

TRATAMENTO DE EFLUENTE DE ABATE DE AVES EM REATOR CONTÍNUO DE BIOFILME AERADO EM MEMBRANA OPERADO COM TRH DE 24H

TATIANE M. ASSIS¹, LUIZ FELIPE G. FERREIRA², JULIA E. MARTINS³, ARUANI L. S. TOMOTO⁴, ANA PAULA T. LIED⁵, SIMONE D. GOMES⁶

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, (45)991015822, tatiane.assis@unioeste.br

²Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, (45)998575050, luhyz123@hotmail.com

³Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, (45)991111733, julia.martins2@unioeste.br

⁴Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, (44)998506729, arutomoto@gmail.com

⁵Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, (43)999830109, anapaullatrevisan@gmail.com

⁶Professora adjunta, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, (45)32207413, simone.gomes@unioeste.br

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO:

O presente trabalho apresenta os resultados do tratamento do efluente de abatedouro e frigorífico de aves tratado em reator do tipo MABR (reator de biofilme aerado em membrana) com Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) de 24h, visando verificar o tempo de adaptação dos microrganismos Anammox ao efluente real de abate avícola, foram realizados 30 dias de alimentação do reator, 10 dias de adaptação e 20 dias de coleta diária de amostras. O reator possuiu formato cilíndrico com 35cm de altura e 9,2cm de diâmetro interno, com volume útil de 2,2L, confeccionado em acrílico, imerso em um tubo de 80 cm de comprimento e 50cm de largura (camisa de água) na temperatura de 32°C, dentro do reator existia uma membrana de silicone com 2,80m de comprimento, 7mm de diâmetro externo e 5mm de diâmetro interno, acoplado a um aerador com fluxômetro regulado com vazão de ar de 1,0L.min⁻¹, a saída membrana de silicone foi imersa em uma coluna de água de 75 cm, exercendo pressão negativa para obrigar o ar a sair pela porosidade da membrana. O aparato experimental também contou com um controlador de pH regulado para manter o pH no interior do reator entre 7,5 e 8,5; dois aquecedores com termostato para aquecimento da água na camisa do reator; duas bombas peristálticas, uma para alimentação e outra para recirculação da fase líquida na razão 1:1. As análises foram realizadas em duplicata. Os resultados demonstram durante o experimento houve sinergia entre bactérias nitrificantes, Anammox e amonificantes, visto que durante as bateladas constatou-se conversão do nitrogênio total em nitrogênio amoniacal que é o substrato para o processo NP/A (Nitritação Parcial/Anammox). A partir de 8 dias de operação o reator apresentou eficiência de remoção de nitrogênio superior a 90%, permanecendo com esse índice até o final do experimento.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente de abatedouro, remoção de nitrogênio, Anammox.

TREATMENT OF POULTRY SLAUGHTER EFFLUENT IN CONTINUOUS FLOW AERED MEMBRANE BIOFILM REACTOR OPERATED WITH HRT OF 24H

ABSTRACT:

The present work presents the results of the treatment of effluent from poultry slaughterhouse and refrigerator treated in a MABR (membrane aerated biofilm reactor) reactor with a

Hydraulic Retention Time (HRT) of 24h, aiming to verify the adaptation time of Anammox microorganisms to the real effluent of slaughtering were carried out for 30 days of reactor feeding, 10 days of adaptation and 20 days of daily sample collection were performed. The reactor has a cylindrical shape, 35cm high and 9.2cm internal diameter, with a useful volume of 2,200L, made of acrylic, immersed in a tube 80cm long and 50cm wide (water jacket) at a temperature of 32°C, inside the reactor there was a silicon membrane with 2.80m in length, 7mm in external diameter and 5mm in internal diameter, coupled to an aerator with a regulated flowmeter with an air flow of 1.0L.min⁻¹, and the membrane outlet silicon was immersed in a 75 cm water column; exerting negative pressure to force air out through the porosity of the membrane. The experimental apparatus also had a pH controller regulated to maintain the pH inside the reactor between 7.5 and 8.5; two heaters with thermostat for heating water in the reactor jacket; two peristaltic pumps, one for feeding and one for recirculating the liquid phase in the ratio 1:1. Analyzes were performed in duplicate. The results demonstrate during the experiment there was synergy between nitrifying bacteria, Anammox and ammonifying bacteria, since during the batches it was found conversion of total nitrogen into ammoniacal nitrogen, which is substrate for the NP/A process (Partial Nitritation/Anammox). After 8 days of operation, the reactor showed nitrogen removal efficiency higher than 90%, remaining with this index until the end of the experiment.

KEYWORDS: Slaughterhouse wastewater, nitrogen removal, Anammox.

INTRODUÇÃO:

O mercado avícola apresenta notável importância econômica, crescendo 4,5% no ano de 2020, em comparação ao ano anterior, fechando com um volume total de 13,845 milhões de toneladas de frango produzido e comercializado segundo Associação Brasileira de Proteína Animal - ABPA (2020). O CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia, reforçam a importância desse mercado trazendo dados mais recentes, de maio de 2021, onde foram exportados no referido mês 382,3 mil toneladas de carne de frango a um preço de US\$ 1,55 (dólares) por quilo de ave viva, o CEPEA ainda comenta que houve expansão do mercado em 5,6% em relação ao mês de abril/2021.

Diante da valorização econômica e expansão crescente do mercado se justificam estudos no tratamento de efluentes de abatedouros e frigoríficos avícolas especialmente em otimização de processos, visto que o volume de água consumida no processo e o espaço físico ocupado por lagoas de estabilização, sistema tradicionalmente usado nas plantas de tratamento dos abatedouros, é grande e por vezes pode comprometer a capacidade suporte das bacias hidrográficas onde estão inseridas essas indústrias.

A problemática principal do efluente de abate avícola é em relação ao nutriente nitrogênio, que quando disposto na natureza fora dos padrões de lançamento, pode provocar problemas ambientais como a eutrofização de corpos hídricos que leva a morte de peixes, e doenças cardíacas e respiratórias como a Tetralogia de Fallot e casos de câncer associados a ingestão de águas contaminadas com nitrito e nitrato (Suzuki, 2013).

Como alternativa otimizada aos sistemas convencionais de remoção nitrogênio destaca-se o processo Anammox, do inglês Anaerobic Ammonium Oxidation/Oxidação Anaeróbia do Ion Amônio, que trata-se da remoção de nitrogênio realizado por bactérias do filo dos Planctomicetos e que vivendo em simbiose com bactérias que oxidam amônio a nitrito, conseguem em condições anaeróbias transformar amônio e nitrito usando a relação de 1:1,32 entre os dois substratos, transforma-los diretamente a forma de N₂ (Mulder et al., 1995; Strous, et al., 1999).

Visando promover a remoção de nitrogênio via Anammox de efluente de abate de aves em reator operado no sistema NP/A (Nitritação Parcial e Anammox no mesmo reator), esse trabalho, usou para tal simbiose de bactérias nitritantes e Anammox da espécie *Candidatus 'Anammoxoglobus propionicus'*, o reator MABR contínuo (Augusto, et al., 2018), que apresenta como diferencial a dispersão de oxigênio dentro do reator através de membrana de silicone microporosa que permite baixa oxigenação do reator, promovendo um ambiente anóxico em torna da membrana, onde se fixam bactérias nitritantes formando um biofilme bacteriano, responsável pelo processo de nitritação parcial, e no meio líquido estão em suspensão as bactérias Anammox provendo a remoção final do nitrogênio, o TRH do estudo foi de 24h.

MATERIAL E MÉTODOS:

O experimento foi conduzido no Laboratório de Reatores Biológicos e as análises realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE/Campus Cascavel-PR. A coleta de efluente de abate de aves foi realizada na saída da lagoa anaeróbia da planta de tratamento de efluentes de frigorífico e abatedouro avícola localizado na região Oeste do Paraná.

Para caracterizar o efluente de abatedouro de aves utilizado na pesquisa e acompanhar o comportamento do reator durante o experimento foram realizadas as análises físico-químicas, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros avaliados na caracterização do efluente e atividade ANAMMOX durante o experimento. **Parameters evaluated in the effluent characterization and ANAMMOX activity during the experiment.**

Parâmetro	Unidade de medida	Método Analítico*
Nitrogênio Total de Kjeldahl (NTK)	mg L ⁻¹	Titulométrico
Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₄ ⁺)	mg L ⁻¹	4500-NH ₃ F – Colorimétrico
Nitrato(N-NO ₃ ⁻)	mg L ⁻¹	Análise por Injeção em Fluxo (FIA)
Nitrito(N-NO ₂ ⁻)	mg L ⁻¹	Análise por Injeção em Fluxo (FIA)
pH	–	Potenciométrico
Alcalinidade total (AT)	mgCaCO ₃ L ⁻¹	2320 B – Titulométrico
Sólidos Totais (ST)	mg L ⁻¹	2540B – Gravimétrico
Sólidos Voláteis (SV)	mg L ⁻¹	2540B – Gravimétrico
Sólidos Fixos (SF)	mg L ⁻¹	2540B – Gravimétrico
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg.L ⁻¹	Potenciométrico

Fonte: *AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA (2005).

O experimento teve duração de 30 dias, sendo os primeiros 10 dias tempo de adaptação e os últimos 20 dias foram coletadas amostras diariamente e as análises realizadas em duplicata. O reator operou com TRH de 24 horas.

O aparato experimental do reator (Figura 1), foi composto de: Um reator cilíndrico de 35cm de altura e 9,2cm de diâmetro interno, com volume útil de 2,200L, confeccionado em acrílico, imerso em um tubo de 80 cm de comprimento e 50cm de largura (camisa de água) na temperatura de 32°C, dentro do reator existia uma membrana de silicone com 2,80m de comprimento, 7mm de diâmetro externo e 5mm de diâmetro interno, acoplado a um aerador com fluxômetro regulado com vazão de ar de 1,0L.min⁻¹, e a saída membrana de silicone foi imersa em uma coluna de água de 75 cm com o objetivo de fazer pressão negativa obrigando

o ar a sair pela porosidade do reator; um controlador de pH; dois aquecedores com termostato para aquecimento da água na camisa do reator; duas bombas peristálticas, uma para alimentação e outra para recirculação da fase líquida. O reator MABR possui recirculação da fase líquida a uma taxa de 100%.

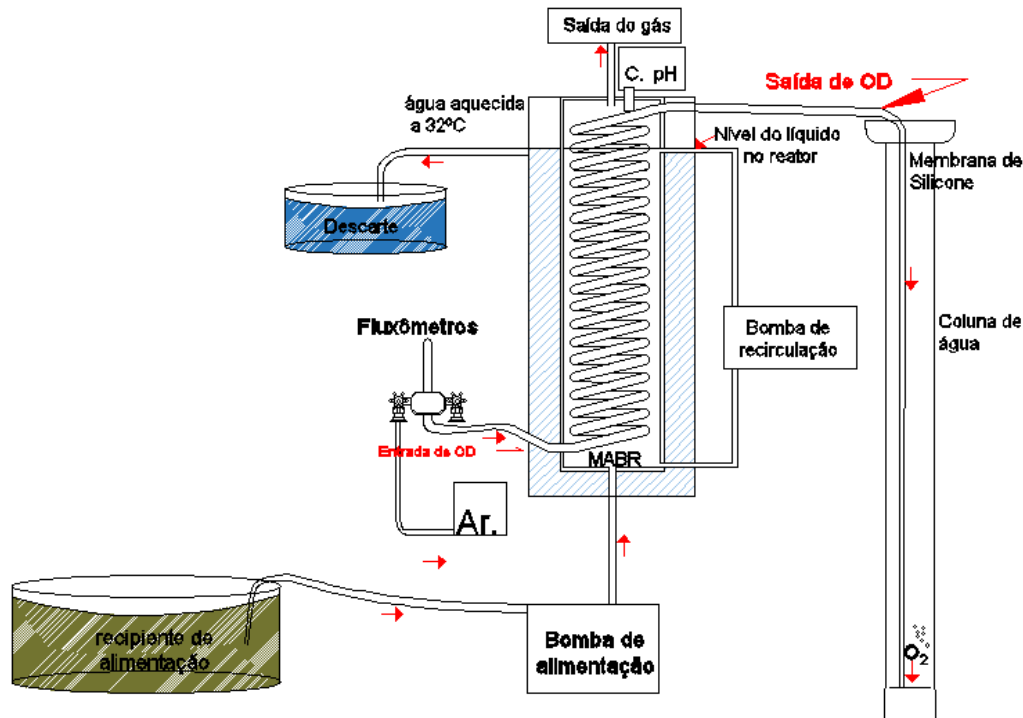


FIGURA 1. Esquema do aparato experimental do reator MABR com alimentação contínua.

Os coeficientes estequiométricos do processo de Nitritação Parcial ocorrendo conjuntamente ao processo Anammox estão descritos nas equações de 01 a 06 (Third et al, 2005) e foram utilizados para comparar os coeficientes práticos com os valores teóricos da literatura.

$$\text{Coeficiente } \text{NO}_2^- = \frac{\text{NO}_2^- \text{ saída} - \text{NO}_2^- \text{ entrada}}{\text{NH}_3 \text{ entrada} - \text{NH}_3 \text{ saída}} \quad (1)$$

$$\text{Coeficiente } \text{NO}_3^- = \frac{\text{NO}_3^- \text{ saída} - \text{NO}_3^- \text{ entrada}}{\text{NH}_3 \text{ entrada} - \text{NH}_3 \text{ saída}} \quad (2)$$

$$\text{Coeficiente } \text{H}^+ = \left(\frac{\text{Alcalinidade}}{\text{NH}_3 \text{ entrada}} \right) \times \left(\frac{14}{50} \right) \quad (3)$$

$$\text{Coeficiente } \text{N}_2 = \frac{1 - (\text{Coeficiente } \text{NO}_2^- + \text{Coeficiente } \text{NO}_3^-)}{2} \quad (4)$$

$$\text{Coeficiente } \text{H}_2\text{O} = \frac{(4 - \text{Coeficiente } \text{H}^+)}{2} \quad (5)$$

$$\text{Coeficiente } O_2 = \frac{(\text{Coeficiente } NO_3^- \times 3) + (\text{Coeficiente } NO_2^- \times 2) + (\text{Coeficiente } H_2O)}{2} \quad (6)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A caracterização do efluente de abate de aves usado neste experimento é apresentada na Tabela 2.

TABELA 2. Resultados médios da caracterização da água residuária utilizada na alimentação do reator MABR contínuo. **Average results of the wastewater characterization used to feed the continuous MABR reactor.**

Parâmetro	Água residuária de abatedouro avícola
NTK (mg.L ⁻¹)	131,60
N-NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	70,84
pH	7,21
AT (mg.L ⁻¹)	27,50
ST (mg.L ⁻¹)	65,00
SF (mg.L ⁻¹)	10,00
SV (mg.L ⁻¹)	55,00
DQO (mg.L ⁻¹)	136,28
Relação NTK/DQO	0,97

Ressalta-se que como o efluente possui 60,76 mg.L⁻¹ de nitrogênio orgânico no reator, obtido pela diferença entre Nitrogênio Total Kjeldahl e Nitrogênio Amoniacal, visualiza-se nos resultados o fenômeno de amonificação no reator, ou seja, o reator propiciou um ambiente sinérgico também para bactérias que convertem o nitrogênio da forma orgânica para amoniacal, aumentando o substrato para microrganismos Anammox.

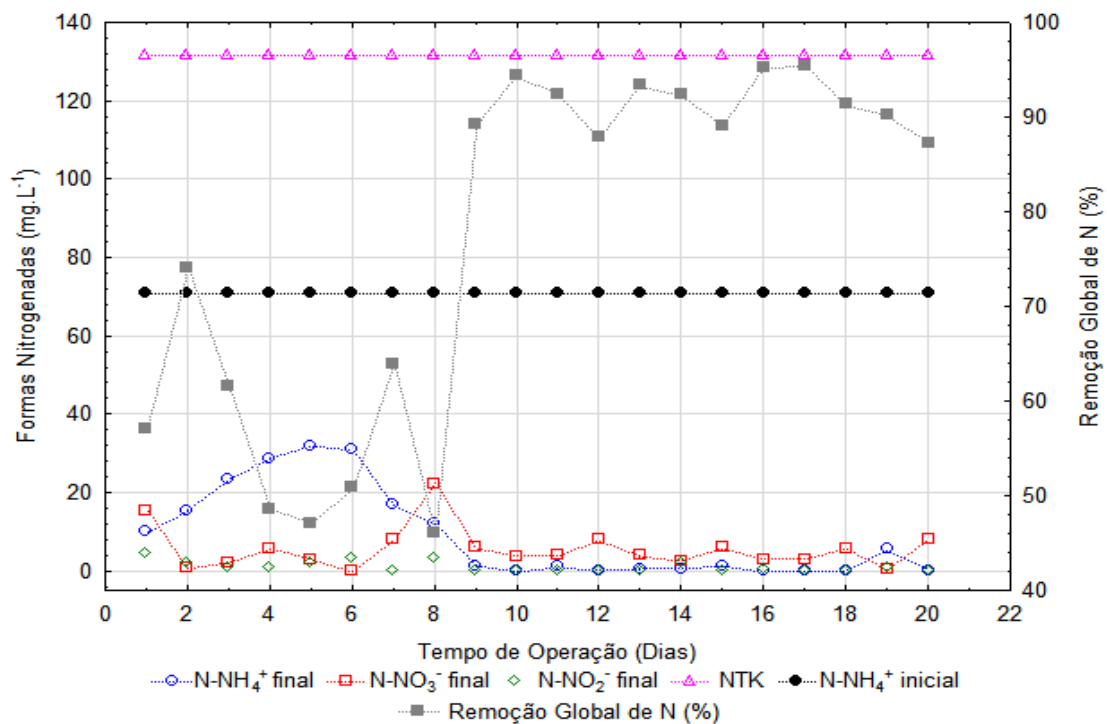
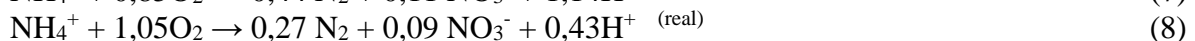
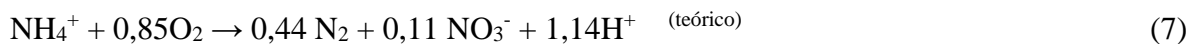


FIGURA 2. Comportamento temporal do reator durante a fase experimental com TRH de 24h.

Ao analisar a Figura 2, nota-se que o reator apresentou comportamento de remoção de nitrogênio satisfatória necessitando apenas 8 dias de operação para atingir remoção de nitrogênio acima de 90%. Augusto et al (2018) corroboraram com os resultados deste trabalho, apresentando resultados similares, porém com efluente sintético e baixa taxa de nitrogênio, a alimentação inicial do referido trabalho foi de 50 mg. L⁻¹.

Um indicativo de atividade Anammox que vem sendo utilizado na literatura (Miao et al., 2016; Chini et al., 2019) é a comparação entre os coeficientes estequiométricos teóricos do processo Anammox calculados por balanço de massa em comparação com os coeficientes estequiométricos obtidos com os dados reais do experimento. Third et al., (2005) Apresentam a equação 1 que descreve o processo NP/A acontecendo em um único reator.

O comparativo entre os coeficientes estequiométricos teóricos e os valores práticos do presente estudo são apresentados nas equações 7 e 8.



A equação 8 apresenta os coeficientes médios estequiométricos da atividade Anammox do presente experimento. O consumo de oxigênio foi levemente superior ao teórico, enquanto a produção de nitrogênio gasoso foi menor com coeficiente prático de 0,27. Do ponto de vista ambiental o resultado prático é positivo pois o coeficiente de nitrato produzido no processo Anammox foi menor do que o valor teórico (0,27 < 0,44).

CONCLUSÕES:

Conclui-se com a execução deste trabalho, que o reator MABR contínuo ao ser alimentado com efluente real de abatedouro e frigorífico de aves apresentou resultados satisfatórios com destaque para rápido processo de estabilização em altos índices de remoção de nitrogênio, superiores a 90% a partir de 8 dias. Demonstrando que tanto o reator MABR contínuo como efluente de abate de aves, apresentam condições que facilitam a via Anammox no tratamento de efluente se mostrando como alternativa viável ao processo convencional de remoção de N em efluente de abate de aves. A baixa geração de nitrato, inferior ao coeficiente teórico da literatura, aponta-se como vantagem do presente estudo.

AGRADECIMENTOS:

À CAPES, CNPq e Fundação Araucária pelo apoio com as bolsas da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, Washington, v. 21, 2005.

Associação Brasileira De Proteína Animal, São Paulo: Relatório Anual 2021. [https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web .pdf](https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf). Acessado em 30 jul 2021.

Augusto, M.R., Camiloti, P.R., Souza, T.S.O. Fast start-up of the single-stage nitrogen removal using ANAMMOX and partial nitrification (SNAP) from conventional activated sludge in a membrane-aerated biofilm reactor. **Bioresource Technology**, v. 266, p.151–157, 2018.

Centro De Estudos E Economia Aplicada – CEPEA. Relatório Mensal de Maio 2021. <https://cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0892926001622839069.pdf> Acessado em 24 Jun 2021.

Chini, A., Bolsan, A.C., Hollas, C. E., Antes, F.G., Fongaro, G., Treichel, H., Kunz, K. Evaluation of deammonification reactor performance and microorganisms community during treatment of digestate from swine sludge CSTR biodigester. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 246, p.19-26, 2019.

Miao, L., Wang, S., Cao, T., Peng, Y., Zhang, M., Liu, Z. Advanced nitrogen removal from landfill leachate via anammox system based on sequencing biofilm batch reactor (SBBR): effective protection of biofilm. **Bioresour. Technol.** 220, 8–16, 2016.

Mulder, A.; Van De Graaf, A. A.; Roberson, L. A.; Kuenem, J. G. Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized reactor. **FEMS Microbiol. Ecol.**, v. 16, p. 177-184, 1995.

Strous, M., Heijnen, J.J., Kuenen, G.J., Jetten, M.M.S. The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms. **Application Microbiology Biotechnology**, v.50, p.589–596, 1998.

Suzuki, E. Nitrato e os efeitos na saúde humana. <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7394/palestra-04-eliana-suzuki.pdf>. Acessado em 30 Jul 2021.

Third, K.A., Paxman, J., Schmid, M., Strous, M., Jetten, M.S.M., Cord-Ruwisch, R. Treatment of nitrogen-rich wastewater using partial nitrification and Anammox in the CANON process. **Water Sci. Technol.** 52 (4), 47–54, 2005.