

II-423 - AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO UTILIZANDO *ARTEMIA SALINA* E *LACTUCA SATIVA* APÓS ADSORÇÃO DE $N-NH_4^+$

Jean Carlos Bosquette de Almeida

Graduado em Engenharia Ambiental pela Faculdade Dinâmica das Cataratas, licenciado em Química licenciatura pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Mestre em Engenharia Química na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (linha de pesquisa: Controle e Monitoria Ambiental) e atualmente doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental- UFPR.

Luis Fernando Spoladore Amaral

Graduando em Engenharia Ambiental na UFPR; Bolsista IC.

Natália Costa Dias

Garduação em Engenharia Ambiental pela PUC-PR; Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pel UFPR; Doutorado em andamento em Engenharia Química pela UFRJ.

Maria Cristina Borba Braga

Graduada em Engenharia Química pela UFPR; Mestre em Ciências (Bioquímica) pela UFPR; Doutora em Environmental Technology pelo Imperial College of Science, Technology and Medicine da Universidade de Londres; Professora Associada da UFPR, lotada no Departamento de Hidráulida e Saneamento

Endereço⁽¹⁾: Rua José Ananias Mauad, 200 –Edifício Delta, Jardim botânico. Curitiba- PR CEP: 80210-130
Tel: +55(45) 99928-9413 email: eng.jeancarlos@live.com

RESUMO

Nas últimas décadas, o crescimento populacional tem sido um dos fatores mais relevantes quando associado aos impactos ambientais e à pressão sobre os ambientes naturais. No Brasil, a disposição final dos resíduos sólidos gerados é, geralmente, realizada em aterros sanitários e, ainda com maior impacto associado, em lixões a céu aberto. O lixiviado é um efluente com grande potencial para causar problemas ambientais em corpos receptores, devido às altas concentrações de nitrogênio amoniacal e sua toxicidade. Para tanto, ensaios biológicos e microbiológicos possibilitam avaliar a poluição tão precisamente utilizando ensaios de toxicidade utilizando espécies vegetais ou animais como ferramenta para diagnosticar o efeito no meio ambiente. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é determinar a toxicidade do lixiviado de aterro sanitário, antes e após adsorção do nitrogênio amoniacal em lodo de ETE tratado termicamente, por meio da avaliação das respostas dos organismos testes representante do solo - *Lactuca sativa* e da água - *Artemia Salina*. Para cada uma das amostras (lixiviado bruto e tratado) foram realizadas diferentes diluições de: 100%, 50%, 35%, 25%, 12%, 6%, 3% e 1,5%, todas em triplicata. Diante dos resultados obtidos com os testes de *Lactuca sativa* e *Artemia Salina* foi possível observar que o lixiviado em estudo apresenta ameaça ao meio ambiente devido sua toxicidade e que existe associação da toxicidade do lixiviado de aterro sanitário à concentração de nitrogênio amoniacal.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, lixiviado, toxicidade, meio ambiente.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento populacional tem sido um dos fatores mais relevantes quando associado aos impactos ambientais e à pressão sobre os ambientes naturais.

Associado ao crescimento populacional resulta a geração de resíduos sólidos, que necessitam de disposição ou tratamento adequados. Entretanto, no ambiente urbano, a disponibilidade de áreas para a disposição de resíduos sólidos está cada vez mais escassa.

No Brasil, a disposição final dos resíduos sólidos gerados é, geralmente, realizada em aterros sanitários e, ainda com maior impacto associado, em lixões a céu aberto. Sendo que, em 60% do total dos municípios brasileiros esta alternativa de disposição final é prática comum (Instituto Trata Brasil, 2015). Um dos problemas encontrados em aterros sanitários é a geração do lixiviado, definido como produto da degradação física, química e biológica da matéria orgânica presente na massa dos resíduos sólidos domiciliares., caracteriza-se pela coloração escura, odor desagradável, estando associado a problemas de ordem sanitária,

conômica e estética quando não tratado de forma adequada (Carissimi e Rosa, 2012). Lixiviados de aterros sanitários podem ser caracterizados como uma solução aquosa contendo várias substâncias que podem apresentar características tóxicas e inibidoras aos processos biológicos de sistemas ambientais, entre estas substâncias pode ser citado o nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$), tipicamente presente. A amônia presente no lixiviado é proveniente da degradação de proteínas e aminoácidos, sendo a soma das concentrações de íon amônio e do gás amônia. A concentração da amônia depende do pH ou da concentração de íon hidrogênio (TCHOBANOGLOUS et al., 2003) e, por sua vez, necessário ao crescimento de microorganismos. No entanto, altas concentrações de $N-NH_4^+$ são inibidoras do metabolismo de microorganismos aeróbios e anaeróbios, o que pode resultar no decaimento na taxa da atividade biológica e, conseqüentemente, diminuição da eficiência do tratamento biológico (McCARTY, 1964).

Ensaio biológicos e microbiológicos permitem avaliar a poluição tão precisamente quanto a determinação da concentração de parâmetros físicos e químicos (GARCIA et al., 2009). Assim, ensaios de toxicidade utilizando espécies vegetais ou animais podem ser utilizados como ferramenta para diagnosticar o efeito de agentes físicos e químicos sobre organismos teste, em condições experimentais específicas e controladas. Os efeitos podem ser de inibição, acúmulo ou magnificação, podendo ser validados pela reação dos organismos em relação à fonte poluente. Os resultados observados podem ser expressos em termos de morte de indivíduos, crescimento, proliferação e multiplicação da população, além do registro de mudanças morfológicas, fisiológicas ou histológicas (BAÉZ et al., 2004). Devido à complexidade dos ecossistemas e à multifuncionalidade, os testes de toxicidade podem ser realizados com uma grande variedade de espécies biológicas em diferentes níveis tróficos.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi determinar a toxicidade do lixiviado de aterro sanitário, antes e após adsorção do nitrogênio amoniacal em lodo de ETE tratado termicamente, por meio da avaliação das respostas dos organismos testes representante do solo - *Lactuca sativa* e da água - *Artemia Salina*.

METODOLOGIA

Preparo da Amostra

As amostras de lodo foram coletadas em uma estação de tratamento de esgoto, localizada no município de Curitiba-PR. O lodo era proveniente de reator anaeróbio com manta de lodo em fluxo ascendente – UASB.

Para a realização dos ensaio de toxicidade foram utilizadas amostras de lodo pirolizado a 600 °C., produzido por uma pesquisa do mesmo grupo, em andamento paralelo.

Para a avaliação das características de toxicidade foram utilizadas amostras de lixiviado bruto e após adsorção em lodo de esgoto tratado termicamente.

Em ensaios independentes, 3g de amostra de lodo pirolizado e 50 mL de lixiviado de aterro sanitário, bruto e após tratamento por adsorção em batelada, foram adicionados a frascos Erlenmeyer, todos em duplicata. Os ensaios de adsorção do $N-NH_4^+$ foram realizados em batelada, sob agitação de 50 rpm, em incubadora com agitação orbital (marca Tecnal, modelo TE-421), sob temperatura controlada em 25 °C (298 K.). Os frascos foram vedados com duas camadas de Parafilm® e deixados sob agitação por 6 horas.

Para os testes de toxicidade foram utilizadas as espécies *Lactuca sativa*, vegetal, e *Artemia Salina*, aquática.

Caracterização do $N-NH_4^+$

As concentrações de $N-NH_4^+$ foram determinadas pelo método titulométrico 4500- $N-NH_3^+$ C, de acordo com procedimentos descritos pelo *Standard Methods for Examination of water and Wastewater* (APHA, 1998).

Teste de toxicidade com *Lactuca Sativa*

Para a realização do experimento foram utilizadas caixas plásticas descartáveis com tampa, medindo 10 cm de diâmetro e 5 cm de altura. Para cada uma das amostras (lixiviado bruto e tratado) foram realizadas diferentes diluições com água dura reconstituída: 100%, 50%, 35%, 25%, 12%, 6%, 3% e 1,5%, todas em triplicata.

Posteriormente, 5 mL de cada amostra foram transferidas para as caixas plásticas devidamente rotuladas, com o fundo coberto com papel filtro qualitativo. Para evitar a perda total de umidade, no centro de cada caixa plástica foi colocado um pedaço de algodão embebido em cada solução a ser testada.

Em cada caixa plástica foram dispostas 20 sementes de alface – *Lactuca sativa L.* Posteriormente, as caixas plásticas foram incubadas por um período de 120 horas, na temperatura de 20 °C em ambiente escuro. Na Figura 1 é apresentado o esquema para o desenvolvimento do ensaio.

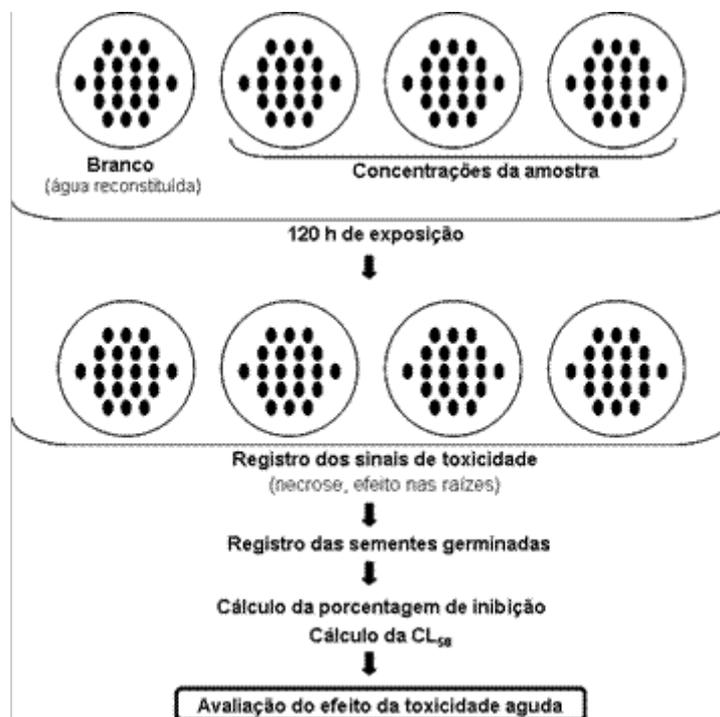


Figura 1 - Procedimento para análise de toxicidade aguda com *Lactuca sativa L.*
Fonte: Baéz et al. (2004)

Após o período de incubação os sinais de toxicidade nas raízes e sementes serão contabilizados e, posteriormente, o valor da DL_{50} será calculado por meio da Equação 1.

$$IG = \frac{\text{Branco-Amostra}}{\text{Branco}} \times 100 \quad (1)$$

Teste de toxicidade com *Artemia Salina*

Para a realização dos ensaios, cistos de *Artemia salina* foram eclodidos em uma solução nutritiva contendo NaCl, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, Na_2SO_4 , $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ e KCl em água destilada conforme metodologia descrita por MEYER (1982). O pH foi ajustado para 9,0 mediante adição de uma solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3 1M). Os cistos de *Artemia salina* presentes nas solução nutritiva foram incubados a 26°C, por um período de 48 horas, até a sua eclosão.

Para a preparação dos bioensaios foram utilizadas porcentagens de diluição do lixiviado bruto e tratado equivalentes a 100%, 50%, 35%, 25%, 12%, 6%, 3% e 1,5%, todas realizados em triplicata. A solução nutritiva, (Meyer, 1982) foi utilizada como solução de diluição e como controle negativo.

Após a eclosão dos cistos, 10 larvas de *Artemia salina* foram transferidas para tubos contendo 5 mL das soluções a serem testadas e, posteriormente, incubadas a temperatura ambiente, na presença de luz, por 24 horas. Para determinar a DL_{50} (dose responsável pela mortalidade de 50% dos organismos), após este período, foi realizada a contagem do número de organismos mortos em cada tubo e, posteriormente, realizada a contagem do número total de organismos mortos.

Para a quantificação do total resultante deste ensaio foram considerados 30 organismos (triplicata) para obtenção dos valores de DL₅₀. A DL₅₀ foi realizada mediante aplicação do *software Trimmed Spearman-karber Method* Versão 1.5 (HAMILTON *et al.*, 1997). O valor de DL₅₀ foi determinado pela mortalidade dos organismos na presença de lixiviado de aterro sanitário em diferentes concentrações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Remoção de N-NH₄⁺

A concentração de N-NH₄⁺ do lixiviado bruto e após adsorção em lodo de ETE pirolisado é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentração de N-NH₄⁺ do lixiviado bruto e após adsorção.

Lixiviado	Concentração de N-NH ₄ ⁺ (mg/L)
Bruto	2924,20
Após adsorção	2621,80

Portanto, o lixiviado após adsorção apresentou redução de 10% quando comparado à concentração de N-NH₄⁺ do lixiviado bruto.

Bioensaio de toxicidade com *Lactuca Sativa*

Os resultados obtidos para o teste de toxicidade com *Lactuca sativa* na presença do lixiviado bruto e após adsorção são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Inibição da germinação da *Lactuca sativa* na presença do lixiviado bruto e após adsorção

Diluições avaliadas (%)	Inibição para o lixiviado bruto (%)	Inibição para o lixiviado após adsorção (%)
1,5	0	0
3	20	10
6	85	80
12	100	75
25	100	100
50	100	100
100 (bruto)	100	100

Em função dos dados apresentados na Tabela 2, observa-se que houve inibição na germinação (IG) das sementes tanto no lixiviado bruto como no lixiviado após adsorção. Contudo, é possível afirmar que as sementes expostas ao lixiviado bruto apresentaram maior porcentagem de IG, indicando assim maior risco de toxicidade ao meio ambiente, quando relacionado ao lixiviado após adsorção.

o lixiviado bruto apresentou concentração letal (CL₅₀) até a diluição de 6%. Por outro lado, o lixiviado após adsorção apresentou CL₅₀ para a diluição de 12%, o que representa uma eficiência de 2 vezes para o lixiviado após adsorção. Dessa forma, é possível afirmar que a toxicidade do lixiviado está relacionada à concentração de nitrogênio amoniacal, o que corrobora os resultados obtidos por DIAS (2013), SILVA *et al.* (2012) e KLAUCK *et al.* (2013).

As sementes expostas à menor diluição utilizada (1,5%) não apresentaram inibição da germinação, porém as raízes apresentaram sinais de toxicidade como necrose conforme apresentado na Figura 2. Esta condição pode dificultar o transporte de água, sais minerais e compostos orgânicos produzidos pela fotossíntese, e

consequentemente a falta de fixação da planta devido as condições das raízes. Cabe ressaltar que as raízes expostas ao lixiviado tratado nas concentrações de 3%, 6% e 12% também apresentaram sinais de necrose.



Figura 2- Necrose nas raízes em presença do lixiviado bruto (1,5%)

Bioensaio de toxicidade com a espécie aquática *Artemia Salina* – ensaio de toxicidade aguda

Para a quantificação dos organismos mortos resultante do ensaio, e determinação dos valores de CL₅₀ entre as diferentes concentrações foram considerados 30 organismos (triplicata). Por se tratar de um crustáceo ativo em água salina, a falta de movimento e sedimentação foram utilizados como indicadores de mortalidade do organismo. Cabe ressaltar que não houve mortalidade no bioensaio denominado controle, no qual os organismos estavam presentes na solução nutritiva, utilizada para eclosão dos cistos e como solução de diluição.

O software *Trimmed Spearman-karber Method* Versão 1.5 (HAMILTON *et al.*, 1997) foi utilizado para obtenção do valor da concentração letal responsável pela mortalidade de 50% dos organismos na presença do lixiviado relacionado às diferentes concentrações em estudo. Foi observado que o Lixiviado bruto apresentou valor de CL₅₀ equivalente a 4,2% e o lixiviado após adsorção apresentou valor de CL₅₀ equivalente a 9,8%. De acordo com MEYER *et al.* (1982), para diferentes toxinas, quanto menor o valor de CL₅₀ determinado, maior será o efeito tóxico da substância em estudo. Assim,, pode-se afirmar que os lixiviados utilizados no estudo são altamente tóxicos, entretanto, o lixiado bruto apresentou maior toxicidade quando relacionado ao lixiviado após adsorção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo experimental avaliou a toxicidade do lixiviado de aterro sanitário por meio de bioensaios após processo de adsorção de nitrogênio amoniacal em adsorvente produzido com lodo de esgoto pirolisado. Diante dos resultados obtidos com os testes de *Lactuca sativa* e *Artemia Salina*, é possível afirmar que, devido a sua toxicidade, o lixiviado em estudo apresenta possibilidade de contaminação de corpos receptores. em função dos resultados apresentados, é possível afirmar que existe associação da toxicidade do lixiviado de aterro sanitário com a concentração de nitrogênio amoniacal, tendo em vista a porcentagem de inibição na germinação das sementes de *Lactuca Sativa* e ao número de *Artemia Salina* mortas na presença do lixiviado bruto e após adsorção do Nitrogênio Amoniacal.

Enfim, recomenda-se para a continuidade da pesquisa a determinação da concentração de nitrogênio amoniacal nas diferentes diluições utilizadas, visando ao melhor entendimento da interação entre o lixiviado e os organismos teste em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th edn. American Public Health Association, Washington, D.C.
 2. BAÉZ, M.C.D.; GRANADOS, Y.P.; RONCO, A.; SOBRERO, C.; ROSSINI, G.B.; FEOLA, G.; FORGET, G.; SÁNCHEZ-BAIN, A. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 179 p. 2004.
 3. CARISSIMI, Elvis e ROSA, Ediane. Tratamento de Chorume por Processos Oxidativos Avançados. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Golçaves- RS, Brasil, Abril- 2012. DIAS, N. C. Adsorção de nitrogênio amoniacal de lixiviado de aterro sanitário e coluna de leito fixo com vermiculita expandida. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Curitiba, 2013.
 4. GARCIA, J. C.; SIMIONATO, J. I.; ALMEIDA, V. de C. A.; PALÁCIO, S. M.; ROSSI, F. L.; SCHNEIDER, M. V.; SOUZA, N. E. de. Evolutive follow-up of the photocatalytic degradation of real textile effluents in TiO₂ and TiO₂/H₂O₂ systems and their toxic effects on *Lactuca sativa* seedlings. J. Braz. Chem. Soc., v. 20, n. 9, 1589 – 1597. 2009.
 5. KLAUCK, C. R.; RODRIGUES, M. A. S.; SILVA, L B. Toxicological evaluation of landfill leachate using plant (*Allium cepa*) and fish (*Leporinus obtusidens*) bioassays. Waste Management & Research. v. 31, n. 11, 1148 – 1153. 2013.
 6. KLAUCK, C. R.; RODRIGUES, M. A. S.; SILVA, L B. Toxicological evaluation of landfill leachate using plant (*Allium cepa*) and fish (*Leporinus obtusidens*) bioassays. Waste Management & Research. v. 31, n. 11, 1148 – 1153. 2013.
 7. MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; MCLAUGHLIN, J. L. Brine Shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. Journal of Medicinal Plant Research, v. 45, p. 35–36, 1982.
 8. TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. Wastewater engineering.
 9. TRATA BRASIL. Ranking do saneamento 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2015>>. Acesso em 15/02/2016.
- treatment and reuse. 4 ed. McGraw Hill, 2003.