

II-431 – DETERMINAÇÃO DA TOXICIDADE DE EFLUENTE LÍQUIDO COM TESTE ALTERNATIVO

Jorge Luiz da Paixão Filho⁽¹⁾

Professor da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Centro de Ciência e Tecnologia, Campinas.

Adriano Luiz Tonetti⁽¹⁾

Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP)

Endereço⁽¹⁾: Rua Saturnino de Brito, 224, Barão Geraldo- Campinas - SP- CEP: 13083-889- Brasil - Tel: (19) 3521-2369- e-mail: adriano@fec.unicamp.br

RESUMO

O tratamento de efluentes é um ramo da engenharia sanitária que precisa aprimorar-se constantemente conforme o aumento da geração de efluentes poli-contaminados. Um efluente poli-contaminado apresenta em sua composição diversos poluentes como nutrientes, nitrogênio e fósforo, metais e matéria orgânica, portanto um tratamento simplificado não irá alcançar o padrão de lançamento. Para a seleção de um tratamento adequado neste efluente é importante realização de uma caracterização química, física e ecotoxicológica. Portanto o objetivo do presente trabalho foi avaliar o teste de fitotoxicidade com germinação e alongamento de raízes de alface na determinação da toxicidade do efluente de banheiros de aeronaves. A escolha deste ensaio foi devida as seguintes características do efluente: cor, pH elevado e alta concentração de nitrogênio amoniacal. O efluente estudado nesta pesquisa foi proveniente do banheiro de aeronaves do Aeroporto Internacional de Guarulhos – "Governador André Franco Montoro", localizado na região metropolitana de São Paulo, Brasil. O organismo bioindicador foi a semente de alface conforme o método da USEPA (seed germination and root elongation). O efluente de banheiro de aeronaves apresentou uma composição semelhante a urina humana com um pH igual a 8,9 e uma elevada concentração de nitrogênio amoniacal (4215 mg L^{-1}) e fósforo (430 mg L^{-1}). O efluente de banheiro de aeronaves apresentou uma toxicidade alta ($UT = 40$) no ensaio de fitotoxicidade e expressou a complexidade do efluente analisado. Conclui-se que o efluente de banheiro de aeronaves é tóxico e precisa passar por um tratamento para a remoção de seus principais contaminantes.

PALAVRAS-CHAVE: Urina, aeronaves, alface, semente, amônia, sustentabilidade, fósforo.

INTRODUÇÃO

O tratamento de efluente pode ser avaliado a partir de ensaios químicos, físicos e biológicos. Dentro dos ensaios biológicos, os ensaios ecotoxicológicos, são um procedimento útil na determinação da eficiência do tratamento do efluente.

Ensaio ecotoxicológicos em efluentes líquidos devem abranger bioindicadores de diferentes níveis tróficos, como produtores, consumidores primários, secundários e decompositores, de ambiente terrestre e aquático para determinar os possíveis impactos negativos causado pelo lançamento de efluentes no ambiente. Esta ampla gama de organismos é necessária para representar a relação de multiplicidade dos ecossistemas, pois somente um organismo não representaria todos os efeitos possíveis sobre ecossistema (COSTA *et al.*, 2008).

A escolha dos organismos bioindicadores para ensaios ecotoxicológicos com efluentes heterogêneos deve ser criteriosa. No Brasil a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 430 de 2011 estabelece que "os ensaios de ecotoxicológicos deverá ser realizado em organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos diferentes". No entanto essa resolução não especifica quais organismos devem ser empregados. Segundo Oliveira-Filho (2013) é recomendável a realização de ensaios ecotoxicológicos com três organismos de níveis tróficos distintos. A determinação da toxicidade de efluentes poli-contaminados como o lixiviado de aterro sanitário necessita de no mínimo quatro organismos de diferentes conforme Bernard *et al.* (1996). De acordo com a complexidade do efluente a ser analisado é imprescindível estimar a toxicidade em vários organismos bioindicadores, portanto é fundamental pesquisar novos métodos para a determinação da toxicidade.

Os ensaios ecotoxicológicos podem ser realizados em organismos decompositores, (*Vibrio fischeri* conhecido como sistema Microtox®, *Pseudomonas putida*); microalgas (*Chlorella vulgaris*); microcrustáceo (*Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia*), peixes (*Danio rerio*, *Poecilia reticulata*) (Oliveira-Filho, 2013).

Um organismo internacionalmente empregado nos ensaios de toxicidade é a bactéria de vida marinha *Vibrio fischeri*. A realização de toxicidade com este organismo apresenta as seguintes desvantagens: alto custo, necessidade de ajuste de pH e efluente colorido interfere no resultado. Além disso, a concentração de sais no efluente também pode interferir negativamente no ensaio, devido ao estímulo ao organismo teste. Na determinação da sensibilidade de diversas ao lixiviado de aterro sanitário, Kalčíková et al. (2011), encontraram que os organismos com menores sensibilidades foram *Artemia salina* e *Vibrio fischeri*, pois organismos de ambientes marinho geralmente apresentam uma menor sensibilidade em efluente com elevada salinidade. Sendo assim, esse organismo deve ser utilizado em amostras líquidas sem cor e baixa concentração de sais.

Os ensaios ecotoxicológicos com organismos aquáticos já estão estabelecidos e normatizados internacionalmente. Contudo, ensaios com organismos terrestres, são utilizados extensivamente no meio científico e precisam ser padronizados. Os ensaios de fitotoxicidade, estudos de toxicidade com plantas, são simples e versáteis, foram utilizados com diversos resíduos líquidos em diferentes espécies de plantas. Young et al. (2012) utilizaram o ensaio para avaliar a toxicidade de efluente de reatores anaeróbico tratando resíduos agrícolas. Lin & Xing (2007) empregaram o teste de germinação e crescimento de raízes com seis espécies para avaliar a toxicidade de Nano partículas. O teste de toxicidade com planta aquática (*Lemna minor*) e terrestre (*Brassica rapa* e *Lepidium sativum*) mostraram ser sensível e confiável na avaliação da toxicidade de lixiviado de aterro sanitário *in natura* e tratado (DEVARE & BAHADIR, 1994). Esse método de fitotoxicidade com semente é padronizado pela US EPA, no entanto ainda não foi normatizado no Brasil. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi determinar a toxicidade de efluente de banheiro de aeronaves com o teste de germinação e crescimento das raízes de alface (*Lactuca sativa*).

MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente estudado nesta pesquisa foi proveniente do banheiro de aeronaves do Aeroporto Internacional de Guarulhos – "Governador André Franco Montoro", localizado na região metropolitana de São Paulo, Brasil.

Neste aeroporto, após o desembarque de passageiros, as aeronaves vão para uma área restrita para a limpeza dos banheiros. Um caminhão tanque com uma bomba de sucção acoplado retira todo o material armazenado nos reservatórios dos banheiros das aeronaves. Em seguida, esse reservatório é lavado com uma mistura de água e detergente, sendo essa solução também armazenada no caminhão tanque. Por fim, esse material é levado para a estação de tratamento de esgoto (ETE). O efluente líquido utilizado nessa pesquisa foi coletado no caminhão tanque.

Para a caracterização do efluente foram realizadas com os seguintes ensaios: ácido orgânicos voláteis (AOV) conforme Dilallo e Albertson (1961), alcalinidade parcial e total conforme Ripley et al. (1986), pH, condutividade elétrica (CE), nitrogênio amoniacal e Demanda Química de Oxigênio (DQO) de acordo com APHA (2012). A caracterização e o tratamento desse efluente está apresentado em Paixão Filho et al. (2017).

Para avaliar a fitotoxicidade do efluente foi empregado semente de alface (*Lactuca sativa*) para avaliação da germinação e crescimento. O ensaio com semente de alface (*Lactuca sativa*) foi realizado conforme estabelecido pela norma OPPTS 850.4200 da USEPA. No ensaio com semente de alface foi utilizada placa de petri de 9,0 cm com filtro qualitativo. O volume de amostra foi de 4,0 mL e o número de semente por placa foi igual 20. No controle foi utilizada água destilada e para determinação da sensibilidade foi utilizada solução de cloreto de sódio (NaCl). A determinação do comprimento das raízes foi realizada com régua. Cada concentração foi realizada em quadruplicada.

A concentração efetiva que reduz em 50% (EC₅₀) o crescimento das raízes foi estimado usando uma regressão linear ($y = ax + b$). Como comparação os dados da regressão linear foram ajustados com aplicação logarítmica. Utilizou-se o modelo proposto por Persoone et al (2003) (Tabela 01) para classificação da toxicidade. Todos os valores de toxicidade foram transformados em unidades de toxicidade (TU) conforme a equação 1.

Tabela 1: Classificação da toxicidade

TU	Toxicidade
< 0,4	Sem toxicidade aguda
0,4 < TU < 1	Toxicidade aguda leve
1 < TU < 10	Toxicidade Aguda
10 < TU < 100	Toxicidade aguda alta
TU > 100	Toxicidade aguda muito alta

$$TU = \frac{100}{EC_{50}}$$

1

RESULTADOS

O efluente de aeronaves apresentou uma coloração verde escura, além de um odor desagradável, característico de urina humana. Essa coloração pode ser devido a adição de produtos químicos no banheiro das aeronaves, conforme observado por Xu *et al.* (2011). Na tabela 2 pode ser observado as principais características do banheiro de aeronaves.

Tabela 2: Composição do efluente líquido do banheiro de aeronaves

Parâmetro	Valor
pH	8,9
P (mg P-PO ₄ L ⁻¹)	430
Alcalinidade parcial (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	9428,4
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	11323,8
Ácidos orgânicos voláteis (mg Hac L ⁻¹)	2427,6
Condutividade (mS cm ⁻¹)	28,1
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	3217
N-NH ₃ (mg N-NH ₃ L ⁻¹)	4215

Fonte: Paixão Filho et al (2017)

Esse efluente apresenta uma elevada concentração de nitrogênio amoniacal e pode comprometer o tratamento biológico (Tabela 2). A degradação da ureia presente no efluente do banheiro de aeronaves pode ter contribuído para o pH elevado desse efluente. Além disso, é possível verificar uma alta condutividade elétrica. Este efluente apresentou uma composição similar ao observado em urina (ETTER et al., 2011) com algumas alterações devido a diluição ocorrida durante a descarga e adição de produtos químicos.

O efluente gerado no banheiro de aeronaves, de um modo geral, é tratado em conjunto com esgoto sanitário em estações no próprio aeroporto. Contudo as características deste efluente é muito diferente do esgoto sanitário. Assim é importante aplicar um pré-tratamento nesse efluente antes do tratamento combinado com esgoto sanitário. Conforme apresentado por Paixão Filho et al (2017), a remoção da amônia por precipitação química na forma de estruvita foi viável para a remoção de nitrogênio e fósforo.

O efluente de banheiro de aeronaves apresentou uma toxicidade alta (tabela 3) no ensaio de germinação de semente de alface. Esta alta toxicidade observada neste efluente pode estar relacionada com a elevada concentração de nitrogênio amoniacal, condutividade elétrica e DQO. A realização do ensaio de toxicidade com a bactéria marinha (*Vibrio fischeri*) com esse mesmo efluente apresentou uma toxicidade aguda muito alta (TU = 279). Essa diferença de classe de toxicidade com o teste de semente e com a bactéria pode estar correlacionado com a coloração da amostra. Efluentes com uma elevada cor influenciam no ensaio com a bactéria luminescente.

Tabela 3: Análise do crescimento das raízes

Sem Ajuste	Com ajuste
$y = -0,4838x + 3,2778$	$y = -0,0956x + 0,5147$
$R^2 = 0,7747$	$R^2 = 0,8643$
$y_0 = 3,90$ cm	$y_0 = 0,591$ cm
$EC_{50} = 2,74\%$ (v/v)	$EC_{50} = 2,35\%$ (v/v)
TU = 37	TU = 43

O ensaio de fitotoxicidade com semente de alface utiliza-se a como parâmetro a germinação e o crescimento das raízes da alface. Não foi avaliado a germinação da alface pois esse parâmetro apresentou baixa sensibilidade. Em todos os tratamentos a germinação foi de 85% mostrando que esse parâmetro para a determinação da toxicidade não é adequado. Uma hipótese para essa baixa germinação das sementes de alface pode ser a variedade da alface. Segundo Priac et al. (2017) os resultados de um teste de toxicidade podem divergir conforme a variedade empregado e não apenas pela espécie. Assim é importante realizar o teste fitotoxicidade com diferentes variedades de alface.

O método de determinação da toxicidade com semente de alface apresenta a vantagem em relação a outros métodos por não ser necessário alterar o pH da amostra analisada e cor e turbidez não influencia. Além disso, este método é simples e rápido.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O efluente de banheiro de aeronave apresentou uma concentração elevada de nitrogênio amoniacal e fósforo.

Essa amostra de efluente foi classificada com toxicidade aguda alta com o ensaio de fitotoxicidade.

O ensaio de germinação e alongamento de semente de alface é simples e acessível podendo ser empregado como um screening inicial em efluentes poli-contaminados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 20th ed. Washington, D.C., USA.
2. BERNARD, C.; GUIDO, P.; COLIN, J.; ANNE, L. D. Estimation of the hazard of landfills through toxicity testing of leachates I. determination of leachate toxicity with a battery of acute tests. Chemosphere, v.33, n.11, p.2303-2320, 1996.
3. BRASIL. CONAMA. Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de marco de 2005, do CONAMA. Diário Oficial da União: Republica Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 92, 16 maio 2011. p. 89. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiare.cfm?codegi=646>>. Acesso em: jan 2012.
4. COSTA, C. R.; OLIVI, P. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. Química nova, v.31, n.7, p.1820-1830, 2008.
5. DEVARE, M.; BAHADIR, M. Biological monitoring of landfill leachate using plants and luminescent bacteria. Chemosphere, v.28, n.2, p.261-271, 1997.
6. DiLallo R.; Albertson O. E. Volatile Acids by Direct Titration. Water Pollution Control Federation, vol. 33. p.356-365. 1961.
7. ETTER, B.; TILLEY, E.; KHADKA, R.; UDERT, K. M. Low-cost struvite production using source-separated urine in Nepal. Water Research. v.45, p.852-862, 2011.

8. PAIXÃO FILHO, J. L.; TONETTI, A. L.; GUIMARÃES, M. T.; SILVA, D. Nutrient recovery from airplane wastewater: composition, treatment and ecotoxicological assay. *Water Science & Technology*. Vol.71. n.8. 2017.
9. PRIAC, A.; BADOT, P-M.; CRINI, G. Treatment wastewater phytotoxicity assessment using *Lactuca sativa*: Focus on germination and root elongation test parameters. *Comptes Rendus Biologies*, vol.340, p.188-194, 2017.