação da taxa de recirculação de percolado na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos. 76 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2003.
122. SALGADO, M.T.; PICANÇO, A.P.; MENDONÇA, J.C.; POVINELLI, J. Degradação anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos em sistemas com recirculação de percolado. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
123. SANTOS, A.F.M.S. Caracterização, avaliação da biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia e tratamento em reator UASB do chorume do Aterro da Muribeca. 188 p + anexos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2003.



- 124.SANTOS, A.F.M.S.; KATO, M.T.; FLORENCIO, L. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia e do tratamento de chorume através de reator UASB em escala experimental. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
- 125.SANTOS, A.F.M.S.; KATO, M.T.; FLORENCIO, L. Estudo comparativo entre a biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia de chorume de aterro controlado. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 11, 2004, Natal, RN. Anais... CD-ROM.
- 126.SANTOS, A.F.M.S.; KATO, M.T.; FLORENCIO, L. Determinação de variáveis operacionais de reator UASB para tratamento de chorume com alta relação DQO/DBO. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
- 127.SEGURA-MUÑOZ, S.I. Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados. 131 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação de Enfermagem em Saúde Pública, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, SP, 2002.
- 128.SILVA, A.B.; LIMA, E.S.; PALHA, M.L.A.F.P.; LIMA, M.A.G.A.; JUCÁ, J.F.T. Avaliação do impacto ambiental causado pelo chorume no rio Jaboatão durante o ano de 2004. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande, MS. Anais... CD-ROM.
- 129.SILVA, A.C. Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado. 111 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, 2002.
- 130.SILVA, A.C.; BONECKER, A.C.T.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA JÚNIOR, G.L. Avaliação da sensibilidade de *Brachydanio rerio* e *Poecilia vivipara* (Pisces) ao chorume do aterro de Gramacho / RJ. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville, SC. Anais... CD-ROM.
- 131.SILVA, A.C.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA JÚNIOR, G.L. Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate. *Chemosphere*, v. 55, p. 207-214, 2004.
- 132.SILVA, A.R. Estudo da degradação biológica da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. 130 p + anexos. Tese de Doutorado, não defendida. Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2004. Exemplar prévio gentilmente cedido pelo Prof. Jurandyr Povinelli exclusivamente para uso na presente tese.
- 133.SILVA, C.L.; SEGATO, L.M. Tratamento de líquidos percolados por evaporação através do aproveitamento de gás de aterros sanitários. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002, Cancún, México. Anais... CD-ROM.
- 134.SILVA, J.D.; MARTINS, C.L.; RODRIGUES, M.C.; MÁXIMO, V.A.; CASTILHOS JÚNIOR, A.B. Caracterização físico-química e biológica do lixiviado produzido no aterro sanitário de Biguaçu – SC. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
- 135.SILVA, S.M.C.P.; HOSSAKA, A.L.; FERNANDES, F.; ALEM SOBRINHO, P. Remoção prévia de nitrogênio amoniacal de lixiviado de aterro sanitário visando posterior tratamento biológico. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
- 136.SISINNO, C.L.S.; MOREIRA, J.C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 12, n. 4, p. 515-523, 1996.
- 137.SISINNO, C.L.S.; OLIVEIRA-FILHO, E.C.; DUFRAYER, M.C.; MOREIRA, J.C.; PAUMGARTTEN, F.J.R. Toxicity evaluation of a municipal dump leachate using zebra fish acute tests. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 64, n. 1, p. 107-113, 2000.
- 138.SOUTO, G.D.B. Efeito da variação gradual da taxa de recirculação do lixiviado em reatores anaeróbios híbridos na digestão da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos. 91 p + anexos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2005.
- 139.SOUTO, G.D.B. Lixiviado de aterros sanitários brasileiros - estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar ("stripping"). 2008. 371 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2009.
- 140.SOUTO, G.D.B.; POVINELLI, J. Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.

- 141.SOUTO, G.D.B.; POVINELLI, S.C.S.; POVINELLI, J. Ammonia stripping from landfill leachate using packed towers. In: International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering – SIDISA 08, 2008, Florença, Itália. Anais... CD-ROM.
- 142.STRELAU, J.R.M. Estudo comparativo de métodos de extração para determinação de compostos orgânicos em lixiviados de aterros sanitários por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC/MS). 501 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 2006.
- 143.TAUCHERT, E.; PERALTA-ZAMORA, P. Avaliação de processos fotoeletroquímicos no tratamento de líquidos lixiviados de aterros sanitários. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 9, n. 3, p. 197-201, 2004.
- 144.TAUCHERT, E.; SCHNEIDER, S.; MORAIS, J.L.; PERALTA-ZAMORA, P. Photochemically-assisted electrochemical degradation of landfill leachate. Chemosphere, v. 64, p. 1458-1463, 2006.
- 145.TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill, Inc., 1993. 978 p.
- 146.TECNOTRATER - GRUPO DE DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS AVANÇADAS PARA O TRATAMENTO DE RESÍDUOS. Disponível em: <[www.quimica.ufpr.br/tecnotrat/](http://www.quimica.ufpr.br/tecnotrat/)>. Acesso em: 19 mai. 2008.
- 147.TEIXEIRA, G.P.; RITTER, E.; LACERDA, G.B.M.; FERREIRA, J.A.; FRANÇA, R.A. Considerações sobre a remediação e monitoramento geotécnico e ambiental do lixão de Salvaterra – Juiz de Fora / MG. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
- 148.UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Decision-Maker's Guide to Solid Waste Management, Volume II. Solid Waste and Emergency Response 5305W, EPA530-R-95-023, August, 1995.
- 149.VIANA, A.S.P.S.; FIGUEIREDO, I.C.; CANTANHEDE, A. Avaliação do cotratamento biológico de lixiviados de aterros sanitários com esgoto doméstico no município do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.
- 150.YOKOYAMA, L.; CAMPOS, J.C.; CARDILLO, L.; TEIXEIRA, L.A.C.; PEREIRA, A.R. Precipitação do nitrogênio amoniacal na forma de estruvita em chorume de aterro sanitário. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, 2007, Belo Horizonte, MG. Anais... CD-ROM.