



### III-046 – REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIACAL DE LIXIVIADOS DE ATERRO SANITÁRIO UTILIZANDO SISTEMA DE LODOS ATIVADOS EM BATELADA

**Carolina Alves do Nascimento Alvim<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestranda de Engenharia de Edificações e Saneamento pela Universidade Estadual de Londrina (UEL/PR).

**Fernando Fernandes<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Unicamp. Doutor pelo Instituto Politécnico de Toulouse (França). Professor associado na área de saneamento do Centro de Tecnologia e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina.

**André Luiz Hossaka<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Londrina. Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento pela Universidade Estadual de Londrina.

**Renan Schavarski<sup>(4)</sup>**

Estudante de Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Londrina. Bolsista de Iniciação Científica pela Universidade Estadual de Londrina.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Brasil, 1940 ap. 44 - Centro - Londrina -PR - CEP: 86.010-200 - Brasil - Tel: (43) 3345-1735. email: [carolina\\_donascimento@hotmail.com](mailto:carolina_donascimento@hotmail.com)

#### RESUMO

O crescimento urbano, a industrialização e a decorrente elevação dos patamares de consumo vêm provocando o aumento da geração de resíduos sólidos, principalmente nas regiões metropolitanas, impondo grandes demandas, tanto pela quantidade, quanto pelas características dos resíduos gerados (SILVA, 2002).

A disposição desses resíduos sólidos em aterros sanitários como forma de destinação final é um procedimento amplamente adotado nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, caso do Brasil. Essa prática, quando aplicada sob critérios técnicos que garantam a estabilidade da obra, a otimização do tratamento dos resíduos no solo, o controle dos subprodutos originados e a proteção dos recursos naturais regionais, consiste em um método viável do ponto de vista tecnológico, ambiental e econômico.

O processo de lixiviação da massa de resíduo aterrado pela percolação das águas de chuvas, que juntamente com a umidade presente nos resíduos e os líquidos gerados na sua biodegradação, produz um efluente, conhecido como lixiviado, percolato ou chorume, com elevada concentração de matéria orgânica e nitrogênio, além de outros poluentes.

Devido à composição variável apresentada pelos lixiviados de diferentes aterros, e ao longo do tempo, em um mesmo aterro, embora a princípio todos os processos de tratamento de águas residuárias sejam aplicáveis, não há uma metodologia de tratamento padronizada, eficiente e prontamente aplicável a todos os casos (FLECK, 2003).

A escolha do sistema de lodos ativados com alimentação intermitente explica-se, entre outros fatores, pela simplicidade conceitual do mesmo, dispensando decantadores e recirculações separadas. Esse processo pode ser composto por diferentes combinações de etapas dependendo do tipo de poluente a ser removido.

**PALAVRAS-CHAVE:** lixiviado, nitrogênio amoniacal, lodos ativados, aterro sanitário, desnitrificação.

#### INTRODUÇÃO

A grande quantidade de resíduos sólidos urbanos gerada diariamente e a sua disposição em aterros sanitários têm sido motivo de preocupação pois sua disposição desordenada gera impactos sociais e ambientais. Segundo SISINNO (2000), no Brasil aproximadamente 84,4% dos municípios dispõem seus resíduos sem nenhum controle ambiental, ocorrendo assim à percolação de seu lixiviado que polui o solo e os corpos d'água.

O presente trabalho contém estudos realizados num sistema de lodos ativados em batelada montado no laboratório de Hidráulica e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina desde 2006, o qual vem avaliando a remoção biológica do nitrogênio amoniacal de lixiviados de aterro sanitários.

Utilizou-se um sistema de lodos ativados operados em bateladas intermitentes, com fase anóxica e adotando o processo de nitrificação/desnitrificação. Numa média de seis dias praticamente todo N-amoniaco havia sido oxidado para nitrato, que foi eliminado via desnitrificação na fase anóxica, utilizando etanol como fonte de carbono. O processo de lodo ativado intermitente ou batelada é uma variação operacional do sistema de lodo ativado clássico, que permite agrupar num único tanque os processos e operações normalmente associados a este tipo de sistema.

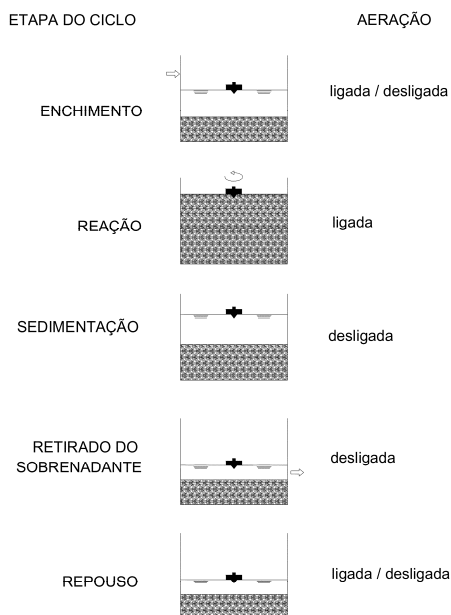
Foram operados dois sistemas. O Sistema 1 era alimentado pelo lixiviado que recebia um pré-tratamento de dois tanques de stripping e o Sistema 2 recebia o lixiviado bruto proveniente do aterro. O objetivo principal dos sistemas era obter o acúmulo de nitritos, visando posterior remoção dos mesmos na fase anóxica. Para tanto o TDH dos sistemas dependeram principalmente da oxidação do nitrogênio amoniacal na fase aeróbia. Sendo assim o sistema era monitorado através de análises laboratoriais de acordo com evolução dos reatores.

Os estudos realizados em laboratório através da operação dos sistemas demonstrou-se que a oxidação do N-amoniaco a nitrato ocorreu num período de 4 a 7 dias de aeração, inibindo a formação de nitratos. Já a desnitrificação completa precisou de 17 a 41h, variando devido a quantidade de nitritos acumulada e também pela variação da temperatura.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de lodo ativado por batelada é uma variação operacional do sistema de lodo ativado, que permite agrupar num único tanque os processos e operações normalmente associados a este tipo de tratamento: decantação primária – oxidação biológica- decantação secundária.

O ciclo completo inclui as seguintes fases: enchimento (onde o tanque parcialmente descarregado recebe o efluente bruto), reação (onde os aeradores são ligados e acontece a oxidação biológica), sedimentação (onde os reatores são desligados e ocorre sedimentação do lodo), esvaziamento (onde o líquido tratado sobrenadante é retirado) repouso ( fase de retirada do excesso de lodo, caso necessário).



**Figura: Seqüência típica de operação de reatores em bateladas seqüenciais**  
**Fonte: Metcalf & Eddy**

No caso específico deste experimento, entre a fase de aeração e a de sedimentação ocorreu a fase anóxica, visando à remoção de nitrogênio. Durante a operação deste experimento ocorreram variações no andamento geral. Em algumas bateladas a fase anóxica foi realizada em outro tanque, visando preservar a biomassa de oxidação da DBO do efluente bruto, já que houve necessidade de adição de uma fonte suplementar de alimento para a realização da desnitrificação (etanol), o que poderia criar uma biomassa mais adaptada ao



novo alimento carbonáceo que aquele existente no lixiviado bruto. Em outros ciclos optou-se por realizar todas as fases dentro do mesmo tanque para avaliar as diferenças.

Além da vantagem construtiva, o sistema de batelada permite melhor controle do processo, principalmente para efluentes que apresentam variações bruscas de qualidade como é o caso dos lixiviados.

O ciclo operacional tem duração variável e no caso do experimento a seguir relatado, como o objetivo principal era a remoção de nitrogênio pela via curta, o tempo de aeração foi determinado pelo monitoramento da formação de nitritos.

## OPERAÇÃO DOS SISTEMAS

A operação dos dois sistemas funcionou como lodos ativados em batelada. O sistema de lodos ativados em batelada consistia de quatro tanques com volume de 250 L, profundidade útil de 48 cm e diâmetro de 80 cm. A aeração era feita por um compressor de ar (5,2 pés<sup>3</sup>/min, 120 litros, 1HP). Na fase anóxica o sistema de aeração era desligado, porém para manter o lixiviado em suspensão era acionado um misturador mecânico. Na Figura 1 é apresentado um esquema do sistema experimental utilizado.

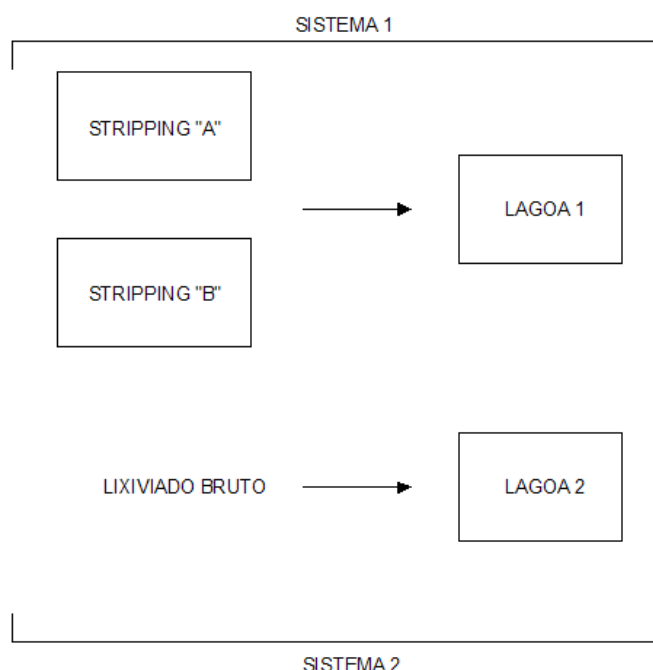


Figura 1 – Esquema do sistema experimental

	SISTEMA 1			SISTEMA 2	
	STRIPPING	AERÓBIA	ANÓXICA	AERÓBIA	ANÓXICA
<b>TDH (dias)</b>	variável	variável	variável	variável	variável
<b>Volume (L)</b>	250	250	100	250	100
<b>Profundidade útil (cm)</b>	48	48	48	48	48
<b>Diametro(cm)</b>	ø80	ø80	ø80	ø80	ø80

Tabela 1- – Características das unidades dos sistemas implantados



Nesta etapa o objetivo era acumular nitritos, para que fossem removidos através de fase anóxica. Sendo assim o TDH de cada sistema passou a ser completamente dependente da oxidação de nitrogênio amoniacal no tanque de aeração. Sendo assim, o sistema era acompanhado através de análises laboratoriais modelando assim o progresso dos reatores aeróbios.

Deve-se ressaltar aqui que no início dos ciclos, o TDH do tanque de stripping foi de 14 dias e depois variou de 11 a 18 dias, conforme o período de duração das fases de nitrificação e desnitrificação. Após ter observado que esta fase aeróbia e anóxica ocorria em torno de 7 dias, quando um tanque de stripping estava com 7 dias de TDH, o outro tanque já entrava em operação para garantir que assim que a fase anóxica fosse concluída, já haveria alimentação para o tanque de aeração, para o Sistema 1. Deste modo, o líquido do interior de cada tanque de stripping era transferido para o tratamento biológico de forma alternada.

No momento em que era detectado que praticamente todo o nitrogênio amoniacal nos tanques de aeração já havia sido oxidado a  $\text{NO}_2^-$ , a aeração era interrompida para dar início à fase anóxica no interior do próprio tanque de aeração ou num tanque específico para a fase anóxica, dependendo da condição operacional do experimento. A primeira tentativa foi utilizar o próprio lixiviado bruto como fonte de carbono, o que não foi promissor em função das características do lixiviado utilizado, com baixa relação DBO/DQO, portanto, de difícil degradabilidade, passando-se então a utilizar como fonte externa de carbono, o etanol.

Desta forma, assim que era adicionada a fonte de carbono, acompanhava-se remoção de nitrito/nitrato através de análises laboratoriais até que fosse encerrada. Em seguida interrompia-se a agitação e aguardava-se 30 minutos para a sedimentação do lodo para proceder o descarte do sobrenadante. Deixava-se aproximadamente 30 cm de lodo no interior do tanque de aeração que era novamente preenchido com o lixiviado a ser tratado, ou seja, o do tanque de stripping no sistema 1 e o bruto no sistema 2. A aeração era então reativada, dando início a um novo ciclo.

Quando a fase anóxica não ocorria no próprio tanque de aeração, o sobrenadante deste era removido para o tanque anóxico e nele adicionava-se o etanol para a remoção de nitrito/nitrato. Após concluída, procedia-se da mesma forma como descrito anteriormente.

A Tabela 2 mostra os pontos de monitoramento, os parâmetros monitorados e suas respectivas frequências. Todos os procedimentos analíticos foram realizados segundo o STANDARD METHODS (2005), com exceção do método para a dosagem de Nitratos, que foi o método do ácido salicílico.



ANÁLISES	AMOSTRAS					
	Bruto (B)	Stripping (S)	Lagoa (S1/ S2)	Lodo (S1/S2)	Sobrenadante (S1/S2)	Anóxico (S1/S2)
<b>Sólidos Totais</b>	Início aeração	Início	Início e final da aeração -	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Final
<b>Sol. Suspensão</b>	Início aeração	Início	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Início e final da fase anóxica
<b>DBO</b>	Início aeração	Início	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Início e final da aeração	-
<b>DQO</b>	Início aeração	Início	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Pelo menos 5 coletas durante a fase anóxica
<b>Alcalinidade</b>	Início aeração	1x dia	1x dia	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Início e final da fase anóxica
<b>pH</b>	Início aeração	1x dia	1x dia	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Início e final da fase anóxica
<b>N-amon.</b>	Início aeração	1x dia	1x dia	Início e final da aeração	Início e final da aeração	-
<b>NKT</b>	Início aeração	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Início e final da aeração	-
<b>Temperatura</b>	Início aeração	1x dia	1x dia	-	-	-
<b>Nitrito</b>	Início aeração	Início aeração	1x dia	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Pelo menos 5 coletas durante a fase anóxica
<b>Nitrato</b>	Início aeração	Início aeração	1x dia	Início e final da aeração	Início e final da aeração	Pelo menos 5 coletas durante a fase anóxica

Tabela2– Frequência e parâmetros de monitoramento dos sistemas 1 e 2.

Legenda: S1-sistema 1; S2-sistema 2.

## RESULTADOS

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados na forma de gráfico os resultados obtidos para as Fases aeróbia e anóxica dos sistemas 1 e 2. Observa-se nos gráficos a redução gradual das concentrações de N-amoniaco no lixiviado, confirmando que o sistema de lodos ativados operados em bateladas intermitentes mostrou-se eficaz no processo de remoção de N-amoniaco de lixiviados de aterro sanitário.

A operação do sistema de forma intermitente evidenciou as características favoráveis do lixiviado para a nitrificação (via curta). As concentrações de N-amoniaco elevadas associadas ao pH do lixiviado que em condições naturais se mantém entre 7 e 9, contribuem para manter as concentrações de amônia livre (NH<sub>3</sub>) em níveis que inibem a bactérias oxidantes de nitrito (Nitrobacter), impedindo a formação de nitratos. Mas mantiveram-se abaixo dos valores que inibem as oxidadoras de N-amoniaco (Nitrosomonas), que são menos sensíveis as concentrações de amônia livre.

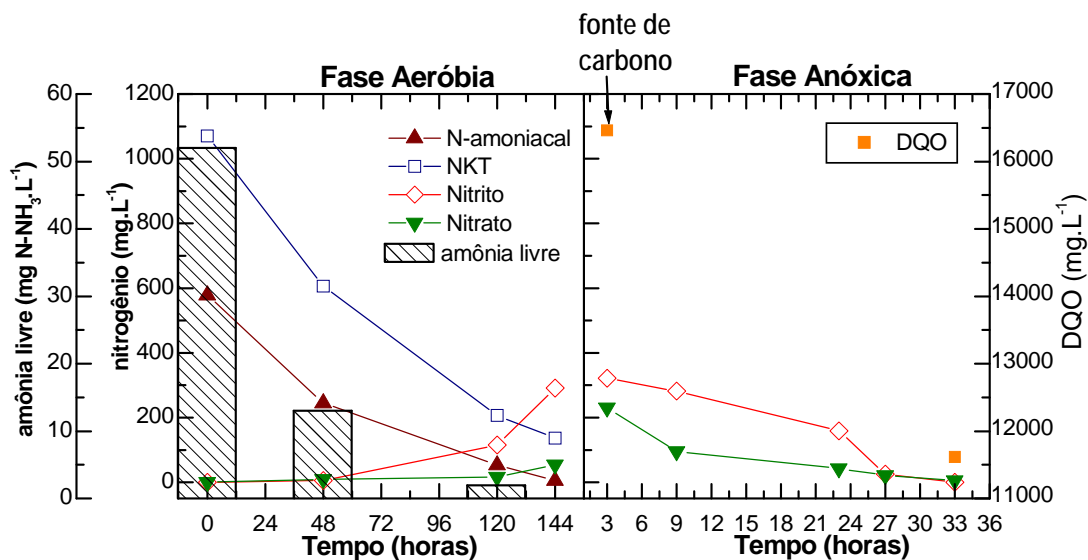


Fig. 2 – Resultados das fases aeróbia e anóxica para o sistema 1

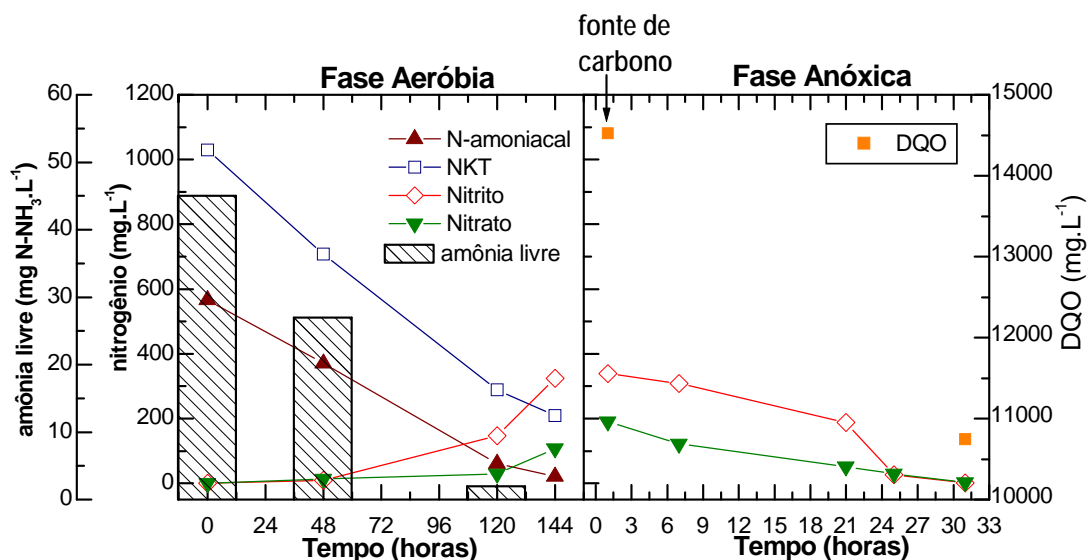


Fig. 3 – Resultados das fases aeróbia e anóxica para o sistema 2

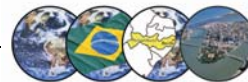
As principais conclusões do processo realizados nos dos sistemas apresentaram a completa oxidação do N-amoniacoal a nitrito, com TDH entre 4 a 7 dias de aeração para o sistema 1 e entre 4 a 9 dias para o sistema 2, com concentrações entre 200 e 350mg N-NO<sub>2</sub>/L. Como as concentrações de amônia livre se mantiveram bem acima de 1mg/L, inibiu a formação de nitratos. Na fase aeróbia as concentrações de amônia livre (NH<sub>3</sub>) maiores que 10mg N-NH<sub>3</sub>/L inibiram a formação de nitritos, que só começaram a ser formados no segundo e terceiro dias de aeração.

A desnitrificação, ocorrida na fase anóxica, teve um TDH de 35 horas em média, variando de acordo com a quantidade de nitrito formada na fase aeróbia. O ph se manteve constante apesar da grande quantidade de alcalinidade consumida.

## CONCLUSÕES

Pode-se concluir que em relação ao tratamento biológico por lodos ativados de alimentação intermitente, os sistemas apresentaram bom desempenho na remoção de nitrogênio de lixiviados de aterro sanitário.

A redução prévia de N-amoniacoal de até 50% no sistema 1 com stripping favoreceu a oxidação completa do



N-amoniacal no reator aeróbio. O consumo de alcalinidade foi menor, restando em torno de 1.000 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , mantendo o pH elevado (entre 7,5 e 8,5).

As elevadas concentrações de N-amoniacal, associadas aos altos valores de pH, resultaram em concentrações de amônia livre elevadas inibindo a oxidação do nitrito, por isso favorecendo o processo de nitrificação/desnitrificação pela via curta.

O etanol mostrou-se adequado como fonte externa de carbono para a desnitrificação com remoção de nitrogênio oxidado de 100%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FLECK, E. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
2. VON SPERLING, M in *Lodos Ativados*, Ed.: Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997; Vol.4, 331-332.
3. ANTHONISEN, A. C., LOEHR, R. C., PRAKASAM, T.B.S., SRINATH, E.G. (1976). "Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid." *Journal of the Water Pollution Control Federation* 48(5): 835-852.
4. APHA – AWWA – WPCF (2005). "Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater." American Public Health Association 21ª Edition, Washington DC.
5. BAE, W., BAEK, S., CHUNG, J., LEE, Y. (2002). "Optimal operational factors for nitrite accumulation in batch reactors." *Biodegradation* 12(5): 359-366.
6. RIPLEY, L.E., BOYLE, W.C. E CONVERSE, J.C. (1986). "Improved alkalimetric monitoring for anaerobic digester of high-strength waste." *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 58 (5), 406-411.
7. SPAGNI, A.; LAVAGNOLO, M.C.; SCARPA, C.; VENDRAME, P.; RIZZO, A.; LUCCARINI, L. (2007). Nitrogen removal optimization in a sequencing batch reactor treating sanitary landfill leachate. *Journal of Environmental Science and Health part A*, (42) 757 – 765.
8. SPAGNI, A E LIBELLI, S. M. (2008). Nitrogen removal via nitrite in a sequencing batch reactor treating sanitary landfill leachate. *Bioresource Technology*, (100) 609 – 614.
9. ZHU, L. E JUN-XIN, L. (2007). Control factors of partial nitrification for landfill leachate treatment. *Journal of Environmental Science*, (19) 523 – 529.