



II-218 - MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO EM REATOR ALIMENTADO COM EFLUENTE DE FRIGORÍFICO OPERADO EM BATELADAS COM AERAÇÃO INTERMITENTE EM UM MESMO CICLO

Alberto Moncari Barbosa de Sá⁽¹⁾

Graduando no curso de Tecnologia em Gerenciamento Ambiental na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão.

Lilian Caetano Bueno⁽²⁾

Tecnólogo em Gerenciamento Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão. Discente no III Curso de Especialização em Gerenciamento e Auditoria Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão.

Karina Querne de Carvalho⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental do campus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Kátia Valéria Marques Cardoso Prates⁽⁴⁾

Bióloga pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental do campus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Ajadir Fazolo⁽⁵⁾

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Docente da Coordenação de Ambiental do campus Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Endereço⁽¹⁾: Av. Dos Pardais, 140 – Jardim Tropical I – Campo Mourão - PR - CEP: 87310-160 - Brasil - Tel: +55 (44) 3525-8476 - Fax: +55 (44) 3525-6025 - e-mail: albertomoncari@hotmail.com.

RESUMO

Este artigo teve por objetivo apresentar resultados do monitoramento de um reator aeróbio em escala de bancada operado em batelada com aeração intermitente alimentado com efluente de um abatedouro de bovinos. O comportamento do reator foi avaliado por meio de caracterizações físico-químicas e microbiológicas durante 8 meses. Para a realização do experimento, foi montado um reator com um recipiente de plástico com capacidade de 10 L, com paredes internas revestidas com espuma de poliuretano e três compressores para efetuar a aeração. O trabalho foi realizado em duas etapas distintas. Na primeira etapa, o reator foi operado com aeração prolongada para estabelecimento de biomassa microbiana; na segunda etapa, o reator foi operado em seqüência com fluxo intermitente, com ciclos de 24, 36 e 48 horas. As análises físico-químicas foram realizadas para determinação de pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Amoniacal, Nitrito e Nitrato. Foi avaliada presença de bactérias: nitrificantes (oxidadoras de amônia e oxidadoras de nitrito) e bactérias desnitrificantes. O ciclo de 48 horas apresentou melhores eficiências de remoção de matéria orgânica (DQO) de 58%, quando comparado com os ciclos de 24 h (30%) e 36 h (37%); melhor remoção de nitrogênio amoniacal de 95%, quando comparados com os ciclos de 24 h (85%) e 36 h (86%). Os resultados microbiológicos do ciclo de 48 h apresentaram quase 100% na presença de bactérias nitrificantes e desnitrificantes. Esses resultados indicaram que quanto maior o período de permanência do efluente nas fases aeróbia e anóxica no reator, maior será a eficiência de remoção de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal.

PALAVRAS-CHAVE: Reator em Batelada Seqüencial, Aeração Intermitente, Efluente de Frigorífico, Nitrificação, Desnitrificação.



INTRODUÇÃO

A indústria de carnes tem crescido com o passar do tempo, principalmente devido ao aumento da população. Segundo o Conselho Nacional da Pecuária de Corte (CNPIC, 2007), o rebanho bovino aumentou de 169 milhões de cabeças no ano de 2000 para 205 milhões de cabeças no ano de 2006, ou seja, houve aumento da taxa de abate de 19% para 22% nesse período.

O abate de bovinos e suínos é realizado para obtenção de carne e de seus derivados destinados ao consumo humano. Como consequência, vários subprodutos e/ou resíduos são gerados, tais como, couro, sangue, ossos, gorduras, aparas de carne, tripas, bolo estomacal, dentre outros. Esses resíduos devem ser tratados e dispostos adequadamente de acordo com leis e normas sanitárias e ambientais vigentes (PACHECO e YAMANAKA, 2006).

Segundo Von Sperling (1996), cerca de $0,3 \text{ m}^3$ a $0,4 \text{ m}^3$ de água são consumidos para cada bovino abatido, o que pode acarretar na geração de 4 kg a 10 kg de carga orgânica em termos de DBO e de 15000 mg/L a 20000 mg/L de concentração de matéria orgânica em termos de DBO.

De modo geral, estes efluentes destacam-se por possuírem elevada concentração de nitrogênio orgânico nas formas de nitrogênio amoniacal. O tratamento de efluentes de frigoríficos deve atender aos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O artigo 34 dessa resolução determina limite máximo de 20 mg/L para concentração de nitrogênio amoniacal no lançamento de efluentes em ambientes aquáticos.

Para Iamamoto (2006), nitrogênio (em todas as formas) e fosfatos provenientes de sistemas de esgotos sanitários e de efluentes industriais tornam-se nutrientes disponíveis para plantas aquáticas e os principais responsáveis pela eutrofização, quando descartados em corpos de água. A ocorrência de nitratos em águas de abastecimento pode ser responsável pela incidência da doença denominada metahemoglobinemia ou síndrome do bebê azul.

O conhecimento da comunidade microbiana, da qualidade e da quantidade dos efluentes a serem tratados pelo sistema de tratamento, pode auxiliar no aprimoramento dos processos biológicos de tratamento e na obtenção de melhores eficiências de remoção da matéria orgânica e da matéria nitrogenada e na solução de problemas operacionais.

Segundo Randall e Stensel (1992), um dos processos biológicos de remoção de nitrogênio constitui-se de nitrificação, ou conversão/oxidação de amônia e nitrogênio orgânico em nitrito e deste em nitrato por microrganismos nitrificantes, e desnitrificação ou conversão de nitrato em nitrogênio gasoso em meio anaeróbio por microrganismos desnitrificantes. Os processos biológicos de nitrificação e desnitrificação podem ser realizados por um reator aeróbio em batelada sequencial (RBS), cujos ciclos sequenciais e intermitentes de aeração permitem remoção de nitrogênio e de fósforo.

O RBS é um reator operado em etapas sequenciais de enchimento, reação, sedimentação dos sólidos, repouso e descarte do sobrenadante, que ocorrem no mesmo tanque (METCALF e EDDY, 2003; USEPA, 1999). A massa biológica permanece dentro do reator durante todas as etapas, eliminando dessa forma a necessidade de decantadores separados (VON SPERLING *et al.*, 2001).

Nesse reator, o regime de escoamento em mistura completa promove maior contato entre o substrato e a biomassa presente em seu interior por mais tempo. O conteúdo do reator é misturado completamente onde todos os elementos são expostos ao tratamento por um período de tempo igual à permanência do substrato no reator. Segundo Von Sperling (1996), sistemas de fluxo intermitente apresentam elevada eficiência na remoção de matéria orgânica, satisfatória remoção de nitrogênio e maior flexibilidade operacional.

Dentro desse contexto, este artigo apresenta resultados do comportamento de um reator (10 L) aeróbio operado em batelada com aeração intermitente tratando efluente de um abatedouro de bovinos. O comportamento do reator foi avaliado por meio de caracterizações físico-químicas e microbiológicas durante 8 meses.



METODOLOGIA

A avaliação da remoção de nitrogênio no esgoto doméstico foi realizada em um reator em batelada sequencial com biomassa imobilizada (RBS) em escala de bancada, confeccionado com um recipiente plástico de 0,26 m de altura, 0,26 mm de diâmetro, volume total de 10 L e volume útil de 6 L. Um registro foi afixado no fundo do reator com a finalidade de efetuar o descarte do lodo excedente e outro registro foi acoplado na lateral do reator para retirada do efluente tratado. Foi utilizada espuma de poliuretano com 0,5 cm de espessura na parte interna do reator como meio suporte para imobilização da biomassa, como pode ser observado na Figura 1.

A aeração e manutenção da agitação interna do reator foi feita por três aeradores do tipo aquário modelo Máster Junior, com capacidade para 50 L/h e 5 W de potência (cada um), controlados por um temporizador. Os aeradores eram ligados a pedras porosas por uma mangueira para promover a difusão do ar no líquido.



O efluente utilizado na alimentação do reator era proveniente de um sistema de tratamento de efluentes de um frigorífico que abate em média 1000 cabeças de bovinos por mês. Este sistema é composto por tratamento preliminar com gradeamento para remoção de sólidos grosseiros e tratamento primário, composto por caixa de gordura e tanque de sedimentação e tratamento secundário composto por com cinco lagoas de estabilização em série (Figura 2).

Após o tratamento primário, o efluente é encaminhado para as quatro lagoas anaeróbias e uma lagoa facultativa (Figura 3). A primeira lagoa é caracterizada por uma espessa camada de sólidos devido a presença de material flotante no efluente. Após passar pela primeira lagoa, o efluente é encaminhado para a segunda lagoa por ação da gravidade; e posteriormente é recalcado por bombeamento da segunda lagoa para a terceira lagoa, e desta é encaminhado por ação da gravidade para a quarta lagoa seguindo para a quinta lagoa. Após passar pela quinta lagoa, o efluente é lançado no Rio Córrego dos Papagaios, pertencente à bacia hidrográfica do Rio do Campo.

O efluente usado na alimentação do reator era coletado na quarta lagoa do sistema de tratamento de efluentes do frigorífico uma vez por semana no período da tarde utilizando um recipiente de 25 L. Após a coleta, o efluente era encaminhado ao anexo 1 do Laboratório de Saneamento do *campus* Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná para realização das análises físico-químicas e dos exames microbiológicos do efluente.



Figura 2. Sistema de tratamento do frigorífico: a) caixa de gordura; b) tanques de sedimentação; c) tubulação de saída dos tanques de sedimentação; d) saída da 1ª lagoa anaeróbia.

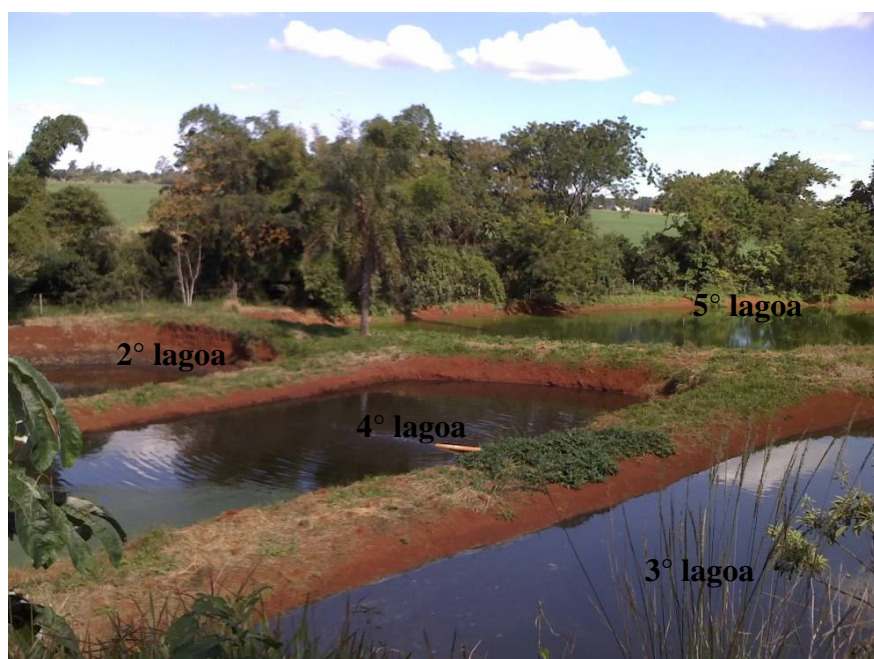


Figura 3. Representação do posicionamento das lagoas componentes do sistema de tratamento de efluentes do Frigorífico Mourão.

O acompanhamento do comportamento do reator foi realizado no anexo 1 do Laboratório de Saneamento do *campus* Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.

O trabalho foi realizado em duas etapas distintas: Na primeira etapa, a operação do reator aeróbio foi realizada com sistema de aeração contínua para estabelecimento de biomassa microbiana durante 30 dias; na segunda etapa, o reator foi operado em batelada sequencial com aeração intermitente para realização de 2 ciclos de 24



horas, 2 ciclos de 36 horas e um ciclo de 48 horas. O monitoramento físico-químico foi realizado no segundo ciclo de 24 h, 36 h e no ciclo de 48 h. O reator foi mantido à temperatura ambiente em todas as etapas de operação.

O estabelecimento da biomassa microbiana foi realizado durante 30 dias, não sendo feita pré-inoculação do reator. Durante este período, o reator foi alimentado com efluente do frigorífico uma vez por semana e mantido com aeração prolongada. Os aeradores permaneceram no sistema de aeração contínua.

Cubos de espuma de poliuretano foram recortados em medidas de 2 cm x 2 cm x 0,5 cm e inseridos no reator para acompanhamento do estabelecimento da biomassa.

O crescimento microbiano foi avaliado por meio de realização de análises de contagem em placa e microscopia ótica comum em sete amostras coletadas semanalmente. As amostras coletadas eram inseridas em tubos de ensaio esterilizados contendo 9 mL de água destilada para diluição em série (10^1 a 10^7).

Posteriormente, era realizado plaqueamento utilizando meio de cultura PCA (*Plate Count Agar*). Após a contagem das colônias, os microrganismos predominantes eram observados em microscópio óptico comum sob preparação à fresco e com coloração de Gram.

As amostras para as análises microbiológicas foram coletadas em tubos de ensaio esterilizados, sendo efetuadas duas coletas por ciclo. As vidrarias e acessórios utilizados durante o procedimento de análise também eram esterilizados. Amostras do efluente tratado em cada ciclo operacional eram coletadas para realização das análises microbiológicas.

Foi avaliada a presença de bactérias nitrificantes (oxidadoras de amônia e oxidadoras de nitrito) e bactérias desnitrificantes de acordo com a metodologia adaptada de Mendonça (2002), adaptando-o para efluente de frigorífico. Esta metodologia baseia-se na inoculação de efluente em tubos de ensaio contendo meio de cultura específico para cada grupo de bactérias e incubação desses tubos à temperatura de 25 °C. Nas análises microbiológicas foram utilizados 20 tubos para bactérias oxidadoras de amônia, 20 tubos para bactérias oxidadoras de nitrito e 20 tubos para bactérias desnitrificantes.

As análises para determinação das concentrações de nitrito e nitrato remanescentes foram realizadas após períodos de incubação de 15, 30 e 45 dias para verificação da presença de bactérias oxidadoras de amônia, oxidadoras de nitrito e desnitrificantes, respectivamente.

As análises físico-químicas para determinação de pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+), nitrito (N-NO_2^-) e nitrato (N-NO_3^-) foram realizadas em amostras do efluente coletado na quarta lagoa do sistema de tratamento de efluentes do frigorífico para caracterização inicial do efluente de acordo com as metodologias descritas no APHA (1998). Estas análises também foram realizadas durante cada batelada dos ciclos de 24 h, 36h, e 48h, para avaliar o comportamento do reator durante todo o período de operação (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros analisados, seus respectivos métodos e metodologia utilizada

Parâmetros	Método de Análise	Método N°	Referência
pH	Potenciométrico	4500_H ⁺	APHA, 1998
DQO	Espectrofotométrico	5220_D	APHA, 1998
N-NH_4^+	Titulométrico	4500_NH ₃ ⁻	APHA, 1998
N-NO_3^-	Espectrofotométrico	4500_NO ₃ ⁻	APHA, 1998
N-NO_2^-	Espectrofotométrico	4500_NO ₂ ⁻	APHA, 1998

Após a alimentação do reator com o efluente coletado na lagoa, era iniciada a aeração. Após 24 h de aeração, uma amostra do efluente era coletada e os aeradores eram desligados, iniciando a etapa anóxica. Após período de mais 24 h, outra amostra era coletada e o reator era esvaziado cuidadosamente, preparando-o para um novo ciclo. O mesmo procedimento era realizado para os ciclos operacionais de 36 h e 48 h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 são apresentadas as principais morfologias dos microrganismos observados na microscopia ótica e na coloração de Gram durante a etapa de estabelecimento da biomassa na espuma de poliuretano após 7 dias do início de operação do reator (Figura 4a; Figura 4b); na segunda semana de operação (Figura 4c; Figura 4d); na terceira semana de imobilização dos microrganismos (Figura 4e; Figura 4f); e após 30 dias de estabelecimento da biomassa microbiana (Figura 4g; Figura 4h).

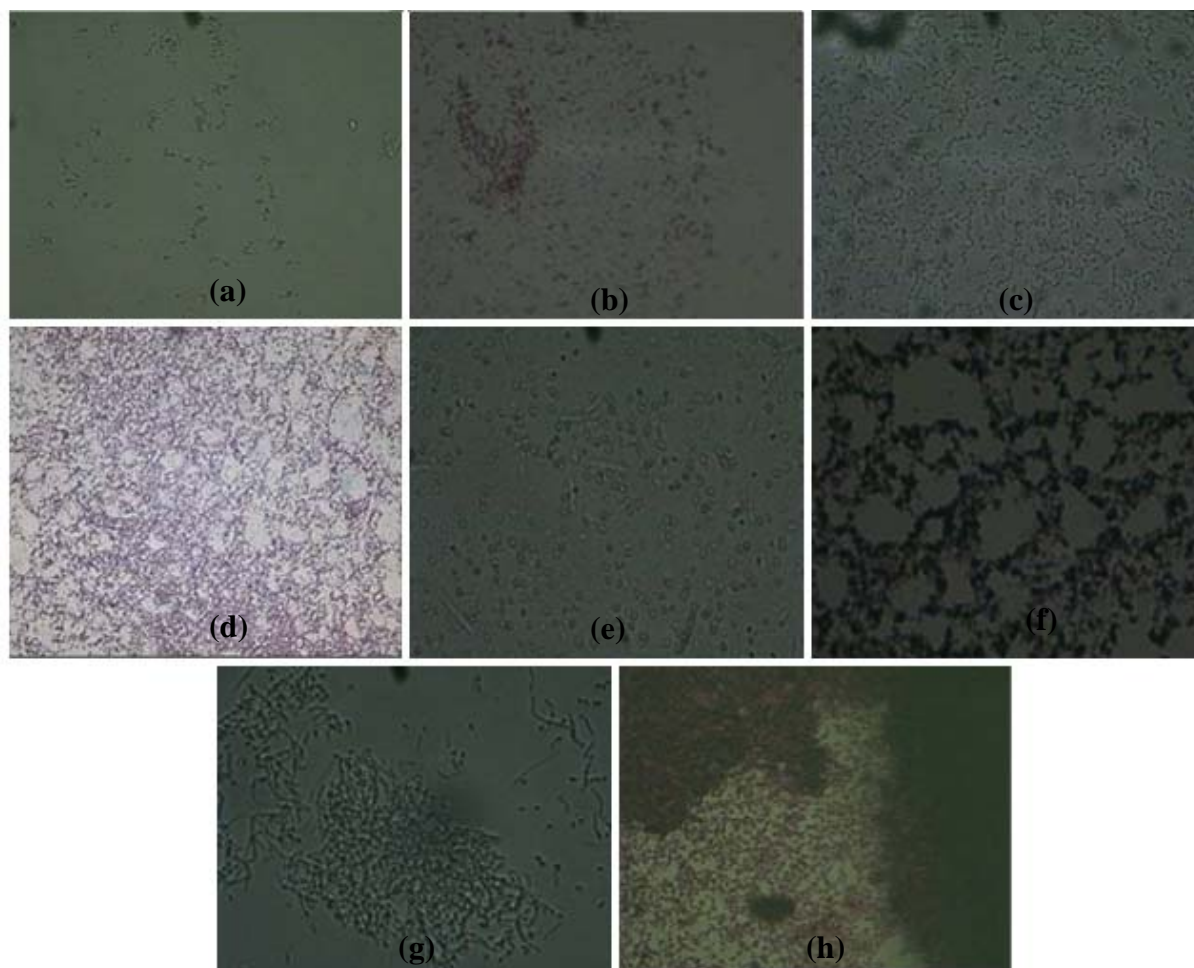


Figura 4. Fotomicrografia dos microrganismos observados na microscopia à fresco e na coloração de Gram com aumento de 1000x. (a) e (b) - morfologias semelhantes a bacilos; (c) e (d) - início da formação de aglomeração entre os microrganismos; e) e (f) microrganismos semelhantes a filamentos; (g) e (h) aglomeração entre colônias com predominância de microrganismos semelhantes a filamentosos.

Os resultados das análises microbiológicas indicaram aglomeração dos microrganismos e predominância de bacilos durante o processo de fixação da biomassa na espuma de poliuretano. Além disso, os resultados indicaram predomínio de microrganismos semelhantes a filamentos no final do processo de estabelecimento da biomassa.

O reator foi operado com aeração contínua durante o período de fixação da biomassa microbiana, o que provavelmente favoreceu o crescimento dos microrganismos aeróbios filamentosos no final do processo. Segundo Jenkins *et al.* (2003), quando não ocorre a alternância das condições anóxica e aeróbia, pode-se favorecer o crescimento de organismos filamentosos que são menos hábeis em tornar o substrato solúvel e estocar internamente nutrientes para posterior utilização durante períodos de escassez.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos durante a caracterização do efluente bruto proveniente do frigorífico. As amostras foram coletadas no início de cada ciclo de operação do reator, ou seja, antes do início da etapa com aeração.



Tabela 2. Características físico-químicas do efluente

Parâmetros	Efluente				
	N	X	DP	Min	Máx
pH	3	7,6	0,5	7,0	8,0
DQO bruta (mg/L)	3	411	130	307	557
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	3	157	15	147	174
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	3	0	0	0	0
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	3	7	0	7	7
N: número de amostras; X: média aritmética; DP: desvio padrão; Min: valor mínimo; Máx: valor máximo					

É possível observar na Tabela 2 que os valores de pH variaram de 7,0 a 8,0 no efluente bruto. Esses valores estão próximos da faixa de 7,0 a 9,0 para desenvolvimento de bactérias nitrificantes e desnitrificantes (ESTEVEZ, 1998). A concentração média de matéria orgânica em termos de DQO bruta no efluente foi de 411±130 mg/L, com picos de mínimo e máximo de 307 mg/L e 557 mg/L, respectivamente.

A concentração média de nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺) resultou em 157±15 mg/L, com variação de 147 mg/L a 174 mg/L. Não foi detectada concentração de nitrito, provavelmente porque o nitrogênio orgânico na forma de amônia não é oxidado em condições anaeróbias (USEPA, 1993). Segundo Teixeira (2006), a concentração de nitrito antes do tratamento de efluente de abatedouro, apresenta-se geralmente em concentrações traços inferiores a 1 mg/L. A concentração média de nitrato resultou em 7±0 mg/L.

Com a prévia caracterização do efluente bruto, foi possível notar que o efluente apresentou concentrações significativas de matéria orgânica e de nitrogênio amoniacal mesmo após o tratamento secundário da quarta lagoa da estação de tratamento de efluente do frigorífico.

Os resultados das análises físico-químicas do ciclo de 24 horas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados das análises físico-químicas do ciclo de 24 horas

Parâmetros	Bruto	24 h – aerado	24 h – anóxico
pH	7,8	7,2	7,9
DQO bruta (mg/L)	368	262	253
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	147	11	22
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0	38	41
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	7	10	10

Após o ciclo de 24 h, foi possível verificar que o efluente apresentou valores de pH de 7,2 (período aerado) e 7,9 (período anóxico). Segundo Metcalf e Eddy (2003), a taxa de nitrificação decresce significativamente em valores de pH inferiores a 6,8. Os autores ressaltaram ainda que o valor de pH ótimo para desnitrificação está na faixa de 6,0 a 8,0.

Foi possível observar diminuição na concentração de matéria orgânica de 368 mg/L para 253 mg/L em termos de DQO, correspondente a eficiência de remoção de aproximadamente 31% durante todo o ciclo, sendo aproximadamente 29% na fase aeróbia e 2 % na fase anóxica.

Foi possível notar significativa diminuição na concentração de nitrogênio amoniacal de 147 mg/L para 11 mg/L, o que representou eficiência de remoção de aproximadamente 92% na fase aeróbia, uma vez que este é convertido em nitrito com concentrações máximas de 38 mg/L. Na fase anóxica, notou-se aumento de 50% na concentração de nitrogênio amoniacal (de 11 mg/L para 22 mg/L). De acordo com Peng *et al.* (2005), o nitrogênio orgânico é convertido a amoniacal em condições anaeróbia e aeróbia. Durante a fase anóxica foi possível observar aumento de 7% na concentração de nitrito (de 38 mg/L para 41 mg/L); e nitrato com concentração máxima de 10 mg/L.



Na Tabela 4 são apresentados os resultados das análises físico-químicas do ciclo de 36 horas.

Tabela 4. Resultados das análises físico-químicas do ciclo de 36 horas

Parâmetros	Bruto	36 h – aerado	36 h – anóxico
pH	7	6	6,6
DQO bruta (mg/L)	307	203	192
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	152	5	11
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0	56	35
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	7	11	11

Houve redução dos valores de pH durante este ciclo após a fase aeróbia de 7,0 para 6,0, seguido de aumento após a fase anóxica de 6,0 para 6,6.

No término deste ciclo, verificou-se maior eficiência na remoção de matéria orgânica em termos de DQO (de 307 mg/L para 192 mg/L), ou seja, de aproximadamente 37% durante todo o ciclo, sendo 34% na fase aeróbia e 3% na fase anóxica.

A eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal foi de aproximadamente 97% (de 152 mg/L para 5 mg/L) na fase aeróbia. Porém, a concentração de nitrogênio amoniacal aumentou de 5 mg/L para 11 mg/L na fase anóxica. Houve aumento da concentração de nitrito para 56 mg/L na fase aeróbia e diminuição para 35 mg/L na fase anóxica. A concentração de nitrato aumentou de 7 mg/L para 11 mg/L na fase aeróbia e permaneceu constante e igual a 11 mg/L na fase anóxica.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados das análises físico-químicas do ciclo de 48 horas.

Tabela 5. Resultados das análises físico-químicas do ciclo de 48 horas

Parâmetros	Bruto	48 h - aerado	48 h - anóxico
pH	8	7,6	8,1
DQO bruta (mg/L)	557	249	226
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	174	4	9
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0	85	50
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	7	10	9

Houve diminuição dos valores de pH para este ciclo de 8,0 para 7,6 após a fase aeróbia e aumento de 7,6 para 8,1 após o período anóxico.

No término do ciclo de 48 h, foi possível observar eficiência de remoção de matéria orgânica em termos de DQO de aproximadamente 60% (de 557 mg/L para 226 mg/L), sendo 55% na fase aeróbia e 5% na fase anóxica.

A eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal foi de aproximadamente 98% na fase aeróbia, com redução de 174 mg/L para 4 mg/L. Nesta etapa, notou-se aumento na concentração de nitrito para 85 mg/L. Houve aumento na concentração de nitrato de 7 mg/L para 10 mg/L.

No final da fase anóxica, notou-se aumento na concentração de nitrogênio amoniacal de 4 mg/L para 9 mg/L. A concentração de nitrito diminuiu de 85 mg/L para 50 mg/L e a concentração de nitrato permaneceu em 9 mg/L.

A Tabela 6 apresenta os resultados microbiológicos referentes à determinação da presença de bactérias nitrificantes (oxidadoras de amônia e oxidadoras de nitrito) e desnitrificantes para os ciclos de 24 h, 36 h e 48 h.

**Tabela 6. Resultados positivos (%) para os microrganismos de interesse**

Bactérias	Ciclo 24 horas	Ciclo 36 horas	Ciclo 48 horas
Oxidadoras de amônia	60	93	98
Oxidadoras de nitrito	70	100	98
Desnitrificantes	50	98	100

Na Tabela 6 pode-se observar que mais de 50% dos tubos de ensaio apresentaram resultado positivo durante o ciclo de 24 h, indicando presença de bactérias nitrificantes e desnitrificantes. No entanto, os ciclos de 36 h e de 48 h apresentaram maior número de tubos positivos com presença de mais de 90% e de aproximadamente 100% para as bactérias nitrificantes e desnitrificantes.

CONCLUSÕES

Com base na caracterização do sistema de tratamento de efluentes do frigorífico pôde-se notar que o efluente da quarta lagoa apresentou concentrações médias remanescentes de matéria orgânica em termos de DQO e de nitrogênio amoniacal iguais a 411 ± 130 mg/ e 157 ± 15 mg/L, respectivamente.

Com base nos resultados obtidos no período de operação do reator aeróbio, operado em batelada com aeração intermitente, foi possível concluir que as eficiências de remoção de matéria orgânica (em termos de DQO) resultaram em 31%, 37% e 60% nos ciclos de 24 h, 36 h e 48 h, respectivamente.

As eficiências de conversão de nitrogênio amoniacal a nitrito e nitrato foram de aproximadamente 92%, 97% e 98% nos ciclos de 24 h, 36 h e 48 h, respectivamente.

Os resultados das análises microbiológicas indicaram que mais de 50% das amostras foram positivas quanto à presença de bactérias nitrificantes e desnitrificantes nos três ciclos operacionais.

O ciclo de 24 h não apresentou diferença significativa com o ciclo de 36 h em relação à eficiência de remoção da matéria orgânica (DQO) e nitrogênio amoniacal. Por outro lado, o ciclo de 36 h apresentou diferença significativa na presença de bactérias nitrificantes e desnitrificantes. Essa diferença pode ser devido ao período de adaptação dos microrganismos no biofilme, pois o ciclo de 36 h foi realizado sete dias após o ciclo de 24 h.

O ciclo de 48 horas apresentou melhores eficiências de remoção de matéria orgânica (em termos de DQO) de aproximadamente 60%, quando comparado com os ciclos de 24 h (31%) e 36 h (37%). Além disso, esse ciclo apresentou melhor eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal de 98%, quando comparado com os ciclos de 24 h (92%) e 36 h (97%) e quase 100% de resultados positivos quanto à presença de bactérias nitrificantes e desnitrificantes.

Esses resultados indicaram que quanto maior o período de permanência deste efluente sob fases aeróbia e anóxica neste reator, maior será a eficiência de remoção de matéria orgânica e nitrogênio. Porém, são necessários estudos mais aprofundados para avaliar se os melhores resultados obtidos no ciclo de 48 h não estão relacionados ao período de adaptação dos microrganismos, pois este ciclo foi realizado posteriormente aos ciclos de 24 h e 36 h.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução Conama nº 357. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/conama/> > Acesso em 19/08/2008.
2. CNPC - CONSELHO NACIONAL DA PECUÁRIA DE CORTE. Balanço da pecuária bovina de corte. Site corporativo. Disponível em <http://www.cnpc.org.br> acessado em julho de 2007.
3. ESTEVES, F.A. (1998). Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 601 p.
4. JENKINS, D., RICHARD, M.G., DAIGGER, G.T. (2003) Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming and other solids separation problems. 3ª ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 190 p.



5. MENDONÇA, L.C. Microbiologia e cinética de sistemas de lodos ativados como pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio de leito expandido. São Carlos, 2002. Tese de doutorado–Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.
6. METCALF e EDDY. (2003). Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. 4 a ed. New York: McGraw-Hill Inc. 1408 p.
7. PACHECO, J.W., YAMANAKA, H.T. (2006). Guia técnico ambiental de frigoríficos–industrialização de carnes bovina e suína (série P+L). São Paulo: CETESB. 85 p. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/frigorifico.pdf acessado em julho de 2008.
8. PENG, J.F., WANG, B.Z., WANG, L. Multi- stage ponds-wetlands ecosystem for effective wastewater treatment. Journal of Zhejiang University Science, v.6, n.5, p. 346-352, Ago. 2005.
9. RANDALL, J.L., STENSEL, C.W. (1992). Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal. Lancaster: Technomic Publishing Inc. 420 p.
10. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER (2005). 21º ed. Amer. Public Health Association/American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, D.C., USA, 1134p.
11. TEIXEIRA, R.M. (2006). Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação de desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento. São Carlos, 2006. Tese de doutorado–Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.
12. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). (1999). Wastewater treatment fact sheet–Sequencing batch reactors, Washington.
13. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). (1993). Process design manual for Nitrogen removal. (EPA/625/R-93/010). U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
14. VON SPERLING, M. (1996). Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: DESA/UFMG. 211 p.
15. VON SPERLING, M., VAN HAANDEL, A.C., JORDÃO, E.P., CAMPOS, J.R., CYBIS, L.F., AISSE, M.M., ALÉM SOBRINHO, P. (2001) Pós-tratamento de efluente de reatores anaeróbios por sistema de lodos ativados. In: CHERNICHARO, C.A.L., coord. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: DESA. cap.5, p.279-331.