

**SISTEMA BIOLÓGICO DE TRATAMENTO PARA EFLUENTE DE BIODIGESTOR TRATANDO
DEJETOS DE SUINOCULTURA
ARIOVALDO JOSÉ DA SILVA¹, CAMILLA SANTOS BICALHO²**

¹Professor Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Avenida Candido Rondon, 501, Barão Geraldo, CEP 13503-875, Campinas-SP, Fone: (0XX19-35211025), ariovaldo.silva@feagri.unicamp.br

²Mestre em Eng. Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, camillabicalho@gmail.com

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: As águas residuárias de suinocultura apresentam elevadas concentrações de nitrogênio, orgânico e amoniacal, e também de carga orgânica. Sendo altamente poluente e carente de soluções para enquadramento aos padrões de lançamento em corpos hídricos, tecnologias promissoras são estudadas para remoção satisfatória de compostos nitrogenados, alternativa ao uso de biodigestores, amplamente utilizados por suinocultores para tratar esse tipo de efluente. Uma das opções para reduzir essa alta carga de nitrogênio é utilizar o processo de nitrificação parcial combinado com digestão anaeróbia e oxidação anaeróbia da amônia, o Anammox. O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade do efluente sintético de suinocultura, em termos de remoção de nitrogênio, sólidos e matéria orgânica, tratado pelo sistema combinado de digestão anaeróbia, nitrificação parcial e Anammox. O experimento foi desenvolvido em escala de laboratório e os reatores foram alimentados pelo efluente sintético de suinocultura e inoculados com lodo de UASB (A) e bactérias enriquecidas (B e C). O sistema não apresentou remoção global de nitrogênio amoniacal, porém obteve remoção de 12% de nitrogênio total Kjeldhal. O NMP – número mais provável demonstrou a predominância da nitrificação completa sobre a parcial. Em relação à remoção de matéria orgânica a eficiência do sistema foi de 54% em termos de sólidos suspensos voláteis.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestão, Nitrificação, Desnitrificação.

**BIOLOGICAL TREATMENT SYSTEM TO BIO-DIGESTOR EFFLUENT TREATING
SWINE MANURE**

ABSTRACT: The wastewater from pig farming features a high concentration of nitrogen, organic and ammoniac nitrogen and high organic load. Due to need of solutions for framing these wastes highly pollutant according to emissions standards, several technologies are studied for satisfactory removal of nitrogenous compounds, as alternative or complementing to use of bio-digesters, technology that is widely used by pig farmers to treat this type of effluent. One of the options to reduce this high load nitrogen is to use the partial nitrification process combined with anaerobic digestion and anaerobic ammonia oxidation, the Anammox process. The objective of this work was to evaluate the quality of swine manure synthetic in terms of nitrogen removal, solids and organic matter, after treatment by anaerobic digestion system, partial nitrification and Anammox combined. The experiment was developed in laboratory scale and the reactors were inoculated with UASB (A) sludge and bacteria enriched (B and C). The system was not efficient in global ammoniacal nitrogen removal, however we observed removal of 12% in total nitrogen Kjeldahl. The NMP – most probable number demonstrated the predominance of complete nitrification on the partial. In relation to organic matter the removal system efficiency was 54% in terms of volatile suspended solids.

KEYWORDS: Biodigestion, Nitrification, Denitrification

INTRODUÇÃO: A atividade pecuária tem grande importância econômica no país, principalmente quando se trata da produção de carne suína. No Brasil a produção de suíno é crescente, forçando os produtores e as entidades fiscalizadoras a tomarem decisões quanto às questões ambientais decorrentes dessa produção. Um dos impactos mais significativos é a poluição por excesso de nutrientes, como o nitrogênio, que é eliminado de 40 a 60% do que é consumido nos excrementos (PERDOMO et al., 2001), intensificando a preocupação de controle e tratamento de efluentes. A concentração de nitrogênio do efluente de suinocultura pode atingir valores máximos de 6.160 mg/L (STIRK et al., 2006) e para matéria orgânica em valores de DQO pode ser 70.000 mg/L (KARAKASHEV et al., 2008). Uma das tecnologias mais utilizadas para o tratamento são os biodigestores e em

alternativa a isso é estudado a combinação de digestão anaeróbia, nitrificação parcial e a oxidação anaeróbia da amônia, o Anammox, sistema de remoção de nitrogênio por meio da conversão de NO_2^- , principal acceptor de elétrons, para N_2 . O processo não necessita da adição de matéria orgânica e ocorre em condições anóxicas por microrganismos autotróficos. Além disso, sua combinação com a nitrificação parcial reduz a produção de lodo, de oxigenação e emissão de N_2O (JETTEN et al., 2002). Contudo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade do efluente sintético de suinocultura, em termos de remoção de nitrogênio, sólidos e matéria orgânica, tratado pelo sistema combinado de digestão anaeróbia, nitrificação parcial e Anammox.

MATERIAL E MÉTODOS: O efluente de alimentação do sistema foi a água residuária sintética de suinocultura preparada de acordo com Stirk et al (2006) e caracterizada em termos de sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, DQO, pH, nitrogênio total Kjeldahl e nitrogênio amoniacal. O sistema combinado de tratamento foi composto por três reatores confeccionados em vidro mantidos em temperatura ambiente, em média $25^\circ\text{C}\pm 2$, com volume útil de 26,2 L e em regime de alimentação de cinco dias e com dois dias por semana de interrupção. O reator (A) era um digestor anaeróbio inoculado com lodo de esgoto doméstico tratado em UASB e alimentado com a água residuária sintética com taxa de carregamento de $1 \text{ gSSV}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$. O reator (B) era do tipo CSTR - *Continuous stirred-tank reactor* funcionando com o processo Sharon, de nitrificação parcial e alimentado com o efluente do reator (A). O sistema foi aerado com compressores de ar e monitorado a partir do oxigênio dissolvido, mantido abaixo de $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, sem ajuste de pH na primeira fase com duração de 90 dias e segunda fase de 51 dias com pH para 7,0 mediante a adição de $0,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de bicarbonato de sódio no efluente sintético diluído, TDH – tempo de detenção hidráulica de 1 dia, potencial redox abaixo de $+50\text{mV}$. O reator (C) operou com o processo Anammox e foi alimentado com efluente do reator (B). O material suporte utilizado foi a cinasita para imobilização da biomassa e o monitoramento se realizou a partir do controle do potencial redox abaixo de -100mV para manter condições anóxicas. O reator (B) foi inoculado com microrganismos enriquecidos a partir da metodologia proposta por Arp (2014) para as bactérias oxidadoras de nitrito – BON e bactérias oxidadoras de amônia – BOA. O meio de cultura foi esterilizado em autoclave à temperatura de 121°C e 1 atm e incubado com lodo aeróbio proveniente de um biofiltro aerado submerso. O meio ficou incubado por 27 dias na temperatura aproximada de 28°C em banho-maria até atingir densidade óptica (DO) compatível com a produção de nitrito. Para o reator (C) a incubação foi feita com lodo aeróbio de biofiltro aerado submerso em quatro frascos de Duran de 500 ml cada, alimentados em batelada e mantidos a 34°C em banho-maria. A cada 48h o meio esterilizado era trocado dentro de cada recipiente em 125 ml. Após cada troca era fluxionada uma mistura de gás argônio e dióxido de carbono (95% e 5%, respectivamente) por 3 minutos a fim de modificar a atmosfera do reator e mantê-lo em condições anóxicas. Este procedimento foi adaptado de Araújo et al. (2010). A incubação se deu por 37 dias e o monitoramento foi realizado medindo-se as concentrações de nitrito e nitrogênio amoniacal até que ambos fossem consumidos simultaneamente. O sistema combinado foi monitorado a partir de DQO, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, nitrogênio total kjeldahl, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, pH, potencial redox, alcalinidade, ácidos voláteis e temperatura. A estimativa populacional de BOA, BON e bactérias desnitrificantes foi a partir da determinação da técnica do NMP, com incubação de 30 dias na temperatura de 37°C para bactérias desnitrificantes e 30°C para BOA e BON (TIEDJE, 1982; SCHMID & BELSER, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O resíduo de suinocultura sintético de foi preparado e caracterizado, apresentando valores médios de DQO total de $25.424 \pm 17.551 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, N- amoniacal de $2.328 \pm 387 \text{ mg NH}_3\text{-N}\cdot\text{L}^{-1}$ e sólidos suspensos voláteis de $27.229 \pm 17.693 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Após o período de incubação o meio de cultura para BON e BOA atingiu concentração de nitrito de 12mM, valor próximo a 20mM, que indica acúmulo de nitrito (Arm et al., 2014). Para as bactérias do reator Anammox após o período de incubação observou-se consumo de nitrito de 81%, já para o N-amoniacal o consumo foi de 51%, menos evidente e apresentando mais variações entre consumo e produção. No período equivalente de incubação apresentado nessa pesquisa, dia 37, Araujo et al. (2010) notavam consumo de nitrito, produção de amônia devido ao favorecimento de desnitrificação e morte e lise celular de bactérias aeróbias, e das bactérias desnitrificantes pela ausência de substratos orgânicos no meio autotrófico.

A estimativa populacional das bactérias nos reatores (B) e (C) indica a nitrificação completa pela predominante presença de BON no reator Anammox e pela concentração de NO_3^- de $2,9 \text{ mg L}^{-1}$, superior a do reator (B) de $2,4 \text{ mg L}^{-1}$. Para o NO_2^- as concentrações nos reatores (B) e (C) se mantiveram próximas, $1,6 \text{ mg L}^{-1}$ e $1,4 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Assim como a população das BOA, responsáveis pela conversão de amônia a nitrito. Outro fator que pode ter comprometido a remoção de nitrogênio é a competição das BON com as bactérias desnitrificantes, segundo Winkler et al. (2012) isso ocorre quando a desnitrificação supera a nitrificação como é possível observar no reator (B).

TABELA 1. Estimativa de população de bactérias desnitrificantes, BOA e BON nos reatores (B) e (C)

Bactéria	Nitrificação parcial (B) (NMP/100 ml)	Anammox (C) (NMP/100 ml)
Desnitrificantes	16×10^{11}	16×10^{10}
BOA	16×10^{23}	16×10^{23}
BON	4×10^9	6×10^5

O pH foi um parâmetro que comprometeu a atividades dos microrganismos do sistema, mesmo quando controlado inicialmente. O reator (A) permaneceu com característica ácida ao longo do experimento, condição inibidora para a digestão anaeróbia e comprometendo a eficiência de todo o sistema. O Anammox tem faixa ótima de operação de 6,7 a 8,5 (SHALINI & KURIAN, 2012) e a média global ficou abaixo dessa faixa.

TABELA 2. Médias de pH global, na fase de ajuste e na fase sem ajuste

Pontos	Efluente sintético diluído	Reator (A)	Reator (B)	Reator (C)
pH ¹	6.71 ±0.64	5.33±0.70	6.42±1.35	6.38±1.01
pH ²	6.93±0.18	5.62±0.58	7.00±1.06	6.87±0.66
pH ³	5.53±1.13	4.53±0.17	4.81±0.23	5.05±0.31

¹média global (fase de ajuste e fase sem ajuste); ²média total da fase de pH ajustado; ³média total da fase de pH sem ajuste; unidade alcalinidade: mg.L⁻¹ CaCO₃

As concentrações de NTK e N-amoniacal se elevaram no reator (A) devido à produção de NH₄, pela quebra de proteína e aminoácidos e a alimentação do sistema foi abaixo do indicado de 500 mg L⁻¹ (KHIN & ANNACHATRE, 2004), diminuindo a eficiência do mesmo. Não houve remoção global N-amoniacal, porém houve remoção pontual do reator (B) para o Anammox de 2%. O NTK foi removido em 12% e isso se deve ao consumo de nitrogênio orgânico (16%), resultante da decomposição bacteriana e hidrólise. Para N-amoniacal, N-orgânico, nitrito e nitrato a remoção foi de 19% no sistema nitrificação parcial-Anammox.

TABELA 3. Concentrações médias de nitrogênio amoniacal e NTK no sistema de tratamento

Parâmetros	Efluente concentrado	Efluente diluído	Reator (A) Efluente	Reator (B) Efluente	Reator (C) Efluente
N-amoniacal (mg NH ₃ -N L ⁻¹)	2.328 ±387	54±20	90±38	103±35	101±43
NTK (mg NH ₃ -N L ⁻¹)	3.010 ±1688	54±49	149±74	157±45	131±42

Sabendo-se que esse tipo de processo não remove satisfatoriamente matéria orgânica (SHALINI & KURIAN, 2012), os sólidos suspensos voláteis a remoção foi de 54% e para a DQO de 36%.

CONCLUSÕES: A estimativa populacional de bactérias afirmou que a nitrificação completa foi o processo predominante no sistema, ao invés da nitrificação parcial. A fase de enriquecimento obteve resultado satisfatório, porém alguns fatores como o pH não manteve a condição ideal para remoção de nitrogênio. Dessa maneira sugere-se que o pH seja ajustado em tempo integral e que a concentração de nitrogênio seja elevada na alimentação do sistema.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO J. C.; CAMPOS A. P.; CORREA M. M. S.; SILVA E. C.; VON SPERLING M.; CHERNICHARO, C. A. L. 2010. Enriquecimento de bactérias anaeróbias oxidadoras de amônia – Anammox. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 15, n. 2, p. 205-212.

ARP, D. **Growing *Nitrossomonas europaea***: Factors to Consider and the Recipe for Making Medium. Oregon State University, USA, 2004. Disponível em: <http://nitrificationnetwork.org/Nerecipe.php>. Acesso em 4 de jul.de 2014.

JETTEN, M. S. M.; SCHMID, M.; SCHMIDT, I.; WUBBEN, M.; VAN DONGEN, U.; ABMA, W.; et al. Improved nitrogen removal by application of new nitrogen cycle bacteria. *Environmental Science & Bio/Technology*, 2002, p.51– 63.

KARAKASHEV, D.; SCHMIDT, J.E.; ANGELIDAKI, I. Innovative process scheme for removal of organic matter, phosphorus and nitrogen from pig manure. *Water Research*, vol. 42, 2008, p. 4083-4090.

KHIN, Than; ANNACHHATRE, Ajit P. Novel microbial nitrogen removal processes. *Biotechnology Advances*, vol. 22, 2004, p. 519–532.

PERDOMO, Carlos Cláudio; LIMA, Gustavo J. M. M. de; NONES, Kátia. Produção de suínos e meio ambiente. In: 9o Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura. Gramado: 2001

SCHMID, E. L.; BELSER, L. 1982. Nitrifying bacteria. In: Page, A.L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R. *Methods of soil analysis*. Winsconsin: American Society of Agronomy. Cap. 48, 1027-42

SHALINI, S. Sri; KURIAN, Joseph. Nitrogen management in landfill leachate: Application of SHARON, ANAMMOX and combined SHARON–ANAMMOX process. *Waste Management*, vol. 32, 2012, p. 2385–2400.

STIRK, D. P. B. T. B.; DOMMANOVICH, A. M.; HOLUBAR, P. A pH-based control of ammonia in biogas during anaerobic digestion of artificial pig manure and maize silage. *Process Biochemistry*, vol. 41, 2006, p. 1235-1238.

TIEDJE, J. M. (1982). Denitrification. In: Page, A.L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R. *Methods of soil analysis*. Winsconsin: American Society of Agronomy. Cap. 48, 1011-26.

WINKLER, M. K. H.; BASSIN, J. P.; KLEEREBEZEM, R.; SOROKIN, D. Y.; VAN LOOSDRECHT, M. C. M. Unravelling the reasons for disproportion in the ratio of AOB and NOB in aerobic granular sludge. *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 94, 2012, p.1657–1666.