



### III-128 - ESTUDO DO PROCESSO DE STRIPPING DE AMÔNIA DE LÍQUIDOS LIXIVIADOS EM TORRES EMPACOTADAS

**Valderi Duarte Leite<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico. Mestre e Doutor em Saneamento. Prof. do DQ/CCT/UEPB

**Wilton Silva Lopes<sup>(2)</sup>**

Bacharel em Química Industrial. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente e Doutor em Química. Prof. do DQ/CCT/UEPB

**Fernanda Patrício do Monte<sup>(3)</sup>**

Aluna de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Bolsista de IC/PIBIC/CNPq/UEPB

**José Raniery R. Cirne<sup>(4)</sup>**

Aluno de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Bolsista de IC/PIBIC/CNPq/UEPB.

**Edilma Rodrigues Bento<sup>(5)</sup>**

Aluna de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Bolsista de AT/PROSAB/CNPq.

**Endereço<sup>(1)</sup>:**

#### RESUMO

No Brasil são coletados diariamente cerca de 245 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos. Do quantitativo coletado, em torno de 32 mil toneladas são tratadas em aterro sanitário, que gera como subproduto biogás e lixiviado. O lixiviado advindo de aterro sanitário é detentor de uma elevada concentração de material carbonáceo e nitrogenado. A questão crucial é que o material carbonáceo presente é de difícil biodegradação o que compromete o desempenho do processo de tratamento biológico, enquanto que o material nitrogenado se encontra na forma de nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). Portanto, em, se tratando de lixiviado advindo de aterro sanitário, o tratamento físico e químico deverá ser realizado antes do tratamento biológico, objetivando, sobretudo a redução da concentração de nitrogênio amoniacal e propiciando a realização da aplicação do tratamento biológico. O tratamento de lixiviado deverá ser encarado levando-se em consideração algumas especificidades que normalmente não são encontradas em outros tipos de resíduos. No caso específico deste trabalho, em que a concentração de nitrogênio amoniacal esteve em torno de  $2200\text{mgN. L}^{-1}$  e a relação  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$  igual a 0,3, foi priorizado em primeiro lugar realizar-se o estudo do processo de stripping de amônia. O processo de stripping de amônia foi estudado em torres empacotadas com capacidade unitária de 35 litros e os parâmetros investigados foram: pH, relação área de contato/volume de lixiviado e o tempo de aeração. Um dos parâmetros que mais influenciou a eficiência do processo de stripping de amônia foi o pH do lixiviado, haja vista contribuir para a conversão do nitrogênio amoniacal na forma de  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NH}_3$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** lixiviado, amônia, pH, torre empacotada, stripping.

#### INTRODUÇÃO

No Brasil são coletados diariamente cerca de 240 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos. Do quantitativo coletado grande parte ainda é depositada em lixões e apenas 13% do total coletado o que equivale a 31,2 mil toneladas é depositado em aterro sanitário. O aterro sanitário deverá ser encarado como um processo de disposição final de resíduos sólidos urbanos que ainda merece ser melhor dimensionado, haja vista as especificidades nacionais, regionais e locais, além da própria composição física e química e da taxa de produção per capita dos resíduos sólidos urbanos produzidos. Na situação atual, em que nos aterros sanitários são depositados todos os tipos de resíduos sólidos urbanos e que a mais representativa fração destes resíduos é a matéria orgânica putrescível, o processo de biodecomposição que inicialmente é aeróbio e depois passa a ser anaeróbio, gera subprodutos que precisam ser quantificados, caracterizados e submetidos aos tratamentos devidos. Dentre os subprodutos advindo do processo de bioestabilização da matéria orgânica putrescível, o biogás e o lixiviado merecem atenção especial frente aos impactos que poderão gerar ao meio ambiente. No caso do lixiviado, o quantitativo produzido em aterro sanitário depende basicamente das condições climatológicas e hidrogeológicas da região, das características dos resíduos aterrados e das condições operacionais do aterro. No Brasil existem diversas denominações para os resíduos líquidos gerados em aterro sanitário, tais como: chorume, sumeiro, percolado e lixiviado. Neste trabalho a denominação adotada será de



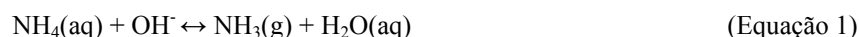
lixiviado, que segundo Hamada e Matsunaga (2000) é o líquido gerado pela massa de resíduos sólidos urbanos aterrados, que percola através desta removendo materiais dissolvidos ou suspensos. Ainda conceitua-se lixiviado como sendo a mistura de compostos orgânicos e inorgânicos, nas suas formas dissolvidas e coloidais, formado durante a decomposição dos resíduos sólidos urbanos (CAPELO NETO, et al, 1999).

O tratamento de lixiviado poderá ser realizado utilizando-se diferentes alternativas tecnológicas que em geral são classificadas em três grandes grupos: tratamento *in situ*, que consiste de equipamentos e unidades internas dos limites do próprio aterro; tratamento conjugado de lixiviado com esgoto sanitário; tratamento físico químico seguido de tratamento biológico, ou a combinação de diferentes alternativas tecnológicas.

Segundo EPA, (1995) nos Estados Unidos da América do Norte, a maior parte do lixiviado produzido em aterros sanitários é lançada na rede pública de esgotamento sanitário e tratada conjuntamente com águas residuárias.

Um dos maiores problemas enfrentados para o tratamento do lixiviado refere-se às altas concentrações de nitrogênio amoniacal. Uma alternativa que pode ser utilizada para resolver este problema é a aplicação do processo de stripping de amônia (LOPES, 2003). Segundo MetCalf & Eddy (1981) o arraste da amônia com a utilização de ar é uma modificação do processo de aeração utilizado para a eliminação dos gases sulfídricos na água.

O stripping de amônia é um processo físico de remoção da fase gasosa do líquido, principalmente devido à elevação da superfície total de contato da fase líquida com o meio (atmosférico) circundante, de modo que efeitos de arraste e difusão molecular promovam a sua passagem para este último (METCALF & EDDY, ). O processo de remoção da amônia livre do meio líquido ocasiona o deslocamento do equilíbrio no sentido de sua formação. A amônia, em fase aquosa, encontra-se em um equilíbrio de duas formas, que são a iônica ( $\text{NH}_4^+$ ) e a molecular gasosa ( $\text{NH}_3$ ). A equação 1 expressa a dinâmica do equilíbrio da conversão do íon amônio para gás amônia.



O equilíbrio do processo de conversão depende do pH, e para pH em torno de 7,2 a tendência é o equilíbrio ser deslocado para a esquerda. Com a elevação do pH, há o deslocamento do equilíbrio para a direita e consequentemente uma maior elevação da fração gasosa (FLECK, 2003).

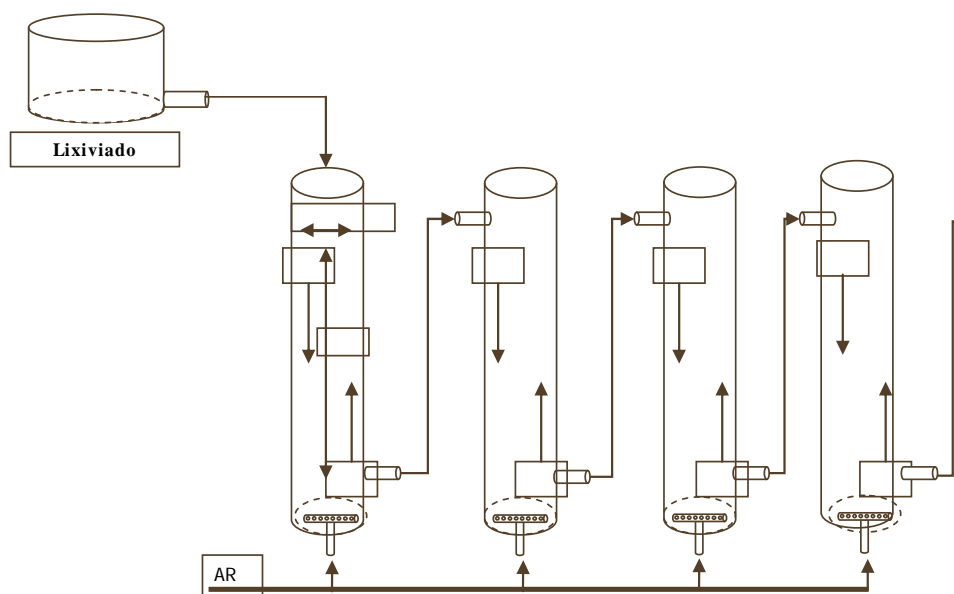
Como o equilíbrio da concentração do íon amônio e do gás amônia depende do pH, a distribuição percentual da amônia e do íon amônio pode ser determinada utilizando-se a equação 2.

$$\% \text{NH}_3 = [\text{NH}_3] / (\text{NH}_3 + \text{NH}_4) \cdot 100 \quad (\text{Equação 2})$$

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado nas dependências físicas do Laboratório de Saneamento Ambiental do Departamento de Química do CCT/UEPB.

Na Figura 1 apresenta-se um diagrama esquemático das torres de stripping utilizadas para realização do processo de stripping de amônia e na Tabela 1 são apresentados os parâmetros operacionais aplicados. O trabalho foi realizado em torres de stripping em dois diferentes tratamentos e três repetições



**Figura 1. Torres de stripping.**

**Tabela 1. Dados operacionais aplicados às torres de stripping.**

Parâmetros/ Tratamentos	$V_T$ (L)	$V_B$ (L)	$V_L$ (L)	$Q_G$ (m <sup>3</sup> /h)	t (horas)	pH
1	35,3	29	10	6,3	5,5	8
2	35,3	29	10	6,3	5	9

$V_T$ : volume da torre;  $V_B$ : volume de brita;  $V_L$ : volume de lixiviado; t: tempo;  $Q_{ar}$ : vazão de ar aplicada.

Do volume total das torres, 82,1% foi preenchido com brita número 4 com espaço vazio de 49%, o que resultou em um volume total disponível de 20,5 litros por torre. Em média, apenas metade do volume útil disponível das torres foi ocupada com lixiviado, haja vista o processo de aeração propiciar uma significativa geração de espuma e o conseqüente arraste de parte do líquido do lixiviado. A monitoração do sistema experimental consistiu na alimentação ascendente de ar e descendente de lixiviado, com coleta de amostras efluente final com freqüência de trinta minutos para determinação dos parâmetros analíticos monitorados que foram: pH, nitrogênio amoniacal; ácidos graxos voláteis e alcalinidade total.

O lixiviado utilizado para realização do trabalho experimental foi coletado no aterro sanitário metropolitano da cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba na região nordeste do Brasil. O lixiviado era coletado no estado “*in natura*” e transportado em carros tanque para o Laboratório de Saneamento Ambiental do DQ/CCT/UEPB, que fica a uma distância média de 130 km do aterro sanitário. O lixiviado era armazenado em depósitos fechados de PVC rígido e distribuído diariamente para tanques de equalização, de correção do pH e de alimentação das torres. A correção do pH foi realizada utilizando-se as espécies químicas hidróxido de sódio e hidróxido do cálcio, com o objetivo de se estimar os custos do processo de stripping de amônia. As determinações analíticas foram realizadas levando-se em consideração os métodos já preconizados por APHA (1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os perfis das variações temporais dos parâmetros pH, nitrogênio amoniacal, ácidos graxos voláteis e alcalinidade total em relação ao tratamento 1. Com exceção do pH, para os demais parâmetros são apresentados os perfis dos três diferentes ensaios realizados e a respectiva média.

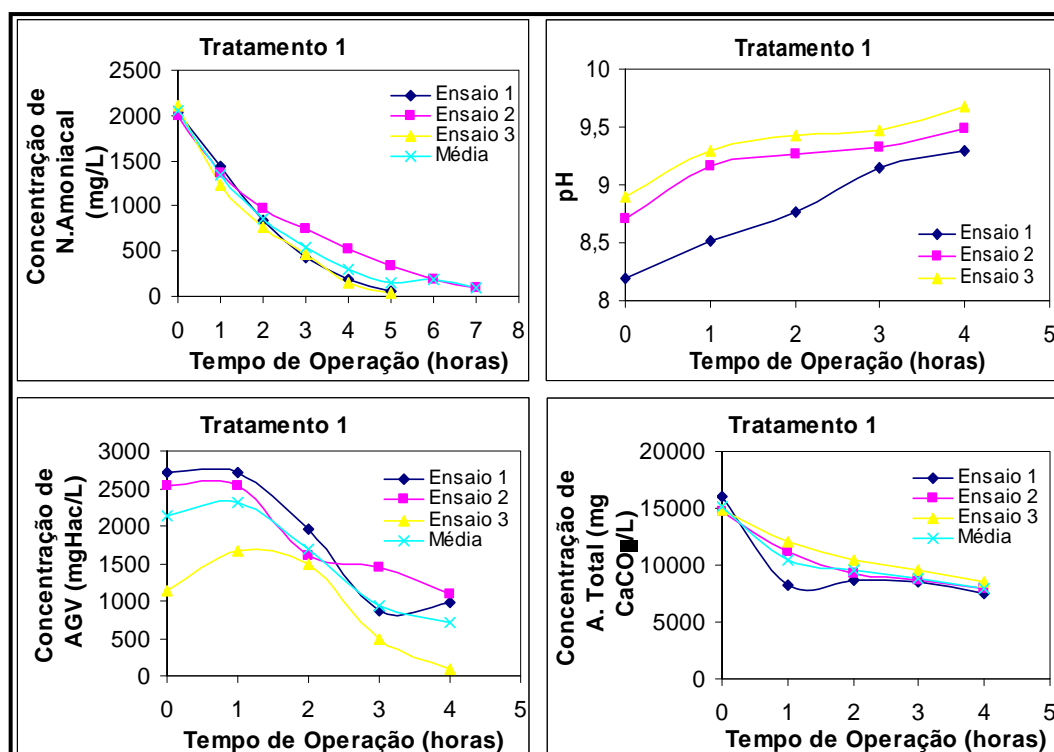


Figura 2. Perfis dos parâmetros monitorados no tratamento 1.

Analisando o comportamento das variações temporais, observa-se que a concentração média de nitrogênio amoniacal do lixiviado utilizado no tratamento 1 era de 2.050 mgN. L<sup>-1</sup> e foi reduzida para valores inferiores a 100 mg.L<sup>-1</sup> com tempo de aeração de 7 horas. À proporção que a concentração de nitrogênio amoniacal era reduzida, constatou-se uma elevação nos valores do pH, haja vista o processo de stripping arrastar também determinadas espécies químicas presentes na composição química do lixiviado. No processo de stripping de amônia o íon amônio se converte em amônia, passando a consumir alcalinidade, o que justifica a redução da concentração inicial de 15.100 mgCaCO<sub>3</sub>. L<sup>-1</sup>, para 7.900 mgCaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>. Quanto aos ácidos voláteis, as concentrações iniciais variaram de 1.128 a 2.715 mgN.L<sup>-1</sup> e após o período de monitoração, as concentrações residuais variaram de 96 a 1.086 mgN. L<sup>-1</sup>. A redução da concentração de ácidos graxos voláteis foi favorecida pelo arraste de determinadas espécies químicas presentes no meio líquido que são detentoras de características ligeiramente ácidas. No caso específico deste tratamento, em que o processo de stripping de amônia foi realizado em lixiviado com pH igual a 8 e que com este pH, apenas algo em torno de 5,3% do nitrogênio amoniacal se encontra na forma não ionizada, o que passa a exigir um maior intervalo de tempo para que uma parcela mais representativa de nitrogênio amoniacal na forma ionizada seja convertida para a forma não ionizada e consequentemente retirada do meio líquido. A relação teórica estabelecida entre as concentrações das espécies de nitrogênio em função do pH, poderá ser determinada aplicando-se a Equação 4 (METCALF & EDDY, 1991).

$$\text{pH} = 9,25 - \log f + \log [\text{NH}_3/\text{NH}_4^+] \quad (\text{Equação 4})$$

*f*: força iônica

Na Figura 3 são apresentados os perfis das variações temporais dos parâmetros monitorados que foram o pH, nitrogênio amoniacal, ácidos graxos voláteis e alcalinidade total, para os três diferentes ensaios e a média aritmética dos ensaios no tratamento 2. Neste tratamento, o pH do lixiviado foi corrigido para 9 e o tempo de monitoração foi estipulado em 5,5 horas.

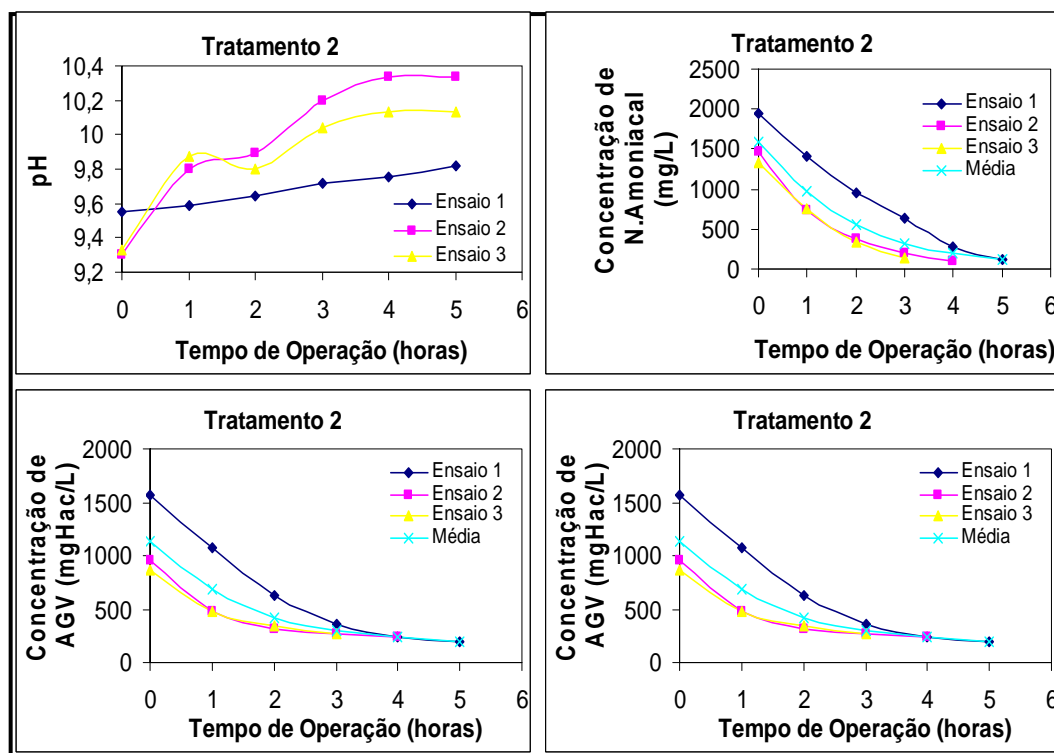


Figura 3. Perfis dos parâmetros monitorados no tratamento 2.

No tratamento 2, a concentração média de nitrogênio amoniacal foi reduzida de 1.582 para 113 mg. L<sup>-1</sup> em um período de 5,0 horas, propiciando eficiência de redução de 93%. Analisando-se os perfis das concentrações de nitrogênio amoniacal apresentados na Figura 3, verifica-se que nas primeiras quatro horas de monitoração, em todos os ensaios realizados, o lixiviado já apresentava baixa concentração de nitrogênio amoniacal. Quanto ao pH, verifica-se que houve um acentuado acréscimo, passando do patamar de 9,2 a 10,4. A concentração média de ácidos graxos voláteis foi reduzida de 1.128 para 192 mgHAc. L<sup>-1</sup>, chegando a alcançar a eficiência de redução de 82,9%. A concentração de alcalinidade total foi reduzida de 19.800 para 5.200 mg CaCO<sub>3</sub>. L<sup>-1</sup> e a eficiência de redução que foi de 73,7% está associada diretamente ao processo de stripping de amônia.

## CONCLUSÃO

Reportando-se aos dados deste trabalho, pode-se concluir que a eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal nas torres de stripping foi superior a 90 % para os dois tratamentos realizados. Porém, o tempo de aeração variou de 5 a 7 horas para que o lixiviado ficasse com concentração de nitrogênio amoniacal em torno de 100 mg. L<sup>-1</sup>. Portanto, como os custos inerentes ao processo de aeração são diretamente proporcionais ao tempo de aeração, quanto mais elevado o pH menor os custos com aeração e maior com as espécies alcalinizantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard methods for examination of water and wastewater, 20<sup>th</sup> Washington, D.C. American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 2000.
2. CAPELO NETO, J; MOTA, S. FERNANDO, J., A. Geração de percolado em Aterro Sanitário no Semi-Árido Nordeste: uma abordagem quantitativa. Revista Saneamento Ambiental, São Paulo, v. 4 n. 3 jul/set, n 4 out/dez, 1999, p160/167.
3. HAMADA, J; MATSUNAGA, I. Concepção do sistema de Tratamento de Chorume para Aterro Sanitário de Ilhéus, Ba. In: IX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. Porto Seguro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, p.1515 – 1524.
4. LOPES, W. S. Biodigestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos. 2000 66f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – UFPB/UEPB PRODEMA, Campina Grande, 2000.