

### III-020 - REMOÇÃO DE AMÔNIA PRESENTE NO LIXIVIADO DO ATERRO SANITÁRIO DE MUIBECA POR ARRASTE DE AR

**Joana Campos Studart**

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Católica de Pernambuco (2014) e mestranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco.

**José Francisco da Luz Neto**

Graduado em Química Industrial pela Universidade Federal de Pernambuco (2014) e mestrando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco.

**Rubens Teles Monteiro**

Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Alagoas (2014) e mestrando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco.

**Thiago Cavalcanti Silva**

Graduado em Engenharia Química pela Universidade Católica de Pernambuco (2013) e mestrando em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco.

**Maurício Alves da Motta Sobrinho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutro em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine. Professor adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - Departamento de Engenharia Química –Rua Prof. Arthur de Sá, s/n – Cidade Universitária - Recife – PE – CEP 50.740-521 - Brasil - Tel: (81) 21267268 - e-mail: [mottas@ufpe.br](mailto:mottas@ufpe.br)

#### RESUMO

Os aterros sanitários segundo a NBR 8419/1992 são definidos como uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, de modo que não afete a saúde e a segurança pública, além de minimizar os impactos ambientais. Nestes ocorrem a liberação de gases e a produção de lixiviado com o arraste de substâncias contidas nos resíduos por meio da chuva. O gás por sua vez é canalizado e encaminhado para queima ou para o reaproveitamento energético. O tratamento do lixiviado apresenta ainda alguns obstáculos, como a alta concentração de amônia que pode inibir a ação dos microrganismos nos processos biológicos, fazendo-se necessário o pré-tratamento físico-químico para remoção da amônia e outros compostos antes do tratamento biológico. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a remoção de impurezas contidas no resíduo e em especial a remoção de amônia pela técnica de Air Stripping no pré-tratamento de uma amostra de lixiviado coletada no aterro sanitário da Muribeca. Primeiramente foi montado um reator de Air-Stripping com um difusor de ar composto por uma placa microporosa de 5 micras. Em seguida foram coletados 120L de lixiviado e realizada a caracterização do mesmo a partir de parâmetros como pH, condutividade, DQO, DBO<sub>5</sub> e amônia. Por meio de um estudo cinético foi determinado o tempo ideal de injeção de ar no sistema e com esse valor foi realizado um planejamento experimental <sup>22</sup> com 15L do lixiviado, variando o pH (8, 10 e 12) e a pressão de ar (1, 2 e 3 kgf/cm<sup>2</sup>), onde obteve-se como resposta à remoção de N-amoniaco. O melhor resultado foi de 80,04% referente a remoção de N-amoniaco, adotando o pH 12 e a maior pressão de ar utilizada no estudo, 3 kgf/cm<sup>2</sup>. A análise estatística verificou que apenas os fatores principais foram significantes. O gráfico de superfície de resposta mostra que quanto maiores os valores de pH e vazão de ar injetado adotando a técnica de stripping, maiores serão as eficiências de remoção de amônia contida no lixiviado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lixiviado, Aterro sanitário, Air-stripping, Amônia.

#### INTRODUÇÃO

Aterro sanitário é definido pela NBR 8419/1992 como sendo uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, de modo que não afete a saúde e segurança pública, além de minimizar os impactos ambientais. Esta

técnica consiste em princípios de engenharia para confinar os resíduos à menor área possível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

Nestes aterros sanitários ocorrem a formação de gás de aterro e de lixiviado. O gás de aterro é uma mistura entre o biogás gerado e compostos voláteis liberados na decomposição anaeróbica, onde pode ser drenado por meio de tubulações adequadas e encaminhado para queima ou reaproveitamento energético (SOUTO, 2009).

O lixiviado é um líquido formado pelo arraste de substâncias contidas nos resíduos por meio da água da chuva, e sua destinação é mais complicada que o gás de aterro, pelo fato de apresentar em sua composição compostos recalcitrantes, metais pesados, alcalinidade e elevadas concentrações de amônia (EL-FADEL *et al.*, 2002; WISZNIOWSKI *et al.*, 2006).

O tratamento do lixiviado é normalmente realizado por processos biológicos, dentre os quais utilizam-se lagoas de estabilização e filtros biológicos aeróbios e anaeróbios (ELDYASTI *et al.*, 2011). No entanto, para lixiviados mais antigos ou para lixiviados com alta concentração de amônia podem ocorrer a inibição dos microrganismos (JIN-SONG *et al.*, 2010), tornando-se necessário o pré-tratamento físico-químico para remoção de amônia e outros compostos recalcitrantes antes do tratamento biológico (GOTVAJN; TISLER; KONCAN, 2009).

Pesquisadores estão avaliando a utilização de processos oxidativos avançados (CAVALCANTI *et al.*, 2015; COSTA *et al.*, 2015) e processos de remoção de amônia com arraste de ar, “air stripping”, (EL-GOHARY; KHATE; KAMEL, 2013, CAMPOS *et al.*, 2010) como pré-tratamento do lixiviado.

O arraste de amônia com ar é uma técnica de aeração mecânica, na qual necessita-se do aumento do pH para valores próximos a 11, pois nesta faixa de pH a massa líquida prevalece com N-amoniaco na forma de amônia gasosa ( $\text{NH}_3$ ), favorecendo-se assim sua remoção (LINS, 2011).

Renou *et al.* (2009) afirma que esta técnica é o método mais usado para remoção de nitrogênio amoniacal tanto de esgotos quanto de lixiviado, e os resultados são expressos em termos de eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal.

É de extrema importância a remoção da amônia do lixiviado, uma vez que ela pode ser responsável pela degradação da qualidade do ar, alterações climáticas, acidificação do solo, eutrofização dos corpos hídricos e contaminação dos animais aquáticos (ANEJA; SCHLESINGER; ERISMAN, 2009).

Este trabalho tem o objetivo de aplicar a técnica de Air Stripping no pré-tratamento de uma amostra de lixiviado coletada no aterro sanitário da Muribeca, localizado no município de Jaboatão dos Guararapes-PE, com intuito em remover impurezas contidas no resíduo, em especial que ocorra a eliminação da concentração de amônia dissolvida no meio.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta do lixiviado

Foram coletados no dia 14/12/2015, no turno da manhã, 120 litros de amostra de lixiviado no aterro sanitário da Muribeca em Jaboatão dos Guararapes/PE (Figura 1). A amostra foi armazenada em recipientes plásticos de 70 litros e refrigeradas a uma temperatura de 10 °C. Não choveu no dia anterior a coleta.



**Figura 1: Vista aérea do Aterro da Muribeca e a da Estação de Tratamento de Lixiviado.**

### Caracterização do lixiviado

A amostra foi caracterizada no Laboratório do Grupo de Processos e Tecnologias Ambientais (GPTA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). As análises realizadas e suas respectivas metodologias estão inseridas na Tabela 1.

**Tabela 1: Análises e metodologias realizadas na caracterização do lixiviado.**

PARÂMETRO	MÉTODO	EQUIPAMENTOS
pH	Método potenciométrico -SMEWW 4500 B	Potenciômetro - DM 22 (Digimed)
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Condutância elétrica SMEWW 2510 B	Condutivímetro - DM 32 (Digimed)
Turbidez (NTU)	Nefelométrico SMEWW 2130 B	Turbidímetro - turbiquant 1000 IR (MERCK).
DQO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )	Titulométrico (Digestão com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) - SMEWW 5220 C	Termoreator de DQO para 8 tubos - ECO 8 (Velp)
$\text{DBO}_5$ ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )	Manométrico Adaptado do SMEWW 5210	
$\text{NH}_3$ ( $\text{mg}/\text{L N}$ )	Titulométrico (SMEWW) 4500- $\text{NH}_3$	

### Montagem do reator de Air Stripping

O reator de Air Stripping utilizado apresenta forma retangular com 30,0 cm de altura, 47 cm de largura, 46,5 cm de comprimento, cujo volume total é aproximadamente 65 L. Em sua parte basal, foi instalado um difusor de ar com 30,0 cm de largura e comprimento, composto por uma placa microporosa de 5 micras. A Figura 2 apresenta uma foto do sistema de stripping.



Figura 2: Sistema utilizado para remoção de amônia por stripping.

### Estudo cinético visando determinar o tempo ideal de injeção de ar o sistema de Air Stripping

O estudo foi baseado nos estudos de Souto (2009) e consistiu na aplicação de ar comprimido em 15 L de lixiviado até a estabilização da condutividade, a qual apresenta relação com o teor de amônia. O tempo ideal foi aquele em que a condutividade se manteve constante, indicando assim que não ocorre mais remoção da amônia. Para este teste não foi realizado correção de pH, e para impedir a formação de espumas foi adicionado 2,0 g do antiespumante Antarol.

### Planejamento experimental 2<sup>2</sup>

Os experimentos foram realizados por meio de um planejamento fatorial 2<sup>2</sup>, com volume fixo de 15L de lixiviado, 2,0 g de antiespumante e variando pH e vazão de ar durante o tempo de injeção de ar pré-determinado de acordo com os valores obtidos da cinética. Os fatores e níveis estudados estão apresentados na Tabela 2, enquanto que a matriz de planejamento está apresentada na Tabela 3.

Tabela 2: Fatores e níveis do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para o processo de Air Stripping.

FATORES	NÍVEIS		
	-	0	+
pH	8	10	12
Pressão de ar (kgf/cm <sup>2</sup> )	1	2	3

Tabela 3: Matriz de planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para o processo de Air Stripping

ENSAIOS	PH	PRESSÃO DE AR (KGF/CM2)
01	-	-
02	+	-
03	-	+
04	+	+
05	0	0
06	0	0

Todos os ensaios foram realizados em ordem aleatória, e os resultados obtidos foram analisados no software STATISTICA 8.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

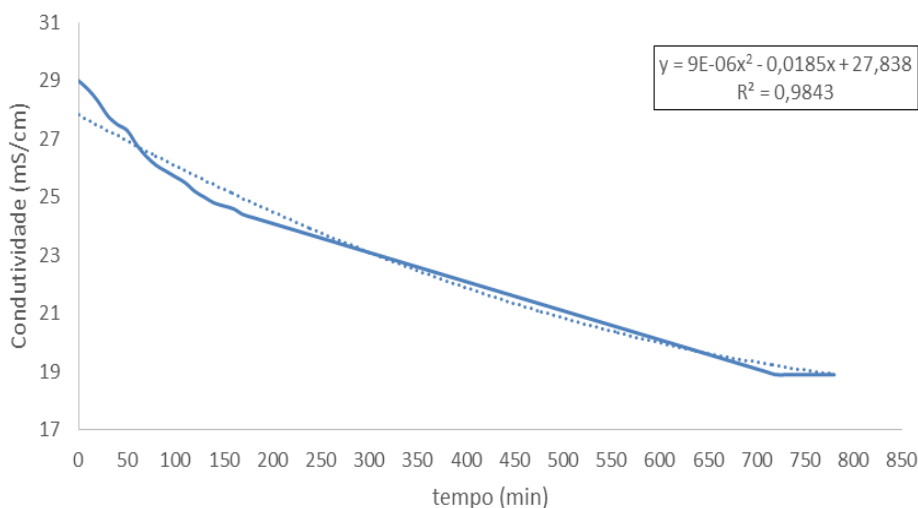
Na Tabela 4 estão os resultados da caracterização do lixiviado. Pode-se verificar que o mesmo apresenta uma elevada concentração de matéria orgânica e uma baixa biodegradabilidade (relação DBO/DQO). Pode-se ainda verificar sua tendência alcalina, elevada cor e concentração de nitrogênio amoniacal.

**Tabela 4: Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas.**

PARÂMETROS	VALORES	UNIDADES
PH	8,17	-----
DQO	11229,8	mg de O <sub>2</sub> /L
TURBIDEZ	98,9	NTU
DBO <sub>5</sub>	930,5	mg de O <sub>2</sub> /L
AMÔNIA	98,2	mg/L
CONDUTIVIDADE	29,0	mS/cm

### Estudo cinético de aplicação de stripping

De acordo com os resultados obtidos durante o estudo cinético foi possível verificar que o abaixamento da condutividade, e consequentemente da concentração de amônia, apresentou um perfil exponencial (Figura 3), com um decaimento considerável no início do ensaio e poucas variações ao longo do teste. Importante ressaltar que a partir de 720 minutos de aeração com ar comprimido, foi possível perceber que não havia mais o decaimento da condutividade, havendo assim uma constância nos valores do referido parâmetro. Logo, ficou constatado que o tempo ideal por batelada da técnica de arraste por ar (“air stripping”) para este estudo foi de 12 horas.



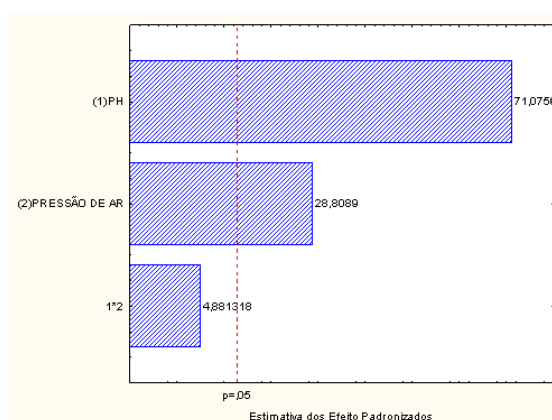
**Figura 3: Cinética de remoção de amônia.**

Os percentuais de remoção do nitrogênio amoniacal obtidos no planejamento fatorial 2<sup>2</sup> estão presentes na Tabela 5.

**Tabela 5: Resultados do planejamento fatorial 2<sup>2</sup>.**

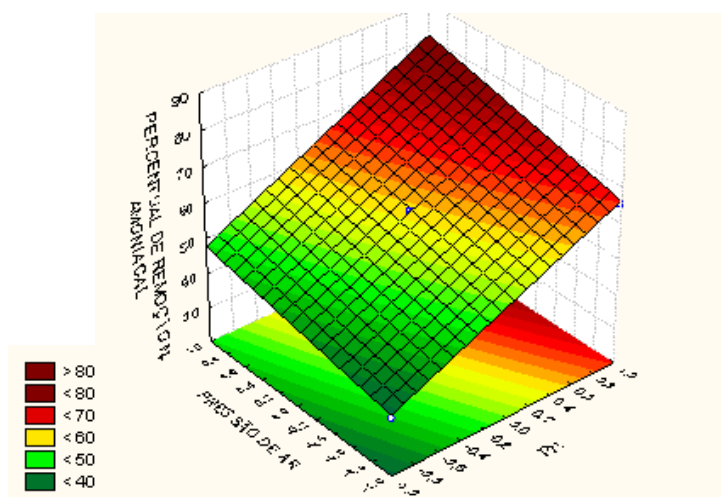
ENSAIOS	PH	PRESSÃO DE AR (KGF/CM2)	% REMOÇÃO N-AMONICAL
01	-	-	36,25
02	+	-	65,27
03	-	+	46,74
04	+	+	80,04
05	0	0	60,39
06	0	0	59,77

Estes resultados foram estudados por meio do software STATISTICA 8, onde foram plotados diagramas de Pareto (Figura 4) e superfície de resposta (Figura 5).



**Figura 4: Diagrama de Pareto.**

De acordo com o diagrama de Pareto, os fatores principais (pH e pressão de ar) são estatisticamente significantes a um nível de confiança de 95%, e a interação dos fatores não foi significativa no processo de remoção de amônia estudado.



**Figura 5: Superfície de resposta da remoção de n-amoniaco.**

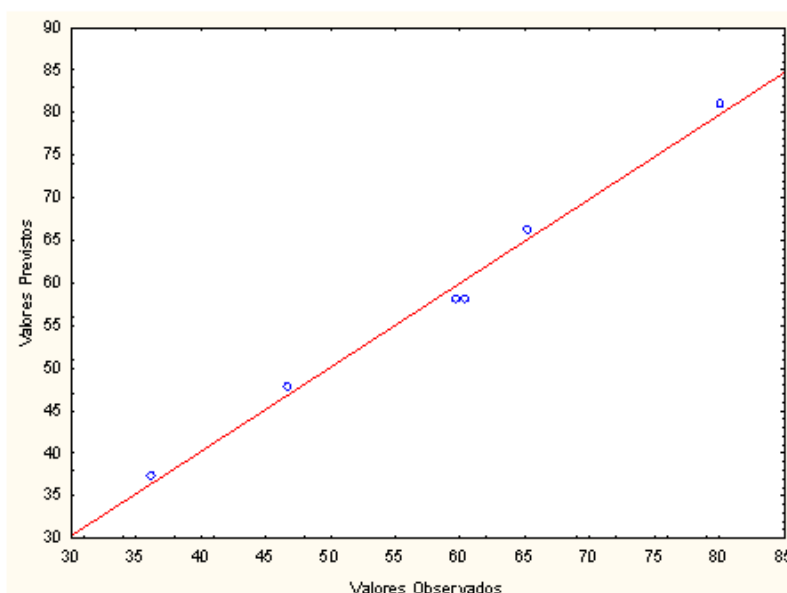
Verificou-se que os parâmetros pH e pressão de ar apresentaram proporção direta com a remoção de nitrogênio amoniacal, e por conseguinte, a otimização deste processo segue o caminho de maior valores de pH e pressão de ar.



O modelo estatístico está apresentado na equação 1, sendo  $X_1$  o pH e  $X_2$  a pressão de ar

$$Y = 58,08 + 15,58X_1 + 6,32X_2 \quad \text{equação (1)}$$

De acordo com o modelo matemático foi plotado um gráfico dos valores previstos versus valores observados, conforme Figura 6.



**Figura 6: Valores previstos vs observados**

Os valores previstos foram próximos dos valores observados, mostrando assim um bom ajuste no modelo matemático.

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos durante o experimento foi possível constatar que com um tempo de 720 minutos de aeração, aplicando uma pressão de ar de 3 kgf/cm<sup>2</sup>, utilizando o lixiviado com seu pH corrigido a 12, foi possível atingir o máximo de eficiência do processo proposto, obtendo uma remoção de 80% de nitrogênio amoniacal, além de se obter uma redução de aproximadamente 40% de DQO. Conclui-se também que, para o processo estudado, os parâmetros pH e pressão de ar foram estatisticamente significantes a um intervalo de 95% de confiança.

Portanto, o processo de remoção de nitrogênio amoniacal por air stripping estudado demonstra ser uma técnica eficiente na remoção de amônia, sendo uma alternativa viável no pré-tratamento de lixiviados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Empresa Pernambucana de Limpeza Urbana (EMLURB), ao CNPq pelo financiamento (edital Universal) e bolsa de produtividade, a CAPES pelas bolsas de mestrado e doutorado, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFPE

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANEJA, V. P.; SCHLESINGER, W. H.; ERISMAN, J. W. Effects of agriculture upon the air quality and climate: Research, policy, and regulations. *Environmental Science and Technology*, v. 43 n.12, p. 4234-4240, 2009.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992). Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 7p.
3. CAMPOS, D. C.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; RAMOS, P. C. A. Stripping de amônia de lixiviado de aterro sanitário em reatores de fluxo pistonado. Revista Tecno-lógica, v. 14, n. 2, p. 52-60, 2010.
4. CAVALCANTI, A. S.; FILHO, H. J. I.; GUIMARÃES, O. L. C.; SIQUEIRA, A. F. Modelagem neural e análise estatística do processo de degradação de chorume por foro-Fenton solar. Revista Ambiente e Água, v. 10, p. 89-106, 2015.
5. COSTA, F. M; CAMPOS, J. C.; FONSECA, F. V.; BILA, D. M. Tratamento de lixiviados de aterros de resíduos sólidos utilizando Processos Fenton e Foto-Fenton Solar. Revista Ambiente e Água, v. 10, p. 107-116, 2015.
6. ELDYASTI, A.; ANDALIB, M.; HAFEZ, H.; ZHU, J. Comparative modeling of biological nutrient removal from landfill leachate using a circulating fluidized bed bioreactor. Journal of Hazardous Materials, v. 187, n. 1, p.140-149, 2011.
7. EL-FADEL, M.; BOU-ZED, 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.
8. EL-GOHARY, F. A.; KHATER, M.; GAMAL, M. K Pretreatment of Landfill Leachate by Ammonia Stripping. Journal of Applied Sciences Research, v. 9(6), p. 3905-3913, 2013.
9. GOTVAJN, A. Z; TISLER, T; KONCAN, T. Comparison of different treatment strategies for Industrial landfill leachate. Journal of Hazardous Materials, v. 162, 1446-1456, 2009.
10. JIN-SONG, G. ABDULHUSSAIN, A. A; YOU-PENG, C; ZHI-PING, L; FANG, F; PENG, C. Treatment of landfill leachate using a combined stripping, Fenton, SBR, and coagulation processes. Journal of Hazardous Materials, v. 178, p. 699-705, 2010.
11. LINS, E. A. M. Proposição e avaliação de um sistema experimental de processos físicos e químicos para tratamento de lixiviado, 2001. Tese de doutorado-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil-Universidade Federal de Pernambuco, 2011.
12. RENOU, S.; POULAIN, S.; GIVAUDAN, J. G.; SAHUT, C.; MOULIN, P. Lime Treatment of Stabilized Leachates. Waste Management, v. 59, p. 673-685, 2009.
13. SILVA, A. C.; Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto tratado. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ. 2002.
14. SOUTO, G. D. B. Lixiviado de aterros sanitários brasileiros – estudos de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (“stripping”), 2008. Tese de doutorado-Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2009.
15. WISZNIOWSKI, J.; ROBERT, D.; SURMACZGORSKA, J.; MIKSCH, K.; WEBER, J. V. Landfill leachate treatment methods: A review. Environmental Chemistry Letters, v. 4, n. 1, p. 51-61, 2006.