

# **PARTIDA E OPERAÇÃO DE UM SISTEMA E REATOR PILOTO DE DESAMONIFICAÇÃO TRATANDO DIGESTATOS DA SUINOCULTURA**

**Bruno VENTURIN<sup>1</sup>, Camila Ester HOLLAS<sup>1</sup>, Alice Chiapetti BOLSAN<sup>2</sup>, Heloisa Campeão RODRIGUES<sup>2</sup>, Fabiane Goldschmidt ANTES<sup>3</sup>, Helen TREICHEL<sup>4</sup>, Airton KUNZ<sup>1,3,4</sup>**

1. UNIOESTE, Cascavel – PR – Brasil, [brunoventurin583@gmail.com](mailto:brunoventurin583@gmail.com) - [camila.hollas@gmail.com](mailto:camila.hollas@gmail.com)

2. UTFPR, Dois Vizinhos – PR – Brasil, [alice1bolsan@gmail.com](mailto:alice1bolsan@gmail.com) - [heloisarodrigues@alunos.utfpr.edu.br](mailto:heloisarodrigues@alunos.utfpr.edu.br)

3. EMBRAPA – Suínos e Aves, Concórdia – SC – Brasil, [fabiane.antes@embrapa.br](mailto:fabiane.antes@embrapa.br) - [airton.kunz@embrapa.br](mailto:airton.kunz@embrapa.br)

4. UFFS – Erechim – RS – Brasil, [helen.treichel@uffs.edu.br](mailto:helen.treichel@uffs.edu.br)

## **RESUMO**

A digestão anaeróbia é uma tecnologia comumente empregada para gerenciamento do grande volume de resíduos gerados pela suinocultura, via estabilização da matéria orgânica presente em dejetos suínos, apresentando vantagens devido ao baixo consumo energético geração de biogás e biofertilizante (digestato). O digestato, rico em nutrientes, pode ser utilizado diretamente no solo ou após determinados tratamentos. Por outro lado, a aplicação desordenada do digestato advindo de biodigestores em áreas em que o balanço de nutrientes não é respeitado pode levar ao acúmulo de nutrientes no solo ou ser lixiviado para corpos d'água. A desamonificação, técnica que combina os processos de nitrificação parcial (NP) e anammox (A) destaca-se entre os processos biológicos para remoção autotrófica de nitrogênio. Seguindo este preceito foi desenvolvido um reator com processo NP/A ocorrendo em única fase. Assim sendo, o presente estudo tem o propósito de apresentar o reator NITRAMMOX<sup>®</sup> em escala piloto tratando digestatos da suinocultura e seu sistema de preparo de efluente acoplado. O reator foi inoculado com uma concentração de biomassa anammox de 100 mL L<sup>-1</sup>. As eficiências de remoção de amônia foram em média de 50%, quando os coeficientes estequiométricos calculados estiveram próximos aos citados na literatura, ou seja, após 115 dias.

**Palavras-Chave:** Tratamento de digestato suíno; remoção de nitrogênio; anammox; nitrificação parcial.

## **1. INTRODUÇÃO**

A digestão anaeróbia é um processo biológico que tem potencial para converter carbono orgânico biodegradável em biogás e este em energia elétrica, térmica ou outra (Hollas et al., 2021). Porém, neste caso, o efluente gerado, chamado de digestato, ainda é rico em nitrogênio (N) e somente pode ser descartado no solo até a capacidade limite de absorção deste nutriente. Em muitos casos o produtor não tem área suficiente para a aplicação do digestato suínico no solo devido à sobrecarga de nutrientes, ou seja, o solo já se encontra saturado (do Amaral et al., 2016).

Neste cenário, uma das possibilidades que vêm sendo estudadas como tecnologia alternativa para remoção de nitrogênio e redução do potencial poluidor de digestatos é o processo de desamonificação (Chini et al., 2019). As principais vantagens da desamonificação quando comparada as demais rotas biológicas de remoção de nutrientes são a redução do consumo de energia e alta carga de N removida (Gu et al., 2019; Strous et al., 1998).

Apesar das vantagens apresentadas por tal processo, a baixa taxa de crescimento das bactérias anammox e sua fácil inibição via amônia livre e ácido nítrico, dificultam a implementação do sistema em larga escala. Neste sentido, recentemente desenvolveu-se e validou-se um protótipo de reator de desamonificação denominado NITRAMMOX<sup>®</sup>. Este reator foi concebido para operação em única fase baseando-se nos conceitos de reator *airlift*. Para que seja possível o favorecimento de ambos os grupos microbianos em um reator que opera com injeção de ar contínua. A alimentação de digestato no reator ocorre de maneira ascendente e através da contínua aspersão de bolhas de ar o líquido é movido da base para o topo do reator e retorna de cima para baixo por uma região distinta a de subida.

Diante disto, o objetivo do presente trabalho foi a avaliação do processo de remoção de nitrogênio amoniacal de digestatos suínícolas de biodigestores do tipo *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) em um reator NITRAMMOX® piloto, buscando-se comprovar a eficiência e estabilidade do processo em relação a ampliação de escala e partida com reduzida quantidade de biomassa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O reator piloto foi construído com um volume útil de 143,5 litros, (Figura 1.a) para operar em fase única, com alimentação, recirculação e homogeneização pneumática (via injeção de ar) contínua. O sistema experimental foi instalado na unidade experimental da Embrapa Suínos e Aves (Concórdia, SC-Brasil) e pode ser visto na Figura 1.b).



Fig. 1. a) Desenho do reator piloto. b) Imagem do aparato experimental em operação.

O reator NITRAMMOX® é mantido em temperatura de aproximadamente 35 °C, utilizando a vazão de recirculação que passa por um banho termostático. A aeração contínua é provida por um compressor de ar acoplado a um rotâmetro (Gilmont, GF-9260) com difusão via pedra porosa submersa. A vazão de ar alterna entre 200 e 3000 mL min<sup>-1</sup> em função da oxidação de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Sendo que o ajuste de vazão de ar é feito de forma automática por um sistema autônomo, que toma decisão em função do pH, que é medido em tempo real. Baseando-se em estudos prévios, o reator foi mantido com tempo de retenção hidráulico (TRH) fixo em 6 horas, alimentação e recirculação de efluente controladas a uma vazão de 574 e 1148 L d<sup>-1</sup>, respectivamente.

O reator foi inoculado com biomassa nitrificante (1 L) e anammox (15 L) previamente aclimatadas em biorreatores com efluente sintético (Concórdia, Santa Catarina, Brasil – BRMSA 00323) (VIANCELLI et al., 2011). Para alimentação do reator NITRAMMOX® utiliza-se como substrato digestatos de origem suínícola proveniente de reator UASB com concentrações médias de amônia (N-NH<sub>3</sub>) e carbono orgânico total (COT) de 1500 mg L<sup>-1</sup> e 300 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Este digestato foi diluído a uma concentração de aproximadamente 100 mg L<sup>-1</sup> N-NH<sub>3</sub> de forma contínua.

Nitrogênio amoniacal total (expresso como N-NH<sub>3</sub>), nitrito (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) foram determinados via método colorimétrico em sistema de análise por injeção em fluxo (modelo 2500, Fialab Instruments, Seattle, USA (APHA/AWWA/WEF 2012). A determinação de alcalinidade, expressa em mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, foi determinada via titulação automática (modelo 848 Titrino plus, Metrohm, Herisau, Switzerland). Os coeficientes estequiométricos foram calculados de acordo com Bonassa et al. (2022), baseando-se nas concentrações das espécies nitrogenadas e alcalinidade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O reator de desamonificação está sendo mantido em operação durante aproximadamente 145 dias sem interrupção. Com uma carga média de  $0,44 \pm 0,15 \text{ kgN m}^{-3}_{\text{reator}} \text{ d}^{-1}$  (aproximadamente  $100 \pm 36 \text{ mg L}^{-1}$  de N-NH<sub>3</sub>). O desempenho do reator durante a partida e condução do processo de desamonificação é mostrado na Figura 2.

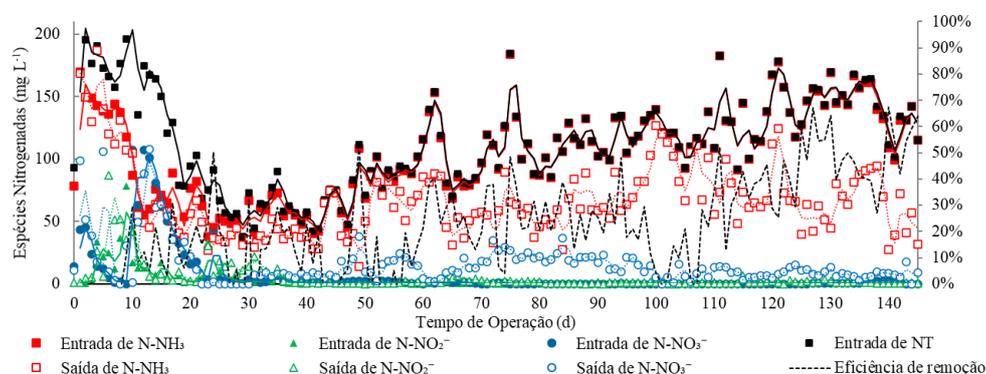


Fig. 2. Acompanhamento das concentrações das espécies de nitrogênio no reator NITRAMMOX<sup>®</sup> e da eficiência de remoção de nitrogênio total.

Os coeficientes estequiométricos das espécies químicas envolvidas no processo de desamonificação no reator NITRAMMOX<sup>®</sup> foram calculados para certificar-se da similaridade com os coeficientes teóricos citados na literatura. Tais valores estão mostrados na Figura 3.

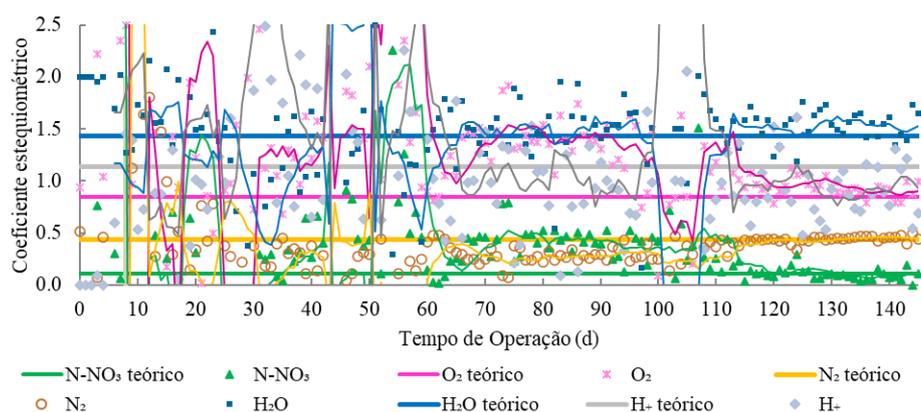


Fig. 3. Coeficientes estequiométricos teóricos comparados aos coeficientes calculados.

A partir do dia 115 de operação pode-se observar que o processo estava estabelecido e os coeficientes estequiométricos estavam coerentes aos citados na literatura (Chini et al., 2019). Até aproximadamente o dia 60, o sistema passou por uma série de problemas hidráulicos, os quais acarretaram grande instabilidade na remoção de nitrogênio (baixa eficiência) e um enorme desvio dos coeficientes estequiométricos. Além, é claro, do processo de aclimação dos microrganismos que agora devem conviver em consórcio (nitrificantes e anamox). Tal instabilidade observada é bastante comum após as mudanças de carga e partida de reatores, devido à baixa taxa de duplicação das bactérias anamox (Yang et al., 2019; Chini et al., 2019). Os autores acreditam que quantidades maiores de biomassa inoculadas na partida dos reatores, também possam diminuir o tempo de partida, neste trabalho utilizou-se apenas 11% do volume do reator.

No estudo de Iannacone et al. (2019) o processo de nitrificação/desnitrificação operou com cargas de nitrogênio de 0,03 a 0,06 kgN m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup>. Em trabalhos usando processo de nitrificação/desnitrificação, a máxima carga de nitrogênio aplicada ao processo em que foi possível obter eficiência de remoção satisfatória foi de 0,35 ± 0,06 kgN m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup>, para um reator em escala de bancada (Hollas et al., 2019). A carga alimentada no reator NITRAMMOX<sup>®</sup> também foi bastante superior ao processo em biorreator do tipo EGSB (0,01 kgN m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup>) (Xiang & Gao 2019) e a biorreatores com membrana (Yang et al., 2019), evidenciando-se as vantagens da aplicação do mesmo em processos de remoção de N. Chini et al. (2019) utilizando digestatos de origem suínica em reatores do tipo EGSB obteve eficiências de remoção de nitrogênio superiores a 70% operando com cargas de aproximadamente 1,2 kgN m<sup>-3</sup> reator d<sup>-1</sup>.

#### 4. CONCLUSÕES

O reator NITRAMMOX® comprovou ser uma tecnologia promissora para a remoção de compostos nitrogenados de digestatos suínolas, com características bastante estáveis e robustas para trabalhar com cargas de nitrogênio amoniacal superiores aos processos biológicos convencionais e aos demais tipos de biorreatores descritos na literatura. As eficiências de remoção de amônia foram em média de 50%, quando os coeficientes estequiométricos calculados estavam próximos aos citados na literatura, ou seja, após dia 115. O que pode ser considerado o período de partida do reator.

#### AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPq e Kemia - Tratamento de Efluentes.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA/AWWA/WEF (2012) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Standard Methods, 541
- Bonassa G, Bolsan AC, Venturin B, De Prá MC, Antes FG, Hollas CE, Johann, G, Coldebella A, Kunz A (2021) A new kinetic model to predict substrate inhibition and better efficiency in an airlift reactor on deammonification process. *Bioresource Technology*. 2021, 319, 124158
- Bonassa G, Venturin B, Bolsan, AC, Hollas CE, Candido D, Rodrigues HC, Cantão ME, Ibelli AMG, de Prá MC, Antes FG, Kunz A (2022) Performance and microbial features of Anammox in a single-phase reactor under progressive nitrogen loading rates for wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2022, 10, 107028
- do Amaral, AC, Kunz A, Steinmetz RLR, Scussiato LA, Tápparo DC, Gaspareto TC (2016) Influence of solid-liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. *Journal of Environmental Management*. 2016, 168, 229–235
- Chini A, Bolsan AC, Hollas CE, Antes FG, Fongaro G, Treichel H, Kunz A (2019) Evaluation of deammonification reactor performance and microorganisms community during treatment of digestate from swine sludge CSTR bioreactor. *Journal of Environmental Management*. 2019, 246, 19–26,
- Gu J, Zhang M, Wang S, Liu Y (2019) Integrated upflow anaerobic fixed-bed and single-stage step-feed process for mainstream deammonification: A step further towards sustainable municipal wastewater reclamation. *Science of The Total Environment*. 2019, 678, 559–564
- Hollas CE, Bolsan AC, Chini A, Venturin B, Bonassa G, Cândido D, Antes FG, Steinmetz RLR, Prado NV, Kunz A (2021) Effects of swine manure storage time on solid-liquid separation and biogas production: A life-cycle assessment approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021, 150, 111472
- Hollas CE, Chini A, Antes FG, do Prado NV, Bortoli M, Kunz A (2019) Modified Ludzack–Ettinger system role in efficient nitrogen removal from swine manure under high total suspended solids concentration. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2019
- Iannacone F, Di Capua F, Granata F, Gargano R, Pirozzi F, Esposito G (2019) Effect of carbon-to-nitrogen ratio on simultaneous nitrification denitrification and phosphorus removal in a microaerobic moving bed biofilm reactor. *Journal of Environmental Management*. 2019, 250, 109518
- Strous M, Heijnen JJ, Kuenen JG, Jetten MSM (1998) The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1998, 50, 589–596
- Viancelli A, Kunz A, Esteves PA, Bauermann FV, Furukawa K, Fujii T, Antônio RV, Vanotti M (2011) Bacterial biodiversity from an anaerobic up flow bioreactor with ANAMMOX activity inoculated with swine sludge. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2011, 54, 1035–1041
- Xiang T, Gao D (2019) Comparing two hydrazine addition strategies to stabilize mainstream deammonification: Performance and microbial community analysis. *Bioresource Technology*. 2019, 289, 121710
- Yang Y, Li Y, Gu Z, Lu F, Xia S, Hermanowicz S (2019) Quick start-up and stable operation of a one-stage deammonification reactor with a low quantity of AOB and ANAMMOX biomass. *Science of The Total Environment*. 2019, 654, 933–941