

II-121 – NITRIFICAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO SIMULTÂNEAS EM BIOFILTROS AERADOS COM NOVA CONFIGURAÇÃO

Weliton Freire Bezerra Filho⁽¹⁾

Estatístico. Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal do Ceará.

Cicero Onofre de Andrade Neto

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Sanitária, Doutor em Recursos Naturais. Professor Associado da UFRN

Ana Barbara de Araújo Nunes

Prof^{ta} do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – UFC

Dayana Melo Torres

Bióloga, tecnóloga em gestão ambiental, mestre em engenharia sanitária e doutoranda em engenharia ambiental (UEPB). Professora do Instituto Federal em Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas.

Layane Priscila Azevedo Silva

Bióloga. Mestranda em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

Endereço⁽¹⁾: Rua Praia da Penha, 9088 – Ponta Negra – Natal - RN - CEP: 59.092-329 - Brasil - Tel: (84) 9988-2888 - e-mail: weliton.freire@gmail.com

RESUMO

A disposição inadequada de formas de nitrogênio em corpos receptores gera problemas como: toxicidade para seres vivos; consumo de oxigênio do meio para atender a demanda nitrogenada; eutrofização; e contaminação dos aquíferos por nitrato. Por esta razão é muitas vezes necessário que seja realizado tratamento complementar dos esgotos para eliminar, ou reduzir, a concentração deste composto nas águas residuárias. O objetivo deste trabalho é avaliar a remoção biológica dos compostos nitrogenados através da nitrificação e desnitrificação simultâneas, utilizando biofiltros aerados submersos como pós-tratamento de um sistema anaeróbio, com tecnologia inovadora, elevado tempo de retenção celular, grande capacidade de retenção de sólidos e baixo custo de construção e operação. A forma simples como o sistema foi concebido, com mangueiras perfuradas para distribuição do ar e preenchimento dos filtros com peças plásticas - eletroduto cortado - mostrou-se bastante eficiente em relação à remoção de matéria orgânica e na nitrificação.

PALAVRAS-CHAVE: Biofiltro aerado, Nitrificação e desnitrificação simultâneas, Respiração endógena.

INTRODUÇÃO

O material nitrogenado presente em águas residuárias compõe-se principalmente de nitrogênio amoniacal (gasoso, NH_3 ; e salino, NH_4^+) e nitrogênio orgânico (ureia, aminoácidos e outras substâncias orgânicas como o grupo amino). Ocasionalmente ocorrem traços de formas oxidadas de nitrogênio, como nitrito (NO_2^-) e o nitrato (NO_3^-) (VAN HAANDEL, KATO, VON SPERLING, 2009).

Um dos problemas mais recorrentes, especialmente em corpos aquáticos lênticos, é a eutrofização causada pelo aporte de nutrientes. Segundo Von Sperling *et. al.*, (2009), eutrofização é o enriquecimento do meio aquático com nutrientes, causando o crescimento de organismos e plantas aquáticas – especialmente algas – que podem atingir níveis tais que causem interferências aos usos desejáveis do corpo d'água.

Além disso, o nitrogênio amoniacal quando disposto em corpos receptores em concentrações inadequadas gera alguns inconvenientes, como: toxicidade para os seres vivos, dependendo da temperatura e do pH do meio; consumo de oxigênio para atender a demanda nitrogenada; e, ainda, contaminação dos aquíferos por nitrato, resultado da oxidação da amônia durante sua percolação no solo (ARAÚJO *et. al.* 2009). Por esta razão é muitas vezes necessário que seja realizado tratamento complementar dos esgotos para eliminar, ou reduzir, a concentração deste composto nas águas residuárias, e um dos processos mais simples e seguro é a remoção biológica.

Geralmente as estações de tratamento de esgoto projetadas para remover biologicamente o nitrogênio das águas residuárias utilizam dois reatores para o processo: um reator aerado, onde ocorre a oxidação da amônia até nitrato, e um reator anóxico, onde o nitrato é reduzido até nitrogênio molecular e, conseqüentemente, eliminado do sistema.

Contudo, estudos demonstram que é possível nitrificar e desnitrificar utilizando o mesmo ambiente, no processo que vem sendo denominado nitrificação e desnitrificação simultâneas (SND, sigla em inglês para Simultaneous Nitrification and Denitrification), que ocorre quando o nitrogênio amoniacal é oxidado em ambiente aeróbio e os compostos oxidados são reduzidos, dentro do mesmo reator. (MEYER et al., 2005).

Chiu, et. al. (2007), afirmam que a nitrificação e desnitrificação simultânea ocorre devido a distribuição desigual do oxigênio dissolvido dentro do reator. Em ambientes com maior concentração de OD as bactérias nitrificantes são mais ativas, e em áreas com menor concentração de OD prevalecem as bactérias desnitrificantes.

Contudo, algumas bactérias são capazes de promover a desnitrificação independentemente da concentração de OD; são exemplos desses organismos: *Microvirgula aerofenitrificans* (PATURÉAU et. al, 2000), e *T. pantotropha* (GUPTA, 1997).

Este trabalho busca desenvolver uma alternativa tecnológica que utiliza eletroduto corrugado cortado como meio suporte em filtros aerados, que apresenta um alto índice de vazio (cerca de 90%) o que potencializa a capacidade de retenção da biomassa no interior do reator, produzindo um efluente com baixa turbidez e concentração de SST, e dispensando a necessidade de implantação de decantadores ou outros processos de separação de fases, barateando os custos de implantação e operação.

Neste caso, a alta concentração de sólidos no interior do reator aliada ao controle da aeração possibilita a formação de zonas anóxicas no interior do filtro, possibilitando que a nitrificação e a desnitrificação ocorram simultaneamente. (BEZERRA FILHO e ANDRADE NETO, 2011).

MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema em estudo está localizado no espaço físico da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN – em Natal. Recebe essencialmente esgotos domésticos previamente tratados em um sistema anaeróbio composto por um decanto-digestor prismático retangular com duas câmaras em série, seguido por um pequeno filtro com brita nº4 de fluxo ascendente (Sistema RN), e por um filtro anaeróbio preenchido com peças plásticas.

Os reatores são compostos por dois biofiltros aerados com 4,00 m de comprimento e 0,70 m de largura (Figura 1) e altura média para lâmina de esgoto 1,20 m, perfazendo um volume útil de 3,36 m³.

No interior de cada filtro foi introduzido verticalmente um tubo de PVC perfurado com objetivo de verificar a concentração de OD ao longo da coluna d'água.

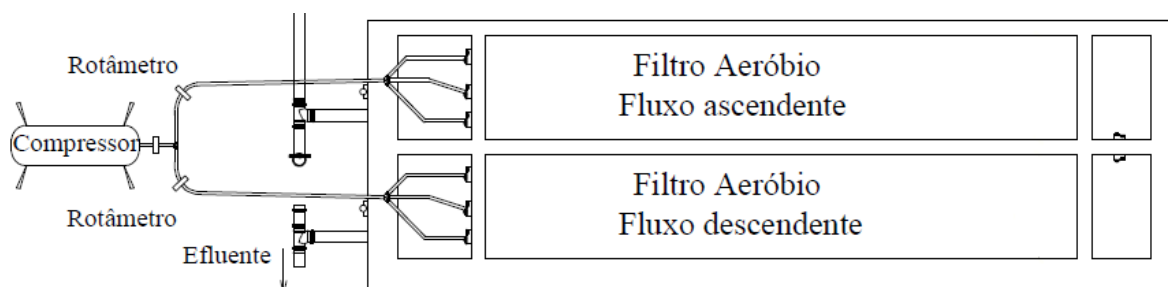


Figura 1: Planta baixa dos filtros utilizados na pesquisa

Os filtros foram preenchidos com eletroduto corrugado cortado com comprimento médio de aproximadamente 3,00 cm, superfície específica no reator de 286 m².m⁻³, e índice de vazios de 90%.

Estas características favorecem o desenvolvimento do biofilme e a retenção do lodo no interior do reator, sem, no entanto, apresentar perdas de cargas significativas ou caminhos preferenciais.

Além disso, o índice elevado de vazios, somado com a aeração direta do lodo, proporciona um longo tempo de retenção celular, permitindo que a biomassa entre na fase endógena, consumindo o lodo retido. Isto aumenta a capacidade de retenção de lodo do reator e dispensa a necessidade de remoções periódicas de lodo e de decantador secundário.

A aeração utilizada nesta pesquisa foi de 0,10 m³/min no primeiro filtro e 0,05 m³/min no segundo filtro. A vazão de esgoto foi de 10 m³/dia.

Foram realizadas 12 coletas de amostras para análises entre setembro e dezembro de 2012.

RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta os resultados médios dos parâmetros analisados nos seguintes pontos de amostragem: ANA: efluente anaeróbio. AER1: efluente do primeiro filtro aeróbio. AER2: efluente do segundo filtro anaeróbio e efluente final do sistema.

Quadro 1: Resultados médios dos parâmetros analisados.

Ponto	Temp. (°C)	DQO (mg/L)	N. Amoniacal (mg/L)	N. Orgânico (mg/L)	N-NO ₂ (mg/L)	N-NO ₃ (mg/L)	OD (mg/L)	pH	Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	Turbidez (UT)	SST (mg/L)
ANA	29	118	99	4,0	0,0	0,8	0,0	6,7	539,6	44,2	15,6
AER 1	29	77	38	2,1	1,4	12,7	2,3	6,8	209,3	1,2	7,0
AER 2	29	54	19	1,7	2,1	24,7	4,0	6,3	70,6	0,7	2,3

Os valores médios observados para o nitrogênio orgânico estão dentro do esperado, uma vez que o afluente ao sistema estudado já passou por um processo anaeróbio de tratamento.

Analisando a concentração média de nitrito observa-se um acúmulo além do esperado. Duas explicações podem ser colocadas: insuficiência de oxigênio para atender a demanda nitrogenada ou maior tempo para aclimação das bactérias nitrificantes. No caso, a segunda colocação parece mais coerente, já que, analisando o banco de dados observa-se que após um mês de coleta os valores de nitrito começam a cair, chegando ao final da pesquisa em valores inferiores a 0,2 mg/L.

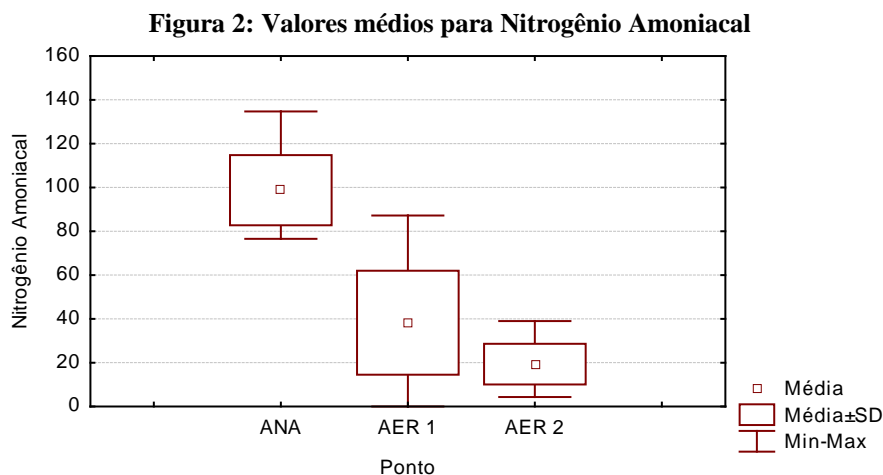
Uma das características mais importantes dos filtros estudados pode ser observada analisando os valores médios de Turbidez e SST. Estes resultados mostram a grande capacidade dos filtros em reter os sólidos no interior dos interstícios, aumentando o tempo de retenção celular e permitindo que a biomassa entre na fase de respiração endógena, consumindo o lodo retido, desta forma, dispensando uma etapa seguinte para separação de fases.

A eficiência média na remoção da turbidez foi de 98%, reduzindo de 44,2 UT no afluente para 0,7 UT no efluente final. Para SST, a eficiência foi de 85%.

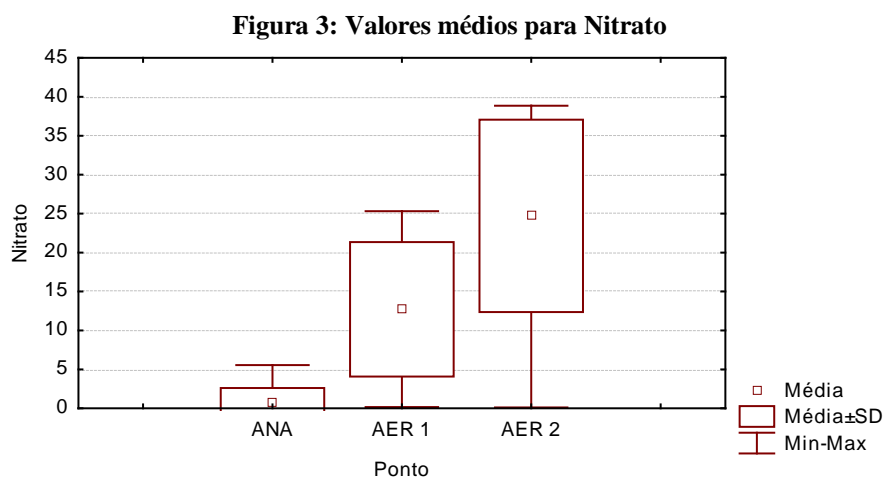
A literatura sobre nitrificação e desnitrificação simultâneas em biofiltros aerados submersos ainda é escassa, especialmente quando se trata de concentrações limite de oxigênio dissolvido. Comparando com os níveis de OD em lodos ativados projetados para SND, percebe-se que os valores médios de 2,3 e 4,0 mg/L nos filtros estudados estão muito acima do intervalo recomendado. É o que mostra o estudo desenvolvido por Bueno (2011), que apontou um intervalo ótimo entre 0,3 a 0,8 mg/L. Contudo, pela grande capacidade de acúmulo de biomassa no interior do sistema em estudo, acredita-se que concentrações mais elevadas de OD não interviram no processo de desnitrificação. É o que se observa analisando o trabalho desenvolvido por Gong, et. al (2012) que trabalharam para atingir a nitrificação e desnitrificação simultâneas em esgoto doméstico, utilizando MBBR

com longo tempo de retenção de lodo, e apontam como nível máximo, antes que ocorra a inibição da desnitrificação, o intervalo de 2 a 4 mg/L.

A Figura 2 apresenta graficamente a remoção do nitrogênio amoniacal. Pela sua análise aliada ao Quadro 1, observa-se que, conforme esperado, parte do nitrogênio amoniacal foi removido durante a passagem pelos filtros aerados, que apresentaram eficiência de 80% na remoção deste composto. Contudo, o valor médio final de 19,6 mg/L ainda pode ser reduzido.



Pela análise da Figura 3, em conjunto com o Quadro 1, nota-se que houve um incremento considerável na concentração média de nitrato, inversamente proporcional ao decaimento observado no nitrogênio amoniacal. Nota-se também, que o primeiro filtro aerado não foi suficientemente capaz de atender toda demanda nitrogenada, sendo necessário o segundo filtro aerado para complementar a nitrificação.



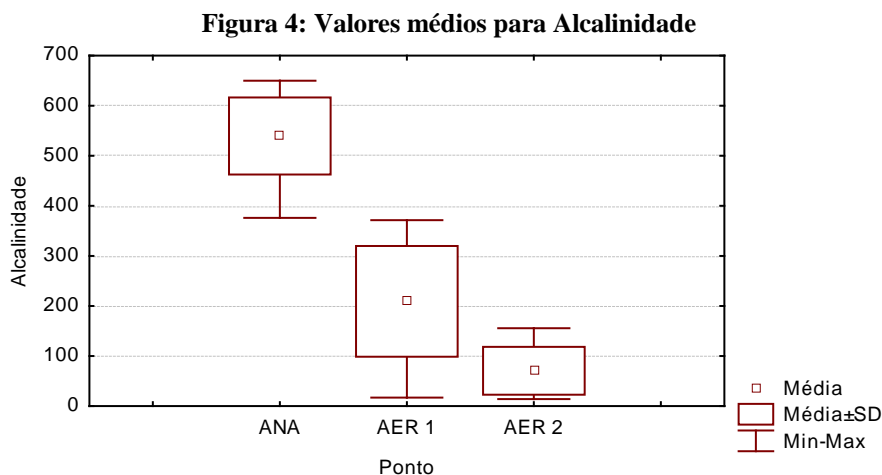
Somando-se a concentração média das formas nitrogenadas na entrada do sistema obtém-se o valor de 103,5 mg/L (Nitrogênio orgânico + Nitrogênio amoniacal + N-NO₂ + N-NO₃), já na saída esta soma equivale a 47,9 mg/L, o que implica em uma redução de 54% na concentração média destes compostos.

Uma parte pode ter sido removida pela volatilização da amônia, principalmente provocada pela aeração nos filtros, outra parte pode ter ficado retida na forma de biomassa (esta hipótese é menos provável para explicar essa redução, uma vez que não há remoção de lodo do sistema).

A hipótese mais provável é que a dificuldade de penetração do oxigênio no interior do biofilme e/ou sua distribuição desigual dentro do reator pode ter ocasionado zonas anaeróbias em seu interior, propiciando condições para que os processos de nitrificação e desnitrificação ocorressem. Além disso, a grande acúmulo de

lodo no interior os interstícios pode dificultar a penetração do oxigênio até o interior do floco, provocando uma zona aeróbia na superfície e uma zona anóxica no centro.

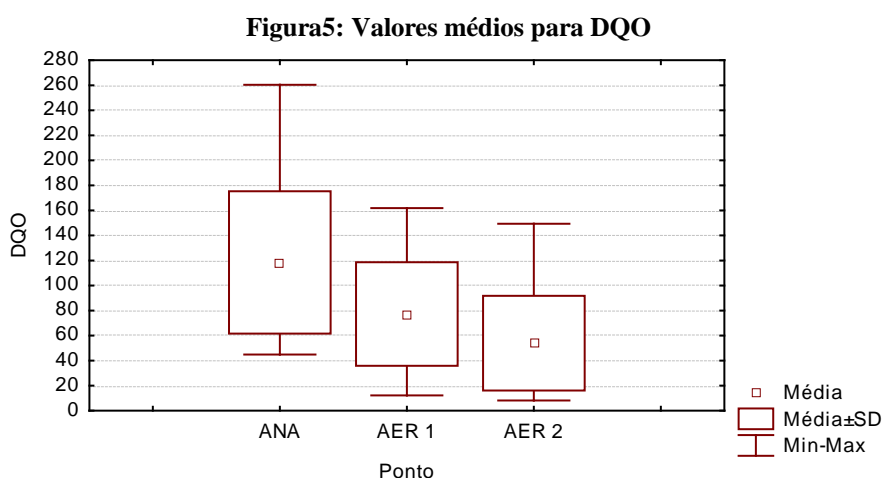
A Figura 4 mostra o consumo e reposição de alcalinidade durante o processo de nitrificação e desnitrificação.



A alcalinidade média no afluente foi de 539,6 mg CaCO₃/L, já no efluente final essa média correspondeu a 70,6 mg CaCO₃/L, o que significa que foram consumidas em média 469,0 mg CaCO₃/L. Este consumo ocorreu pela nitrificação de 79,4 mg/L de amônia. Contudo, é importante salientar que dos 79,4 mg/L de amônia removida, 24,7mg/L foi oxidada até nitrato e 54,7 foi, teoricamente, oxidada até nitrato e reduzida até nitrogênio elementar. Como a desnitrificação devolve ao meio aproximadamente a metade da alcalinidade utilizada na nitrificação, tem-se que: os 70,6 mg CaCO₃/L corresponde a alcalinidade afluente menos a alcalinidade utilizada na nitrificação mais a alcalinidade fornecida pela desnitrificação

Pela análise da DQO apresentada na Figura 5 e no Quadro 1, é possível constatar que o sistema mostrou-se bastante eficiente na sua remoção. A DQO média afluente ao sistema foi de 118 mg/L e a do efluente final foi de 54 mg/L, desta forma, o sistema apresentou uma eficiência de 54% . Levando em conta que este esgoto já passou por tratamento anaeróbio bastante eficiente, este valor torna-se expressivo.

Esta boa eficiência apresentada pelo sistema pode ter sido uma das causas da desnitrificação não tenha sido mais eficiente, uma vez que, aDQO pode ter sido insuficiente para suprir a demanda carbonácea das bactérias desnitrificantes.



CONCLUSÕES

O Sistema apresentou resultados que comprovam a ocorrência dos processos de nitrificação e desnitrificação simultâneas, mesmo que limitada. A limitação ocorreu provavelmente devido à insuficiência de oxigênio dissolvido que limitou a nitrificação e/ou baixa concentração de carbono para suprir a necessidade das bactérias desnitrificantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, R. F.; ANDRADE NETO, C. O.; DELGADO, T. C.; SILVA, H. N.; MEDEIROS, I. B. A. Uso de filtros aerados rudimentares para oxidação de nitrogênio amoniacal contido em efluentes de reatores anaeróbios. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Rio de Janeiro, ABES. 2009
2. BEZERRA FILHO, W. F., ANDRADE NETO, C. O; Avaliação da remoção de compostos nitrogenados utilizando filtros aerados submersos como pós-tratamento de um sistema anaeróbio. *Águas&Resíduos.* , v.16, p.26 - 35, 2011.
3. BUENO, R. F.; Nitrificação e desnitrificação simultânea em reator com biomassa em suspensão e fluxo contínuo de esgoto. São Paulo, 2011. Dissertação de mestrado-Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2011.
4. CHIU, Y. C.; LEE, L. L.; CHANG, C. N.; CHAO, A. C.; Control of carbon and ammonium ratio for simultaneous nitrification and denitrification in a sequencing batch bioreactor. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 59, 1-7. 2007.
5. GUPTA, A. B.; *Thiosphaera pantotropha*: a sulphur bacterium capable of simultaneous heterotrophic nitrification and aerobic denitrification. *Enzyme and Technology*, 21, pp. 589-595, 1997.
6. MEYER, R. L.; ZENG, R. J.; GIUGLIANO, V.; BLACKALL, L. L. Challenges for simultaneous nitrification, denitrification, and phosphorus removal in microbial aggregates: mass transfer limitation and nitrous oxide production. *FEMS microbiology ecology*, v. 52, n. 3, p. 329-38, 1 maio 2005.
7. PATUREAU, D.; BERNET, N.; DELGENÈS, J. P.; MOLETTA, R.; Effect of dissolved oxygen and carbon-nitrogen loads on denitrification by an aerobic consortium. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 54, pp. 535-542. 2000.
8. VAN HAANDEL, A; KATO, M; VON SPERLING, M. Remoção biológica de nitrogênio: aplicações para sistema de lodos ativados. In: MOTA, S. B.; VON SPERLING, M (org). *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. ABES, 2009.
9. VON SPERLING, M.; ANDRADE NETO, C. O; VOLSHAM JR, I.; FLORÊNCIO, L. Impacto dos nutrientes do esgoto lançado em corpos de água. In: MOTA, S. B.; VON SPERLING, M (org). *Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção*. ABES, 2009.
10. GONG, L.; JUN, L.; YANG, Q.; Wang, S.; Ma, B.; Peng, Y.; Biomass characteristics and simultaneous nitrification-denitrification under long sludge retention time in an integrated reactor treating rural domestic sewage. *Bioresource technology*, v. 119, p. 277-84, set 2012.