



Estudos de Fitotoxicidade

Ilustrações cedidas pelos autores

Estudos de toxicidade em aterros de resíduos sólidos urbanos

Resumo

Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos, por apresentarem lixo procedente de muitas fontes, apresentam agentes tóxicos, além de serem uma fonte de inúmeros microrganismos patogênicos, que podem ser nocivos aos seres vivos e ao meio ambiente. Por isso, verificar o grau de contaminação por agentes tóxicos é um importante critério, assim como analisar a biota microbiana dos resíduos depositados no aterro, a fim de serem avaliados os danos que podem ser causados à saúde pública e ao meio ambiente. Um outro aspecto a ser avaliado é que os agentes tóxicos podem influenciar na própria biota microbiana de aterros de resíduos sólidos urbanos, interferindo, portanto, na evolução do processo degradativo dos resíduos. Uma outra finalidade para o desenvolvimento dessas pesquisas é o possível manuseio desses resíduos após a bioestabilização e a reutilização desse material para diversos fins. Neste sentido, com o material proveniente do Aterro da Muribeca, foram realizados testes de fitotoxicidade, determinação de microrganismos patogênicos, além de ensaios complementares como: teor de umidade, sólidos voláteis, teor de metais, temperatura e pH.

1. Introdução

Os resíduos depositados em aterros de resíduos sólidos procedem, na maioria das vezes, de fontes domiciliares, industriais e comerciais, tendo uma composição bastante diversificada como: alimentos, podas de árvores, jardim, fraldas descartáveis: rejeitos industriais, pilhas etc. Esses produtos são constituídos por diferentes macromoléculas, as quais serão hidrolizadas por enzimas extracelulares, chamadas hidrolases, que são secretadas por diversos microrganismos. Essa composição variada permite o desenvolvimento

de diversos microrganismos, em decorrência da elevada concentração de compostos orgânicos, além de elevado índice de metais pesados e outros constituintes tóxicos, inclusive subprodutos do metabolismo microbiano.

O comportamento dos resíduos depositados em aterros é semelhante a um biorreator e, em condições ótimas, o biorreator provê uma quebra completa da fração biodegradável do lixo. Do ponto de vista da engenharia, a quebra acelerada dos compostos, através do controle das condições ambientais, conduz a uma estabilização mais rápida, maiores recalques e eventual reutilização do local (McDougall et al. 2001).

O campo experimental foi o Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca, localizado na região metropolitana do Recife, no município de Jaboatão dos Guararapes, costa nordeste do Brasil; possui uma área de 60 hectares e recebe diariamente 3.000 toneladas de resíduos domésticos e industriais, sendo cerca de 60% do lixo composto de material orgânico, 15% de papéis, 8% de plásticos, 2% de metais, 2% de vidros e 13% de outros materiais; desde 1985, funciona como depósito de resíduos. O aterro está passando por uma fase de reestruturação, passando de lixão para aterro sanitário. O aterro é constituído por células de idades variáveis. Sendo que os estudos foram realizados na Célula 1, a mais antiga do aterro, com idade de 17 anos. Essa célula tem dimensões 200mx200m e uma espessura média da camada de lixo de 20m (Jucá et al 2002).

O objetivo deste trabalho é verificar o grau de contaminação de agentes tóxicos como um importante critério para avaliar a evolução do processo de biodegradação dos resíduos depositados no aterro, bem como os danos à saúde pública e ao ambiente.

2. Material e Métodos

Os ensaios realizados na Célula 1

Marcio Camargo de Melo

Bioólogo, Mestrando em Engenharia Civil –
Universidade Federal de Pernambuco - Recife –
PE – Brasil
marciocmelo@zipmail.com.br

Veruschka Escarião Dessoles Monteiro, MSc

Doutoranda em Engenharia Civil – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife – PE – Brasil
veruschkamonteiro@hotmail.com

Marcio Luis Neves, MSc

Pesquisador assistente, Depto. de Antibióticos –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE – Brasil

Janete Magali de Araújo, DSc

Professora Adjunta, Depto. de Antibióticos –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE – Brasil

José Fernando Thomé Jucá, DSc

Professor Adjunto, Depto de Engenharia Civil –
Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE – Brasil
jucab@ufpe.br

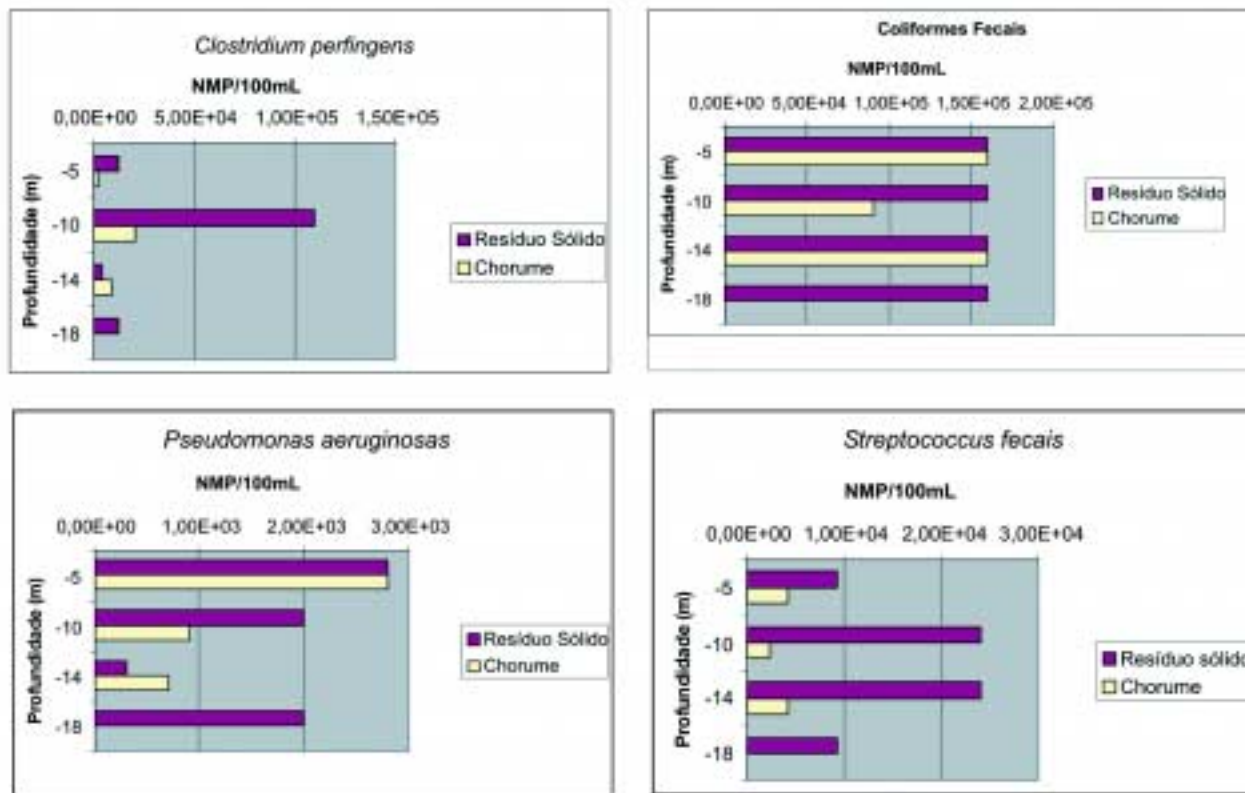


Figura 1. NMP de microorganismos patogênicos (Célula 1)

envolveram a coleta de amostras líquidas (chorume) e sólidas (resíduo sólido) obtidas a partir de sondagem a percussão (SPT) em diferentes profundidades, tendo como objetivo a análise dos agentes tóxicos por meio de testes de fitotoxicidade e teor de metais; análises microbiológicas, além de outros parâmetros medidos durante os ensaios. O teste de fitotoxicidade consiste em semear sementes de diferentes espécies de plantas e analisar o crescimento e o tamanho da raiz (Tiquia et al. 1996). Paralelamente a esses ensaios, realizou-se também a identificação e a quantificação de microrganismos patogênicos presentes na massa de lixo. Estes ensaios foram complementados com a determinação de testes físico-químicos como: teor de metais, temperatura, pH, teor de umidade, sólidos voláteis.

2.1. Análises Físico-Químicas e Microbiológicas

Análises físico-químicas e microbiológicas do chorume e do resíduo sólido em diferentes profundidades foram realizadas a fim de determinar o grau de contaminação do lixo depositado na Célula 1. Essas análises permi-

tiram verificar com detalhes como evoluiu o metabolismo microbiano nas diferentes profundidades.

A metodologia empregada para essas análises foi segundo a APHA, 1992, e a Portaria nº 829, de 15 de fevereiro de 2001 do Diário Oficial nº 35-E. De acordo com WHO (1979), foram realizados os ensaios de umidade, sólidos voláteis e pH.

As amostras foram coletadas por meio de ensaios SPT, de acordo com a NBR 6484 / NBR 7250, e segundo a técnica de coleta e conservação da CETESB, (1986). Para a coleta de microrganismos anaeróbios utilizou-se equipamento desenvolvido no Laboratório de Solos e instrumentação da UFPE.

2.2. Fitotoxicidade e Metais

O ensaio de fitotoxicidade consistiu em semear duas diferentes espécies de plantas. As plantas escolhidas foram tomate (*Lycopersicon lycopersicum*) e repolho (*Brassica oleraceae*). Essas duas espécies de plantas são recomendadas para teste de fitotoxicidade (USEPA,1982;FDA,1987) Nesses ensaios foi observada a quantidade de sementes germinadas e o comprimento da raiz, e, então, calculado o

índice de germinação (%) e o crescimento médio da raiz (%), segundo Tiquia et al. (1996).

Os ensaios de fitotoxicidade e metais foram realizados para avaliar o nível de toxicidade nas diferentes profundidades, e quais eram os seus efeitos na biota microbiana. Além do mais, o teste de fitotoxicidade é um critério que pode ser utilizado para avaliar os níveis de toxidez antes de o resíduo ser reutilizado para diversos fins, e assim evitar acidentes ambientais.

Segundo Wang & Keturi (1990), a germinação de plantas e o comprimento da raiz tem sido um teste bastante usado por ser uma técnica simples, rápida, segura e reproduzível, para avaliar os danos causados pelas combinações tóxicas presentes em vários compostos.

3. Resultados e Discussão

3.1 . Análises Físico-químicas e Microbiológicas

Os resultados das análises físico-químicas são apresentados na Tabela 1. Esses resultados sugerem uma bioestabilização que pode ser ilustrado pelos índices de DBO e DQO, que são

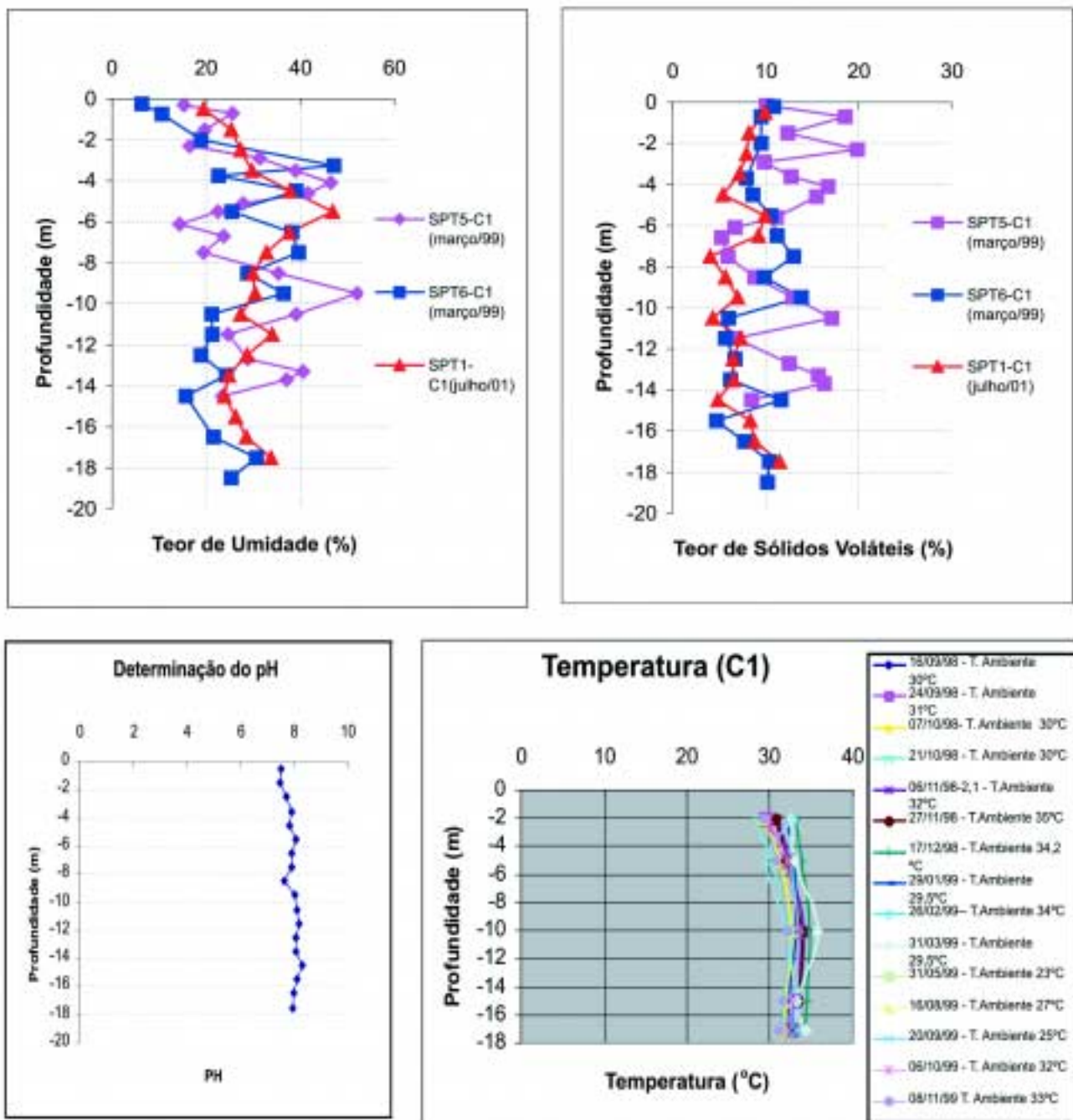


Figura 2: Parâmetros físico-químicos e temperatura (Célula 1)

bastante baixos (333 e 4.941, respectivamente). Esses valores condizem com a baixa atividade microbiológica (Figura 1) nas diferentes profundidades, onde houve quantificação e qualificação de microrganismos do grupo coliforme totais e fecais. Espécies como *Pseudomonas aeruginosas*, *Streptococcus fecaes*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium perfringens* indicam essa baixa atividade, pois encontrou-se valores de NMP (Número Mais Provável) na ordem de grandeza de 10^3 a 10^5 , o que representa valores baixos. Contudo, essa contagem mostrou-se praticamente constante ao longo da profundi-

dade, indicando uma constância nas condições do meio (massa de lixo).

Outros parâmetros monitorados (Figura 2) comprovam o estágio de bioestabilização dos resíduos depositados na Célula 1. Isso pode ser evidenciado pelo teor de sólidos voláteis dos resíduos da Célula 1, que, nos últimos ensaios realizados (2001), variaram em torno de 5% (constante ao longo da profundidade), sendo um indicativo de que a quantidade de matéria orgânica existente na Célula é bastante reduzida. Nos ensaios realizados em 1999, esses teores eram de 10%. Isso pode indicar uma possível mineralização do

material depositado na Célula 1. Contudo, o teor de umidade dos resíduos da Célula 1 mostra uma faixa de variação ao longo da profundidade de 20% a 40%, sendo essa faixa favorável para o processo de biodegradação do lixo (Palmisano & Barlaz, 1996). Apesar de o estágio de degradação estar bastante avançado, os teores de umidade se mantêm na faixa ótima. Isso poderia ser explicado pelos elevados níveis de precipitação anual, o que deixa os resíduos com uma taxa de umidade elevada.

A temperatura da massa de lixo

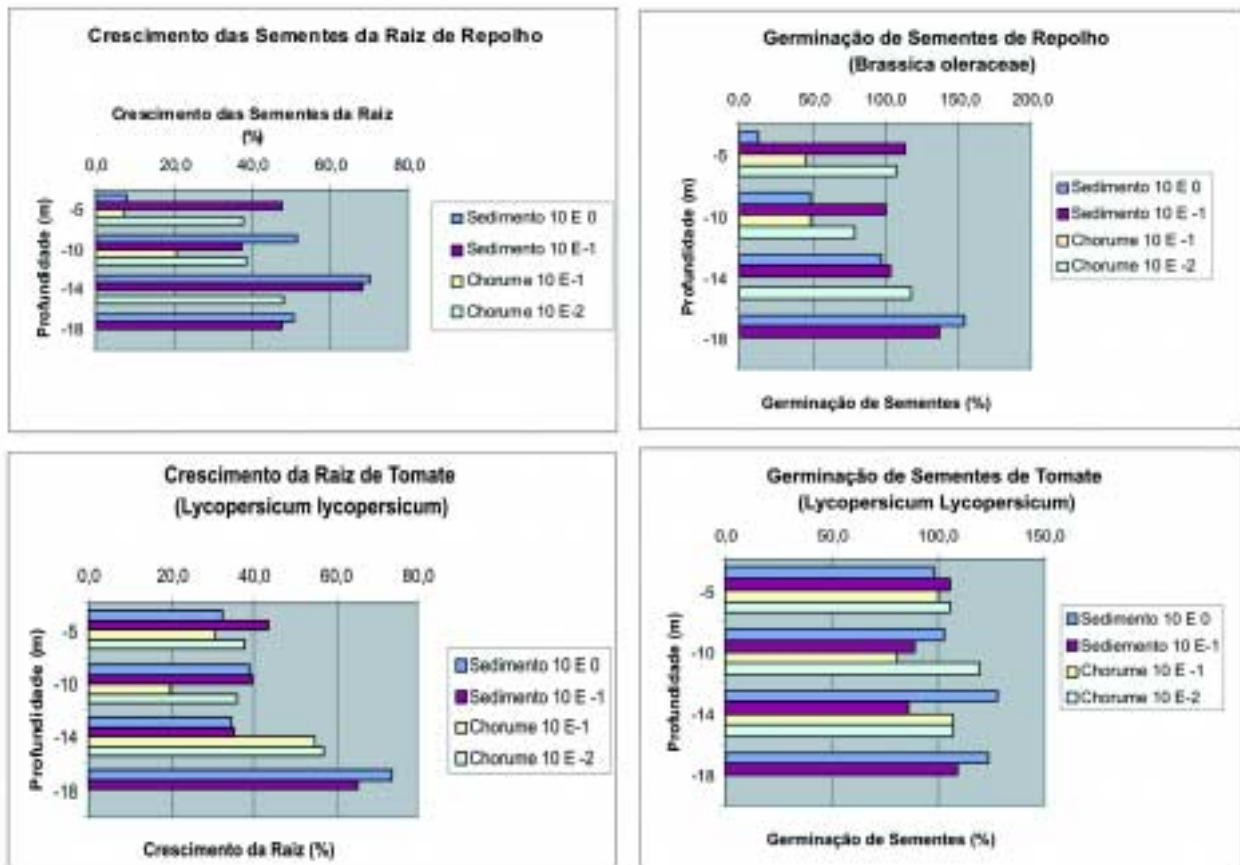


Figura 3. Testes de fitotoxicidade (Célula 1)

foi um outro parâmetro monitorado, que serve de indicador da evolução do processo de degradação. A temperatura da massa sólida é bastante uniforme ao longo da profundidade, com valores oscilando em torno de 30°C a 35°C, o que corresponde à temperatura ambiente no Aterro da Muribeca. A faixa de variação do pH também é bastante pequena, oscilando em torno de pH 8, valor típico de resíduos na fase de maturação final.

3.2 Fitotoxicidade e Metais

A análise dos resultados dos ensaios de fitotoxicidade (Figura 3) permitiu verificar que, com o aumento da profundidade, o índice de germinação para o chorume e o resíduo sólido aumentou gradativamente, indicando um material menos tóxico em profundidades mais elevadas. Também foi observado que o chorume é mais tóxico que o resíduo, uma vez que o crescimento da raiz e a germinação foi maior para o resíduo sólido. Esse resultado possivelmente é devido ao chorume carrear consigo os elementos tóxicos. Isso também reflete no número de microrganismos presentes no

chorume, uma vez que o NMP de microrganismos foi, de uma maneira geral, inferior ao NMP obtido no resíduo sólido. O ensaio de fitotoxicidade pode ser um parâmetro que comprova essas análises. O fato de o ambiente ser menos tóxico no resíduo permite um melhor desenvolvimento da biota mi-

crobiana, como também para o crescimento e germinação das sementes. Os resultados dos ensaios de quantificação de metais (Tabela 2) coincidem com os resultados dos testes de fitotoxicidade, havendo uma diminuição dos níveis de metais com o aumento da profundidade e, conseqüentemente,

Tabela 1. Físico-química do chorume (Célula 1)

Análises Físico-Químicas do Chorume da Célula 1 (SPT1) no Aterro da Muribeca	
Data da Coleta: 05/07/01 Profundidade: 10 metros	
DETERMINAÇÕES	SPT1-C1
Condutividade Específica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	22200,00
Demanda Química de Oxigênio (mg/l de O_2) - DQO	4941,00
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/l de O_2) - DBO	333,00
Cloreto (mg/l de Cl)	1187,68
Sólidos Totais (mg/l)	27177,00
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	10162,00
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	17015,00
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	8478,00
Cálcio (mg/l de Ca)	55,45
Magnésio (mg/l de Mg)	81,80
Amônio	P.A
Nitrato	P
Nitrato	P.A

OBS: P.A = presença acentuada
P = presença

Tabela 2. Metais (Célula 1)

Depth	Cr	Ag	Cd	Co	Pb	Ni	Cu	Zn
5m	31,25	0,20	0,90	1,75	60,65	3,10	12,70	110
10m	2,98	0,78	0,06	0,37	3,84	0,81	1,49	9,67
14m	0,45	0,04	0,10	0,40	1,60	0,90	1,75	7,0

maior germinação e, comprimento da raiz.

Segundo Tíquia et al. (1996) o aumento na germinação de sementes e no crescimento da raiz coincide com o decréscimo no $\text{NH}_4^+ \text{N}$, Cu e Zn do lixiviado. O que foi observado nos testes realizados no Aterro da Muribeca (Tabela 2). O desaparecimento da toxicidade dos resíduos com o aumento da profundidade pode ser indicador da maturidade da massa de lixo depositada na célula.

Entretanto, o número baixo de microrganismos possivelmente seja devido mais à idade avançada da célula que à concentração de metais pesados.

4. Considerações Finais

Os estudos de fitotoxicidade aliados a outros ensaios físico-químicos e microbiológicos, mostraram-se eficientes na avaliação do comportamento dos aterros de lixo urbano. Esses ensaios são capazes de indicar o comportamento dos resíduos depositados no aterro e o estágio de degradação desses resíduos em função do tempo, a fim de verificar o grau de contaminação de agentes tóxicos, podendo ser avaliados danos à saúde pública e ao ambiente. Também esses estudos apresentam um indicativo do nível de contaminação no caso de um possível manuseio de resíduos após a sua provável bioestabilização, em caso de reutilização desse material para diversos fins.

Os estudos realizados na Célula 1 sugerem uma bioestabilização do material depositado, já que os parâmetros físico-químicos como a DBO, DQO e o teor de sólidos voláteis apresentam valores baixos. O NMP da biota microbiana também apresentou valores bem reduzidos, indicando também uma pequena concentração de matéria orgânica. A ordem de grandeza de NMP foi de 10^4 , sendo inferior a uma célula em plena atividade, que apresenta uma ordem de grandeza da ordem de 10^8 . Além do mais, o NMP manteve-se constante, sugerindo uma massa de

lixo homogênea e bioestabilizada.

Em relação aos ensaios de fitotoxicidade da Célula 1, verificou-se que houve uma diminuição da toxicidade com o aumento da profundidade, possivelmente devido à diminuição das concentrações de metais, os quais inibem o crescimento celular vegetativo e bacteriano. Essa diminuição é consequência da lixiviação e dissolução da matéria orgânica, bem como da degradação biológica da massa de lixo. Vale salientar que a massa de lixo que se encontra na base da célula é mais antiga, sendo evidente que o substrato ali depositado está mais degradado do que o resíduo sólido encontrado nas camadas superficiais. Estudos mais detalhados estão sendo desenvolvidos, o que permitirá entender melhor o comportamento de resíduos sólidos urbanos, além de consolidar esse tipo de estudo para avaliar o nível de contaminação presente em células de resíduos depositados.

5. Referências Bibliográficas

1. APHA - American Public Health Association. 1992. Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater. Washington, DC.
2. Bendix et al Anaerobic digestion Elsevier Science Amsterdam .1996. 30: 171-180.
3. CETESB, (1986). "Guia de coleta e conservação de amostras de água".
4. Diário Oficial nº 35-E. (2001). "Portaria nº 829 de 15 de Fevereiro de 2001".
5. Jucá, J.F.T, Monteiro, V.E.D.,Melo, M.C., (2002), "Monitoreo ambiental de la recuperación del Vertedero de resíduos sólidos de Muribeca, Brasil - 1a parte.", Resíduos - Revista Técnica Medio Ambiente. Ategrus - Asociación Técnica para la Gestión de Resíduos y Medio Ambiente, Año XII, No 64 Enero-Febrero 2002, pp. 100-106. España.
6. Jucá, J.F.T, Monteiro, V.E.D.,Melo, M.C., (2002), "Monitoreo ambiental de la recuperación del Vertedero de resíduos sólidos de Muribeca, Brasil - 2a parte.", Resíduos - Revista Técnica Medio Ambiente. Ategrus -

Asociación Técnica para la Gestión de Resíduos y Medio Ambiente, Año XII, No 65 Marzo - Abril 2002, pp. 68-76. España.

7. Kinman, R.,J. Richabaugh, J. Donnelly, J. Nutini, And M. Lambert. 1986. Evaluations and disposal of waste materials within 19 teste lysimeters at Center Hoill. EPA- 600/2-86-035.U.S. Environmental Protection Agency, Cinicinnati, OH.
8. McDougall J.R. & Philp J.C. (2001), "Parametric Study of Landfill Biodegradation Modelling: Methanogenesis & Initial Conditions", In Proc. Sardinia 2001, 8th Intl. Waste Man. & Landfill Symp. Eds. Christensen TH, Cossu R & Stegmann R, CISA, Cagliari, Vol. 1, pp 79-88.
9. Monteiro, V.E.D., Melo, M.C, Jucá, J.F.T., (2002), "Biological Degradation Analisis in Muribeca Solid Waste Landfill Associated with Local Climate - Recife, Brazil", Fourth International Congress on Environmental Geotechnics 4ISEG, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
10. NBR 6484, (1979). "Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento nos Solos".
11. NBR 7250, (1980). "Identificação e Descrição de Amostras de Solos Obtidos em Sondagens de Simples Reconhecimento".
12. Palmisano, A.C. & Barlaz, M.A. 1996. Microbiology of Solid Waste, In Anna C. Palmisano, Morton A. Barlaz (eds), 1-224.
13. Pahren, H. Microorganisms in municipal solid waste and public health implications, CRC Crit. Environ. Control.. 1987. 17:187-228
14. Tíquia S.M., Tam N.F.Y.& Hodgkiss I.J., (1996), "Effects of Composting on Phytotoxicity of Spent Pig-Manure Sawdust Litter", Environmental Pollution, Vol. 93, pp. 249-256. Elsevier Scince Ltd. Great Britain.
15. USEPA (US Enviromental Protection Agency). 1982. Seed Germination/Root Elongation Toxicity Teste. EG - 12. Office of Toxic Substances, Washington D.C., USA
16. Wang, W.& Keturi, P.H. (1990). Comparative Seed Germination Tests Using Ten Plant Species for Toxicity Assessment of a Metal Engraving Effluent Sample. Wat. Air Soil Pollut., 52, 369 - 376.
17. WHO - International Reference Center for Wastes Disposal, (1979), "Methods of analysis of sewage sludge solid wastes and compost", Switzerland. 