

A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE AERAÇÃO INTERMITENTE PARA REDUÇÃO DE AMÔNIA DOS EFLUENTES DA SUINOCULTURA

Martha Mayumi Higarashi¹, Airton Kunz¹,
Paulo Armando Victória de Oliveira¹, Cleiser Kurashima²

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar, em escala real, a utilização da aeração intermitente para reduzir nitrogênio amoniacal de efluentes de um sistema de tratamento de dejetos de suínos. A oxigenação do meio foi obtida através de um aerador flutuante em regime de funcionamento de 1 h de aeração seguida de 1 h de repouso. Os resultados demonstraram que a “nitrificação encurtada” do nitrogênio amoniacal (do inglês *shorter nitrification*) é obtida após cerca de 25 dias de aeração, resultando no acúmulo de nitrito. A denitrificação não foi verificada no período avaliado, sendo que a provável causa deste comportamento seja a baixa concentração de matéria orgânica presente no efluente (0,06% de carbono orgânico) decorrente da eficiência do sistema de tratamento por lagoas em série na remoção deste parâmetro. Segunda a literatura, a nitrificação é a reação limitante no processo de remoção de nitrogênio através das reações de nitrificação e denitrificação. Assim, a constatação da nitrificação do N-NH₃ do efluente em escala real indica que tal tecnologia pode vir a ser uma alternativa promissora para a obtenção da remoção do nitrogênio em sistemas de tratamento de dejetos.

Palavras-Chave: poluição, tratamento de dejetos, nitrificação .

Abstract

This work intend to evaluate, in real scale, the possibility of using intermittent aeration to reduce ammonium from effluents of swine wastewater resulted from lagoons treatment system. Aeration was obtained using a floating aerator working during 1 hour in intervals of 1 hour. After 30 days of aeration, it was observed the nitrification of ammonium forming nitrite, in a reaction way called shorter nitrification. In this period, there was no observable denitrification, probably due to the lack of organic source in the effluent (0.056% of organic carbon) due the high efficiency of the lagoons system to remove carbon. However, nitrification is the limiting reaction to remove nitrogen through the nitrification/denitrificatio process, so the conversion of N-NH₃ of livestock effluent into nitrite in real scale experiment indicates that this is promisor technology for nitrogen removal in a treatment system.

Keywords: pollution, manure treatment, nitrification.

¹Embrapa Suínos e Aves, Rodovia BR 153, km 110, Distrito de Tamanduá, Caixa Postal 21. CEP: 89700-000, Concórdia, SC. E-mail: martha@cnpasa.embrapa.br

²Universidade de Guarulhos, Curso de Medicina Veterinária, Praça Tereza Cristina, 01, Centro. CEP: 07023-070, Guarulhos, SP.

Introdução

O Brasil ocupa, atualmente, papel de grande destaque dentre os maiores produtores mundiais de carnes, tornando-se competitivo no mercado tanto do ponto de vista de qualidade de produtos quanto pelo grau de tecnificação da sua cadeia produtiva. Por outro lado, o manejo dos efluentes das produções não acompanhou tal evolução, sendo que este problema tem se agravado nos últimos anos em decorrência da intensificação das criações em confinamento que resultam em uma maior concentração de animais por unidade de área.

De acordo com o Anuário da Pecuária Brasileira (ANUALPEC, 2006), o rebanho brasileiro atingiria em 2006 o número projetado de 33.612.774 suínos, distribuídos de maneira bastante heterogênea ao longo do território nacional. Segundo estes dados, a região Sul concentraria 14.459.951 de animais, criados de acordo com um modelo de produção baseado em pequenas propriedades familiares, integradas a empresas ou cooperativas. Embora seja bastante difundida a tendência de expansão da suinocultura para a região Centro-Oeste, atualmente a região abriga cerca de 4.040.508 de cabeças, que se concentram em unidades com grande escala de produção.

A poluição decorrente da atividade suinícola é mais evidente nas regiões de maior concentração de animais, onde grandes esforços têm sido empreendidos na tentativa de mitigar os impactos da atividade, a fim de melhorar a qualidade ambiental e conseqüentemente, a qualidade de vida dos produtores e da população em geral.

Dentro desse contexto, o desenvolvimento de sistemas para o tratamento de efluentes agropecuários tem avançado significativamente nos últimos anos. No entanto, as tecnologias mais empregadas, como os sistemas de lagoas em série e os biodigestores, apesar de serem bastante eficientes na redução da carga orgânica, são limitados na remoção de nutrientes. Em decorrência desta limitação, esforços têm sido empenhados no desenvolvimento de tratamentos terciários, visando a redução dos nutrientes nos efluentes, sobretudo o nitrogênio, em virtude do seu potencial eutrofizante e dos riscos à saúde humana decorrentes da sua conversão a nitrato/nitrito (KUNZ *et al.*, 2005).

Os efluentes resultantes de sistemas de tratamentos de dejetos apresentam concentração média de nitrogênio amoniacal de cerca de 100 mg.L⁻¹ ou superior, portanto cerca de 5 vezes superior ao limite estabelecido pela legislação (Brasil, 2008).

Embora a remoção de nutrientes dos efluentes da suinocultura tenha sido bastante estudada nas últimas duas décadas, estes carecem de maior atenção e cuidados por envolverem processos mais complexos que o abatimento da carga orgânica. Dentre as tecnologias avaliadas, especial enfoque

tem sido dado àquelas que envolvem a nitrificação/denitrificação, por ser processo já largamente utilizado e bem consolidado no tratamento de esgoto sanitário, o qual se baseia nas seguintes reações:



A nitrificação/denitrificação é um processo mediado por microorganismos nativos, presentes no próprio dejetto, que removem o nitrogênio sob a forma de nitrogênio molecular. A remoção biológica de nitrogênio através da nitrificação/denitrificação é considerada, entre as tecnologias atualmente disponíveis, a maneira mais eficiente e economicamente viável para o tratamento de efluentes (VANOTTI & HUNT, 2000).

As condições necessárias para que as reações envolvidas no processo de nitrificação e denitrificação ocorram são basicamente, o estabelecimento alternado de ambientes aeróbio e anóxico, o primeiro para favorecer a oxidação do nitrogênio amoniacal mediado pelas bactérias nitrificantes e o segundo para favorecer a redução do nitrato por bactérias denitrificantes, liberando o N_2 .

A efetividade do processo de remoção biológica do nitrogênio, depende da capacidade dos organismos nitrificantes oxidarem os íons amônio (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), pois a subsequente redução desses para nitrogênio molecular (denitrificação) é uma etapa que ocorre rapidamente desde que haja substrato carbonáceo disponível e ambiente anaeróbio, que são condições tipicamente encontradas em esterqueiras e lagoas anaeróbias (BERNET *et al.*, 1996).

Os reatores que operam em regime de aeração intermitente conseguem estabelecer as condições básicas em termos de disponibilidade de oxigênio no meio, tendo como maior vantagem a possibilidade de realizar os dois processos em um único reator. Em termos práticos, isto pode representar a redução dos custos e da área requerida para a implementação de um sistema de tratamento. Em decorrência destas vantagens, nos últimos anos, os sistemas intermitentes têm sido amplamente estudados como uma alternativa promissora para o tratamento de esgotos sanitários (BORTONE *et al.*, 1994; BICUDO & SVOBODA, 1995; CHENG & LIU, 2001; PEREIRA-RAMIREZ *et al.*, 2003).

A remoção de nitrogênio de um efluente suíno através de processo de nitrificação/denitrificação é relativamente difícil, devido a baixa relação DQO/NTK típica desses efluentes (BORTONE *et al.*, 1994). Para solucionar esta questão é possível se fornecer uma suplementação de matéria orgânica ao meio. Alguns estudos relatam o aumento da remoção biológica de nutrientes através da adição de acetato, metanol, entre outras fontes de carbono (LEE *et al.*, 1997; CASTRILLÓN *et al.*, 2009).

Existem dois grandes desafios para a adoção do tradicional processo de nitrificação/denitrificação para o tratamento de efluente suinícola (CHENG & LIU, 2001):

- A oxidação da amônia causa a diminuição do pH que pode inibir a atividade das bactérias nitrificantes, cessando o processo.
- A adição de matéria orgânica suplementar, tais como metanol e acetato podem encarecer o processo e inviabilizá-lo.

O presente trabalho teve o objetivo de verificar em escala real, a viabilidade de utilizar a aeração intermitente para promover a nitrificação da amônia em efluentes suinícolas oriundos de sistemas de tratamento por lagoas em série. Desta forma, seria possível avaliar a possibilidade de remover o nitrogênio desta matriz pelo processo de nitrificação/denitrificação.

Material e Métodos

Foi realizado um experimento ao ar livre, em regime de batelada, na unidade demonstrativa de tratamento da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia, Santa Catarina entre os meses de Agosto e Outubro de 2003. Um tanque de aeração cilíndrico com capacidade de 35 m³ foi abastecido com o efluente oriundo da lagoa facultativa do sistema de tratamento de dejetos por lagoas em série, cujo fluxograma é descrito na Figura 1.



Figura 1 – Fluxograma do sistema de tratamento por lagoas em série do qual resulta o efluente utilizado no Tanque de Aeração.

Antes de dar início ao experimento, o efluente de partida foi caracterizado de acordo com metodologias oficiais (GREENBERG *et al.*, 1995). Os parâmetros analisados foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Carbono Orgânico, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total Kjeldahl, Nitrito, Nitrato, Fósforo Total, pH, Oxigênio Dissolvido e Temperatura.

A aeração do tanque foi obtida através de um aerador propulsor de fluxo descendente de potência de 2 cv., com transferência de oxigênio de 2,5 kg/cv.h. A frequência de aeração foi selecionada, com a utilização de um *timer*, em 1 hora de aeração seguida de 1 hora sem aeração, durante todo o período do experimento.

As frequências de coletas foram as seguintes: na primeira semana, coletas diárias; na segunda semana, dias alternados e da terceira semana em diante, as coletas passaram a ser semanais. As amostras foram coletadas sempre no mesmo horário do dia (10:00 h) e antes de cada coleta, o aerador era acionado durante 1 minuto para garantir uma melhor homogeneização do sistema. As amostras coletadas foram imediatamente encaminhadas para o laboratório, onde as mesmas foram processadas em um período de até 24 horas após cada coleta.

Resultados e Discussão

As características iniciais do efluente utilizado no experimento, proveniente do sistema de tratamento de lagoas em série, se encontram listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características do efluente do sistema de tratamento de lagoas em série ao entrar no tanque de aeração.

pH	O.D. (mg.L ⁻¹)	Temperatur a (°C)	N-NH ₃ (mg.L ⁻¹)	C _{orgânico} o (%)	DQO (mg.L ⁻¹)	NTK (mg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (mg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (mg.L ⁻¹)	P _{Total} (mg.L ⁻¹)
8,07	0,83	16,00	213,67	0,06	775,00	273,32	13,20	20,03	32,40

Uma vez iniciada a aeração, verifica-se que a redução na concentração do NTK e N-NH₃ só começa a ser observada após cerca de dez dias do início do experimento (Figura 2). Após esse período, também começa a ser detectada a formação de N-NO₂, que se intensifica até aproximadamente o 25º dia de experimento, indicando a ocorrência da oxidação progressiva do amônio para a formação do NO₂.

É provável que o período inicial de dez dias, no qual não se verificam transformações significativas dos compostos nitrogenados avaliados, corresponda ao intervalo de tempo necessário para que os microorganismos se adaptem às novas condições ambientais do meio, propiciadas pela aeração intermitente (SCHMIDT *et al.*, 2002). Uma vez que não foram adicionadas culturas de bactérias adaptadas ou lodo ativado, seria durante esse período *lag* que se estabeleceriam as populações de bactérias responsáveis pela oxidação do NH₃ (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*).

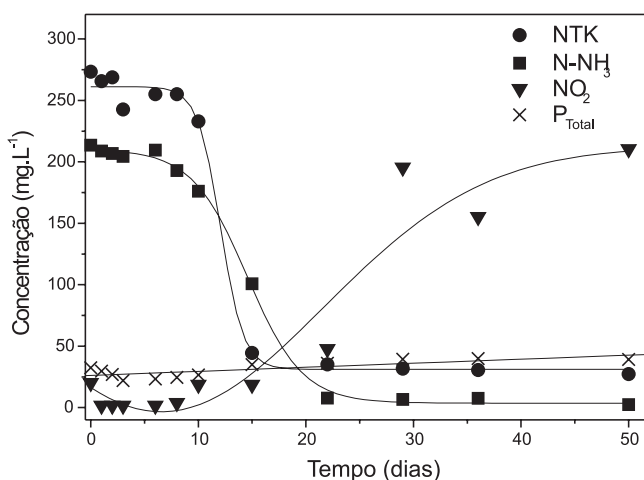


Figura 2 – Concentração de nutrientes no efluente contido na lagoa aerada em função do tempo de experimento com aeração em intervalos de 1h.

De acordo com estudos anteriores (CHENG & LIU, 2001), os efluentes com concentrações de NTK acima de 250 mg.L⁻¹ apresentam baixa eficiência na nitrificação (cerca de 40%), em decorrência da acidificação do meio. Embora o efluente submetido ao tratamento no presente trabalho apresentasse NTK = 273,23 mg.L⁻¹, não foi observada menor eficiência na oxidação NH₄⁺, mas sim a oxidação deste apenas até a formação de NO₂⁻, não havendo o prosseguimento da reação para a formação do NO₃⁻, como seria esperado. A concentração do NO₃⁻ no efluente permaneceu praticamente inalterada durante o tratamento, sendo que no final do experimento, o efluente apresentou uma concentração de N-NO₃ 13,06 mg.L⁻¹, praticamente igual ao teor de N-NO₃ no efluente inicial (Tabela 1).

Um comportamento semelhante já havia sido descrito em estudo anterior (SURMACZ-GÓRSKA *et al.*, 1997), segundo o qual, essa via seria denominada “nitrificação encurtada” (do inglês *shorter nitrification*) e ocorreria em efluentes que apresentassem alta concentração de nitrogênio amoniacal, o qual inibiria a ação das espécies *Nitrobacter*, responsáveis pela oxidação do NO₂⁻ a NO₃⁻. Este comportamento é considerado benéfico nos processos de nitrificação/denitrificação, visto que acelera a denitrificação, saltando a etapa de redução do NO₃⁻ a NO₂⁻ (vide reação 1).

Como já foi mencionado, a nitrificação é a etapa limitante na remoção do nitrogênio pelo processo de nitrificação/denitrificação, no entanto, não foi observada a denitrificação durante o período compreendido nesse estudo. É provável que a baixa concentração de matéria orgânica no meio (0,06%) seja a causa desse comportamento, pois o mesmo é essencial para que o processo ocorra, atuando como doador de elétrons (HU *et al.*, 2003).

Para consumir a remoção de nitrogênio pelo processo de nitrificação/denitrificação seria necessário se suprir a deficiência de carbono do sistema pela adição de matéria orgânica ao meio (CASTRILLÓN *et al.*, 2009). A fonte desta matéria orgânica pode ser proveniente de reagentes como o acetato ou o metanol, o que pode encarecer bastante o processo, por outro lado, a possibilidade de utilizar-se a matéria orgânica oriunda do próprio dejetos nesse suprimento, abre a perspectiva para estudos de diferentes configurações de tratamento.

A fermentação de lodo primário, por exemplo, produz ácidos graxos de cadeia curta, que podem se constituir em excelente fonte alternativa de matéria orgânica para alimentar o processo de denitrificação (LEE *et al.*, 1997), sendo uma opção interessante sob o ponto de vista de viabilização econômica do tratamento, no entanto, se a adição não for bem controlada, pode resultar no assoreamento do sistema. Para contornar esse problema, teria se como outra alternativa, a utilização de um sistema de recirculação, no qual o efluente da lagoa aerada retornaria para a lagoa anaeróbia, rica em matéria orgânica e com ambiente altamente favorável à denitrificação.

Ainda, considerando o conceito de reúso de água, a utilização do efluente final da lagoa de aeração intermitente para a limpeza das calhas das instalações de suínos, em um sistema tipo *flushing*, se constitui em uma outra alternativa bastante atraente. O efluente “nitrificado”, desta forma, receberia a carga orgânica necessária para que as reações se processassem nas lagoas anaeróbicas e facultativas do sistema de tratamento.

O reúso possibilitaria fechar o ciclo do efluente dentro da propriedade e proporcionaria uma economia de água bastante significativa, entretanto, a viabilização disso fica condicionada às questões sanitárias, pois, embora o manejo dos dejetos em canais externos e canais internos sob o piso ripado representem riscos mínimos, o aproveitamento dos efluentes na limpeza de áreas de contato direto com os animais, necessitaria de estudos para a avaliação da eficiência dos tratamentos na eliminação dos agentes patogênicos que porventura possam estar presentes nos dejetos.

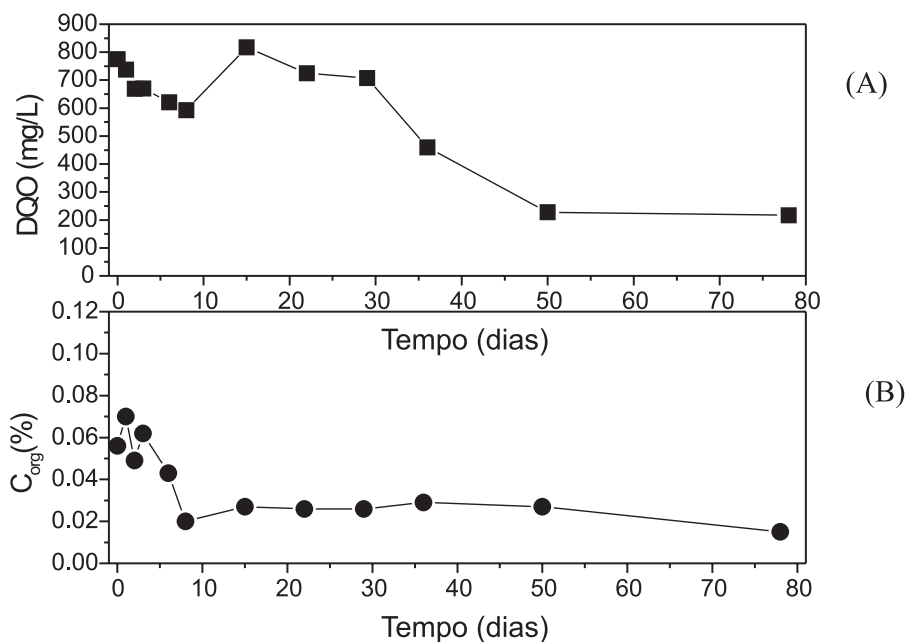


Figura 3 – Remoção de carga orgânica no período de tratamento (A) Demanda Química de Oxigênio e (B) Porcentagem de Carbono Orgânico.

Os gráficos apresentados na Figura 3 demonstram a ocorrência da remoção de matéria orgânica do sistema, simultaneamente a nitrificação.

O processo de remoção simultânea não foi observado em trabalho anterior no qual se utilizava um sistema semelhante de tratamento com aeração intermitente (PEREIRA-RAMIREZ *et al.*, 2003). Segundo as avaliações desses autores, as principais causas para a baixa performance na remoção de matéria orgânica eram a curta duração dos períodos de anaerobiose e aerobiose do sistema (2 horas) e a relação DQO:NTK (10:1),

muito acima da relação de 3:1, recomendado para a remoção simultânea de nitrogênio e carbono em um mesmo reator (METCALF & EDDY, 2003).

O principal diferencial do presente estudo com aquele realizado por Pereira-Ramirez *et al.* (2003) é a utilização de efluente pré-tratado (resultante do sistema de tratamento descrito na Figura 1) em substituição ao dejetos bruto. Portanto, embora os períodos de aeração e não aeração avaliados tenham sido de apenas 1 h, observou-se uma redução de cerca de 75% na DQO. Esta alta remoção ocorre porque no efluente pré-tratado a relação DQO:NTK é de 2,84:1, ou seja, muito próxima da considerada ideal para a ocorrência da remoção simultânea.

A constatação de que é possível remover matéria orgânica de efluentes suínos em sistemas de aeração intermitente, abre a perspectiva para estudos futuros visando otimizar as condições operacionais no sistema, a fim de obter a remoção simultânea de nitrogênio e carga orgânica.

Conclusões

Os resultados apresentados permitem concluir que a aeração intermitente possibilita promover a nitrificação da amônia e também remover simultaneamente a carga orgânica do efluente avaliado. Esta remoção simultânea é possível em virtude da relação DQO:NTK próxima a 3:1.

A espécie nitrogenada que prevalece ao final do período avaliado é o nitrito, o que sugere a ocorrência da rota denominada nitrificação encurtada (do inglês *shorter nitrification*), em que a alta concentração de amônia inibe a atividade dos microorganismos responsáveis pela oxidação do nitrito a nitrato (*Nitrobacter*).

A denitrificação não foi observada durante o período avaliado, provavelmente em virtude do déficit de matéria orgânica no efluente. A alternativa mais promissora para suprir esta matéria orgânica é a reutilização do efluente nitrificado na limpeza das canaletas das granjas, no entanto tal procedimento implica na necessidade de se realizar estudos para avaliar os riscos sanitários.

Referências Bibliográficas

Anuário da Pecuária Brasileira, **ANUALPEC 2006**. Fnp – Consultoria e Comércio. São Paulo: Editora Argos Comunicação, 2005. 400p.

BERNET, N., DELGENIS, N. and MOLETTA, R. Denitrification by anaerobic sludge in piggy wastewater. **Environmental Technology**, n.17, p.293-300, 1996.

BICUDO, J., and SVOBODA, I. F. Intermitent aeration of pig slurry-farm scale experiments for carbon and nitrogen removal. **Water Science and Technology**, v.32, n.2, p.83-90, 1995.

BORTONE, G., MALASPINA, F., STANTE, L., and TILCHE, A. Biological nitrogen and phosphorus removal in an anaerobic/anoxic sequencing batch reactor with separated biofilm nitrification. **Water Science and Technology**, v.30, n.6, p.303-313, 1994.

CASTRILLÓN, L., FERNÁNDEZ-NAVA, Y., MARAÑÓN, E., GARCÍA, L., BERRUETA, J. Anoxic-aerobic treatment of the liquid fraction of cattle manure. **Waste Management**, v. 29, n.2, p.761-766, 2009.

CHENG, J. and LIU, B. Nitrification/denitrification in intermittent aeration process for swine wastewater treatment. **Journal of Environmental Engineering**, August 2001, p.705-711, 2001.

GREENBERG, A. E., CLESCERI, L. S., EATON, A. D. INC. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19. Ed. Washington D.C. : APHA/ AWWA/ WEF, 1995. 1100p.

HU, Z., MOTA, C., CHENG, J. and DE LOS REYES, F. Optimization of Nitrogen Removal from Anaerobically-pretreated Swine Wastewater in Intermittent Aeration Tanks, In: **Proceedings of the Ninth International Symposium on Animal, Agricultural and Food Processing Wastes (ISAAFPW)**, Research Triangle Park, NC, 2003. p.590-595.

KUNZ, A., HIGARASHI, M.M., OLIVEIRA, P.A.V. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.22, n.3, p.651-655, 2005.

LEE, S. I., PARK, J. H., KO, K. B., KOOPMAN, B. Effect of fermented swine wastes on biological nutrient removal in sequencingbatch reactors. **Environmental Science and Health**, B29, n.5, p.1053-1078, 1997.

METCALF and EDDY INC. **Wastewater engineering treatment, disposal, reuse**. 4. ed. New York, NY : McGraw-Hill, 2003. p.617.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 397, de 03 de abril de 2008. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, n. 66. Poder Executivo, Brasília, 07 de abr. 2008. p.68-69.

PEREIRA-RAMIREZ, O., QUADROS, M. S., ANTUNES, R. M., KOETZ, P. R. Influência da frequência de aeração no tratamento de efluentes de suinocultura. In: **XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - COMBEA 2003**. Goiânia, 2003. p. Cdrom.

SCHMIDT, I., SLIEKERS, O., SCHMID, M., CIRPUS, I., STROUS, M., BOCK, E., KUENEN, J. G., JETTEN, M. S. M. Aerobic and anaerobic ammonia oxidizing bacteria – competitors or natural partners? **FEMS Microbiology and Ecology**, n.39, p.175-181, 2002.

SURMACZ-GÓRSKA, J., CICHON, A., MIKSCH, K. Nitrogen removal from wastewater with high ammonia nitrogen concentration via shorter nitrification and denitrification. **Water Science and Technology**, v.36, n.10, p.73-78, 1997.

VANOTTI, M. B. and HUNT, P. G. Nitrification treatment of swine wastewater with acclimated nitrifying sludge immobilized in polymer pellets. **Transaction of ASAE**, v.43, n.2, p.405-413, 2000.