

Concentração de bactérias nitrificantes, desnitrificantes e heterotróficas durante o tratamento de efluente de laticínio submetido a aeração contínua e intermitente

Concentration of nitrifying, denitrifying and heterotrophic bacteria during the treatment of continuous and intermittent aeration effluent

Alex da Cunha Molina
alexdacunhamolina@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Prof^(a) Dr^(a) Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
kyprates@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Ms. Camila Zoe Correa
Camila.z.correa@gmail.com
Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil

Prof^(a) Dr^(a) Deize Dias Lopes
deizeuel@gmail.com
Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil

Edgar Augusto Aliberti
edgaraliberti@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Janaina Casado Rodrigues da Silva
Janainnacasado@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Recebido: 03 set. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



RESUMO

A produção do leite traz consigo a geração de efluentes com altas concentrações de nitrogênio e matéria orgânica que devem ser submetidos a um tratamento adequado, para não contaminarem corpos hídricos com suas elevadas concentrações de nutrientes. As Bactérias Oxidadoras de Amônia (BOA), Bactérias Oxidadoras de Nitrito (BON) e as desnitrificantes presentes no sistema de tratamento realizam a retirada do nitrogênio, já as bactérias heterotróficas a remoção da matéria orgânica. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar o número desses organismos e correlacionar com diferentes tipos de operação em um reator de leito estruturado com aeração contínua e intermitente. Foram coletadas amostras do efluente, lodo e material suporte presentes no reator em cada fase de operação, fase AC com aeração contínua, fase AI com aeração intermitente sem recirculação do efluente e fase AIR com aeração intermitente e recirculação do efluente utilizando a técnica do NMP/100 mL para as BOA, BON e desnitrificantes e a técnica da contagem padrão em placas para calcular o número de Unidades Formadoras de Colônia por mL (UFC/mL) das heterotróficas. Constatou-se que a fase AC obteve um crescimento de organismos inferior em relação as fases AI e AIR onde as bactérias de modo geral se desenvolveram em maior quantidade. Concluiu-se que dentre as fases estudadas a AIR foi a mais eficiente para o crescimento do número das bactérias, possibilitando assim um sistema com mais eficiência operando intermitentemente, assim, economizando energia no tratamento do efluente se comparado com a aeração contínua.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente de laticínio. Remoção de matéria orgânica. Remoção de nitrogênio. Tratamento biológico.

ABSTRACT

The production of milk brings with it the generation of effluents with high concentrations of nitrogen and organic matter that must be submitted to an appropriate treatment, to not contaminate water systems with their high concentrations of nutrients. The Ammonia Oxidizing Bacteria (AOB), Nitrite Oxidizing Bacteria (NOB) and denitrifiers present in the treatment system perform the removal of nitrogen, while heterotrophic bacteria the removal of organic matter. Therefore, the objective of this work was to quantify the number of these organisms and to correlate with different types of operation in a structured bed reactor with continuous and intermittent aeration. Samples of the effluent, sludge and support material were collected in each reactor phase, AC phase with continuous aeration, AI phase with intermittent aeration without effluent recirculation and AIR phase with intermittent aeration and effluent recirculation using the MPN / 100 mL for AOB, NOB and denitrifiers, and standard plate counting technique to calculate the number of Colony Forming Units per mL (CFU / mL) of heterotrophs. It was observed that the AC phase obtained a lower growth of organisms in relation to the AI and AIR phases



where the bacteria generally developed in greater quantity. It was concluded that among the studied phases the AIR was the most efficient one for the growth of bacteria numbers, thereby enabling a system with more efficient intermittently operating, thus, saving energy in the effluent treatment when compared to the continuous aeration.

KEYWORDS: Dairy. Removal of organic matter. Removal of nitrogen. Biological treatment

INTRODUÇÃO

No Brasil, em 2015, 5.500 municípios foram responsáveis pela produção de 35 bilhões de litros de leite sendo o sexto maior produtor de leite mundial (IBGE 2015). Atrélado ao processamento do leite ocorre a geração de efluentes com concentrações elevadas de matéria orgânica e nitrogênio que necessitam de um tratamento adequado a fim de proteger os corpos hídricos de possíveis sobrecargas de nutrientes.

Segundo EPA (1993) e CALIJURI et al (2006) efluentes lançados em corpos hídricos com elevadas concentrações de nutrientes tem potencial para gerar diversos danos à saúde humana e ao meio ambiente aquático. Em questões ambientais, pode-se levar à eutrofização dos corpos d'água, ocasionando o crescimento excessivo de fitoplâncton e de macrófitas aquáticas que causam a diminuição do oxigênio dissolvido no corpo receptor, alteração da diversidade de espécies, mudança na qualidade das águas, alteração do pH, floração de cianobactérias, geração de toxinas, entre outros.

Para a remoção biológica do nitrogênio convencional duas etapas distintas chamadas de nitrificação e desnitrificação devem ocorrer. Em grande parte dos processos de tratamentos atuais, essa remoção ocorre separadamente da que faz a retirada da matéria orgânica, ocasionando altos custos de construção, manutenção e operação dos sistemas. Uma das formas de otimizar esses processos é a utilização de sistemas compactos que integrem a nitrificação e desnitrificação juntamente com a retirada da matéria orgânica (MOURA 2011).

Nos processos de tratamento biológicos, a remoção de nitrogênio acontece por meio de sistemas aeróbios, promovendo a nitrificação, seguido por processos anaeróbios (ou ausência de oxigênio e presença de nitrito e/ou nitrato, chamado de ambiente anóxico), para propiciar a desnitrificação. Nesses processos são utilizadas as transformações que ocorrem com o nitrogênio na natureza, partindo principalmente do N-amoniaco até a liberação do nitrogênio gasoso. As principais etapas no processo biológico de remoção de nitrogênio são: a amonificação, a assimilação, a nitrificação (nitritação e nitratação) e a desnitrificação (OLIVEIRA, 2012)

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi quantificar a presença de bactérias nitrificantes, desnitrificantes e heterotróficas num reator de leite estruturado onde ocorre simultaneamente a nitrificação e a desnitrificação com retirada de matéria orgânica operando com e sem recirculação do efluente de laticínio e com aeração contínua e intermitente correlacionando os dados da quantificação das bactérias com o sistema de aeração utilizado.

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises microbiológicas das amostras coletadas foram realizadas nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina no laboratório de Microbiologia Ambiental. O sistema de tratamento foi montado e operado na Universidade Estadual de Londrina.

INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado em um reator de leite estruturado de fluxo

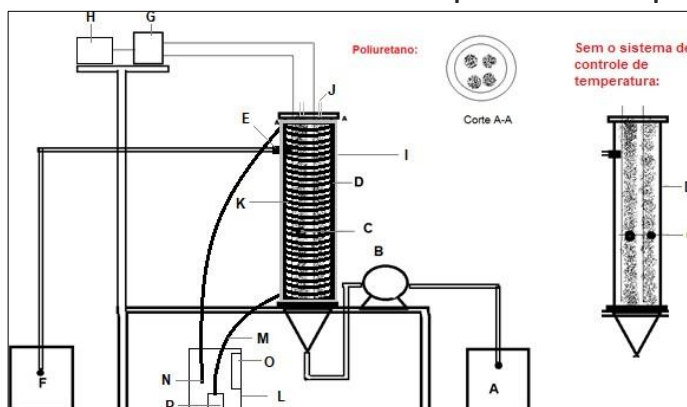
contínuo, sendo constituído de material em acrílico, com um volume total de 2,4 litros (volume útil de 1,6 litros, volume da espuma de 0,5 litros e volume do lodo de 0,3 litros).

O reator foi preenchido com espumas de poliuretano com um diâmetro aproximado de 1,5 cm e 48 cm de altura, cortadas de forma cilíndrica, totalizando 4 estruturas internas no reator. A fixação das estruturas cilíndricas do reator foi realizada com hastes de ferro que foram presas as extremidades do sistema.

O reator foi alimentado por meio de uma bomba (ProMinent modelo GALA) com uma vazão de $0,13 \text{ L.h}^{-1}$, responsável por levar o efluente da entrada até a saída. Para aeração foi utilizada um compressor de ar da marca Panther II com vazão de ar 6 L.min^{-1} e potência de 3,5 Watt.

O sistema está em operação a um ano e meio com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 16 horas e houve o controle da temperatura desde o início do experimento com um sistema de recirculação de água e manta que envolvia o reator, para que fosse possível manter a temperatura constante (26°C), desta forma os microrganismos ficariam em sua faixa ótima de crescimento. A instalação experimental é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Sistema de tratamento utilizado nos procedimentos experimentais.–



Legenda: A- Reservatório do efluente de laticínios de entrada; B- Bomba de alimentação; C- Material suporte; D- Reator de Leito Estruturado (RLE); E- Saída do efluente; F- Reservatório do efluente de saída; G – Bomba de aeração; H – Timer; I – Manta; J – Hastes metálicas; K – Mangueira; L – Reservatório de água; M – Entrada de água no sistema de recirculação; N – Saída da água para o reservatório; O – Termostato; P – bomba de circulação da água.

Fonte: ALIBERTI 2017

EFLUENTE DE LATICÍNIO

O reator foi alimentado com o efluente proveniente de uma indústria localizada no norte do Paraná que produz bebidas lácteas, creme de leite, iogurtes, leite em pó, pasteurizado e integral e também compostos lácteos. A coleta desse efluente foi realizada após o tratamento por flutuador, uma vez por semana, e ficou armazenado em geladeira para manutenção de suas características até o momento de ser utilizado para alimentação do reator.

FASES EXPERIMENTAIS

Foram analisadas 3 fases, sendo: fase AC com a aeração contínua (24 horas por dia) sem recirculação, fase AI com aeração intermitente sem recirculação, intercalando duas horas de aeração e uma hora sem aeração e fase AIR com aeração intermitente com recirculação intercalando duas horas de aeração e uma hora sem aeração. O TDH para as três fases foi 16 horas. O tempo de duração da fase AC foi 63 dias, da fase AI de 35 dias e da fase AIR foi de 47 dias. Os trabalhos de Moura et al. (2012), Correa (2015) serviram de base para estipular o ciclo de aeração intermitente.

ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas possuíram a finalidade de caracterizar quantitativamente as bactérias presentes no efluente (EF), material suporte (MS) e lodo (LD). Desta forma, foi feito o levantamento da concentração de bactérias nitrificantes (Oxidadoras de Amônia – BOA e Oxidadoras de Nitrito – BON), desnitrificantes e heterotróficas.

Para quantificar a biomassa presente no reator foram feitas análises de Número Mais Provável (NMP) para as bactérias nitrificantes, desnitrificantes e contagem padrão em placas para as bactérias heterotróficas para calcular o número de Unidades Formadoras de Colônia por mL (UFC/mL).

As amostras (EF, MS e LD) foram preparadas segundo os procedimentos descritos no trabalho de Correa (2016).

A técnica de NMP/100 mL para quantificação de BOA, BON e desnitrificante e a quantificação das bactérias heterotróficas utilizando o método de contagem padrão em placas (UFC/mL) seguiu a metodologia descrita por Mendonça (2002) e Iamamoto (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de NMP/100 mL das BOA, BON e desnitrificante e UFC/mL das heterotróficas presentes no reator de leito estruturado em cada uma das condições operacionais estão apresentados na Tabela 1 e 2.

Tabela 1 – Médias das BOA e BON por NMP/100mL nos três meios analisados (MS, EF e LD) e nas três fases operadas (Fase AC, AI e AIR)

Fases	BOA (NMP/100mL)			BON (NMP/100mL)		
	MS	EF	LD	MS	EF	LD
AC	2.10 ⁹	2.10 ⁷	2.10 ¹¹	2.10 ⁸	5.10 ⁹	4.10 ⁸
AI	2.10 ¹¹	5.10 ⁷	2.10 ¹⁰	9.10 ⁸	5.10 ⁹	9.10 ⁸
AIR	4.10 ⁹	2.10 ⁹	1.10 ⁹	2.10 ¹¹	3.10 ⁹	2.10 ¹¹

Legenda: BOA -Bactéria Oxidadora de Amônia; BON - Bactéria Oxidadora de Nitrito, EF – Efluente; MS - Material Suporte e LD – Lodo.

Fonte: Autoria própria.

Como mostrado na tabela 1 as BOA presentes no MS apresentaram um maior crescimento do número de organismos na fase AI, as presentes no EF apresentaram maior NMP na fase AIR, já as presentes no LD uma maior concentração de bactérias na fase AC, ou seja, cada fase de operação favoreceu um ambiente para o desenvolvimento das BOA não mostrando que a aeração

continua ou intermitente teve grande importância para que as bactéria desse grupo crescessem melhor em todos os ambientes do reator.

Estudos apontam que geralmente as BOA ocorrem em microcolônias, desta forma essas colônias não podem ser facilmente dispersas, o que pode contribuir para os resultados encontrados neste trabalho (BELSER et al. 1982).

Comparando todas as fases de operação mostrados na Tabela 1 o ambiente em que as BON melhor se desenvolveram num panorama geral foi a fase AIR, onde apenas o EF teve um desempenho um pouco menor em relação as outras duas fases, enquanto o MS e o LD apresentaram desempenhos melhor nesta fase.

Tabela 2 – Médias das DESNITRIFICANTE por NMP/100mL e HEETEROTRÓFICA por UFC/mL nos três meios analisados (MS, EF e LD) e nas três fases operadas (Fase AC, AI e AIR)

Fases	DESNITRIFICANTE (NMP/100mL)			HETEROTRÓFICA (UFC/mL)		
	MS	EF	LD	MS	EF	LD
AC	4.10^9	2.10^{10}	2.10^{14}	$1,7.10^4$	$1,0.10^5$	$9,3.10^7$
AI	4.10^{11}	2.10^8	3.10^{12}	$2,3.10^7$	$4,2.10^7$	$7,0.10^8$
AIR	2.10^{14}	1.10^{13}	2.10^{14}	$1,5.10^7$	$2,2.10^7$	$1,9.10^8$

Legenda: EF – Efluente; MS - Material Suporte e LD – Lodo.

Fonte: Autoria própria.

Analisando os dados apresentados na Tabela 2 o ambiente em que as bactérias desnitrificantes melhor se desenvolveram foi a fase AIR, onde apenas o LD teve um desempenho igual em relação a fase AI, enquanto o MS e o LD apresentaram desempenhos significativamente melhor.

O crescimento microbiano das bactérias heterotróficas ao longo do período de operação do reator observado na Tabela 2 mostra que as concentrações das bactérias heterotróficas para os 3 meios (MS, EF e LD) foram semelhantes para as duas últimas fases.

As bactérias heterotróficas são responsáveis pela degradação da matéria orgânica, elas captam do ambiente o alimento que precisam, podem ser aeróbias ou facultativas pois se desenvolvem em condições de nutrientes e pH oferecidos pelo meio de cultura usado, na temperatura e tempo de incubação considerados (MACIEIRINHA, 2017).

Nas fases AI e AIR foi possível observar que houve o aumento da quantidade de UFC/ml das bactérias heterotróficas se comparado com a fase AC indicando que este grupo pode ter se adaptado melhor as condições quando submetido a aeração intermitente. A recirculação do efluente não mostrou grande importância para um maior de bactérias.

CONCLUSÃO

De modo geral pode-se concluir que dentre todas as fases estudadas neste trabalho a que apresentou melhor crescimento e desenvolvimento bacteriano das BOA, BON, Desnitrificantes e Heterotróficas foi a fase AIR seguida da fase de AI, mostrando que a aeração/não aeração favorece o crescimento dos micro-organismos desses grupos de bactéria e a recirculação conciliada com a aeração

intermitente beneficia ainda mais o crescimento destes grupos de micro-organismos.

REFERÊNCIAS

MOURA, R. B. D. E. Desempenho de um reator vertical de fluxo contínuo e leito estruturado com recirculação do efluente, submetido à aeração intermitente, na remoção de carbono e nitrogênio de um efluente sintético. **Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo**, São Carlos, SP, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal (2015)**.

CORREA, C. Z. **Reator de leito estruturado com recirculação submetido à aeração intermitente no tratamento de esgoto sanitário**. 2015 Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

MACIEIRINHA, V. R. **Quantificação de bactérias nitrificantes, desnitrificantes e heterotróficas em reator de leito estruturado utilizado no tratamento de efluente de laticínios**. 2017. 64 f. TCC (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

ALIBERTI, E. A. **Tratamento de efluente de laticínios em reator de leito estruturado submetido a diferentes condições operacionais**. 2017. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

BELSER, L W; MAYS, E L. Use of Nitrifier Activity Measurements To Estimate the Efficiency of Viable Nitrifier Counts in Soils and Sediments. **Applied And Environmental Microbiology**. Cawthron Institute, Nelson, New Zealand, p. 945-948. dez. 1982.

ZENG, R. J.; LEMAIRE, R.; YUAN, Z.; KELLER, J. Simultaneous nitrification, desnitrification, and phosphorus removal in a lab-scale sequencing batch reactor. **Biotechnology and Bioengineering**, v. 84, n. 2, p. 170-178, 2003.

OLIVEIRA, A. C. G. **Bactérias heterotróficas e autotróficas envolvidas na remoção de nitrogênio de lixiviado de aterro sanitário em reator de leito móvel**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

EPA. **Manual: Nitrogen Control**. UnitedStates Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1993



CALIJURI, M.C.; Alves, M.S.A. & Santos, A.C.A. 2006.
Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais. São Carlos-
SP: Rima; Brasília: CNPq.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná por possibilitar a oportunidade de participar do programa de iniciação científica voluntária e a Universidade Estadual de Londrina pelo aporte financeiro da parte experimental.