

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DO EFLUENTE DE FRIGORÍFICO DE AVES UTILIZANDO TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO COM COAGULANTE À BASE DE TANINO E PROCESSOS BIOLÓGICOS ANAERÓBIO E AERADO

Stephanie Mantovani Tré*
Karolline Mayara Quadros**
Eduarda de Magalhães Dias Frinhani***

Resumo

Sabe-se que, no que se refere aos frigoríficos, os efluentes são volumosos e representam um sério problema pelo alto teor de matéria orgânica, necessitando, portanto, de um tratamento eficaz para a redução da referida. Nesse sentido, o tratamento com o arranjo correto desempenha um importante papel, por ser responsável pela eliminação de grande parte da carga poluidora do despejo. Diante desse panorama, o objetivo do estudo foi avaliar a eficiência do tratamento do efluente de frigorífico de aves, utilizando concentrações de coagulante conforme o pH inicial de cada amostra, variando de 1,5 ml/L a 2,0 ml/L de tanino, nos quais 6,0 ml/L a 15 ml/L de floculante e processos biológicos anaeróbio e aerado, em que os referidos foram realizados em teste de bancada. Para isso, foram testadas as seguintes configurações: Reator Anaeróbio/Reator Aerado/Coagulação; Reator Aerado/Reator Anaeróbio/Coagulação; Coagulação/Reator Anaeróbio/Reator Aerado; Coagulação/Reator Aerado/Reator Anaeróbio. Os parâmetros físico-Químicos analisados foram: pH, turbidez, nitrogênio total, fósforo total, DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Biológica de Oxigênio). Os resultados foram comparados com os padrões de lançamento estipulados nas legislações federal e estadual para disposição nos corpos receptores. Os resultados mostraram que a configuração Coagulação/Reator Aerado/Reator Anaeróbio foi a que apresentou maior eficiência na remoção dos parâmetros citados. Palavras-chave: Eficiência. Tratamento de efluente. Processo anaeróbio e aerado. Tanino.

1 INTRODUÇÃO

Notório é que o efluente industrial de frigoríficos possui características próprias. Para que sejam avaliados os parâmetros de tratamento, é necessário que uma amostra do resíduo líquido seja coletada e analisada em laboratório, a fim de que se averigüe qual sistema é o mais adequado para remoção dos poluentes.

A utilização de processos físico-químicos para o tratamento de efluentes é empregada com a finalidade de remover partículas coloidais e sólidas em suspensão (EL-GOHARY; TAWFIK; MAHMOUD, 2010). Com o tratamento também se visa remover os organismos patogênicos e as substâncias químicas orgânicas ou inorgânicas que podem ser prejudiciais à saúde humana. Os processos físico-químicos são comumente utilizados para tratamento de água de abastecimento; todavia, tem sido muito estudada a utilização dessa tecnologia para tratamento de efluentes domésticos e industriais. Os principais processos físico-químicos de tratamento de água e efluentes são: coagulação, floculação, decantação/flotação e filtração (NEVES, 2011).

* Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; fiscal2@gratt.com.br

** Engenheira Sanitária e Ambiental pela Universidade do Oeste de Santa Catarina

*** Doutora em Ciências Florestal pela Universidade Federal de Viçosa; Mestre em Agroquímica pela Universidade Federal de Viçosa.

O Tanfloc é um coagulante polimérico catiônico produzido a partir de tanino extraído da *Acacia mearnsii* de Wildemann, ou acácia negra, planta de origem australiana (MANGRICH et al., 2014). Tal coagulante é amplamente utilizado nas estações de tratamento de água com grande eficiência e por não produzir lodos com metais pesados, motivos esses que influenciaram a pesquisa no tratamento de efluentes industriais.

Na coagulação, as partículas coloidais são neutralizadas e aglutinadas em partículas de maiores dimensões (maior volume e maior peso) por meio do uso de coagulantes (reagentes químicos), que eliminam a carga eletroestática negativa da superfície das partículas, o que diminui a repulsão entre elas, e por intermédio da agitação rápida que promove o choque entre as partículas. Os coagulantes mais comuns são os sais de ferro e de alumínio que permitem a formação de flocos por meio da precipitação conjunta do hidróxido metálico com as impurezas por ele neutralizadas (CACHEIRA et al., 2012).

A floculação consiste, então, na agregação de partículas neutralizadas na fase da coagulação, formando-se flocos com a ajuda de um floculante (polímero), que se liga a elas por intermédio de “pontes”. Os flocos vão aumentando de peso e tamanho permitindo a sua sedimentação por ação da gravidade, de forma a mais tarde poder separá-los da água por processos como a decantação e a filtração (CACHEIRA et al., 2013).

Nessa fase há uma agitação mecânica da massa de água, mas a uma velocidade mais lenta, de modo a promover o bom contato entre as partículas e os flocos, e sem que haja a destruição daqueles já formados (RODRIGUES; BOAVENTURA, 2004).

Os processos biológicos de tratamento reproduzem em escala de tempo e área os fenômenos de autodepuração que ocorrem na natureza. Têm como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, por meio da transformação desta em sólidos sedimentáveis (flocos biológicos), ou gases (RAMALHO, 1991).

A simplicidade e eficiência do processo, o baixo custo de construção e operação e as condições climáticas favoráveis fazem as lagoas de estabilização um processo de grande aceitação. Nas lagoas anaeróbias predominam processos de fermentação anaeróbia; abaixo da superfície não existe oxigênio dissolvido e o fenômeno da digestão ácida e fermentações metânicas comandam o processo (JORDÃO; PESSÔA, 2011). Entretanto, nas lagoas aeradas, o oxigênio requerido pelos organismos decompositores da matéria orgânica solúvel e finamente particulada é introduzido por meio de sistemas mecânicos (MATOS, 2005).

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a configuração mais adequada para tratamento do efluente de um frigorífico de aves, utilizando processo de coagulação com tanino, sistema anaeróbio e sistema aerado.

2 METODOLOGIA

Para a realização dos testes, foram coletados 15 litros de amostra simples no tanque de equalização, pós-tratamento preliminar de remoção de sólidos grosseiros, e armazenados em bombonas de 20 litros. As amostras foram acondicionadas e enviadas ao laboratório de Saneamento, Estrutura e Meio Ambiente. Os experimentos ocorreram entre os meses de outubro de 2014 e maio de 2015.

Amostras dos efluentes brutos e após tratamento foram analisadas em relação aos seguintes parâmetros: o pH e a temperatura das amostras foi aferido por meio do pHmetro Microprocessador Quimis, o oxigênio dissolvido por intermédio do oxímetro YSI, a turbidez determinada com o turbidímetro HI 88713 – ISO Hanna Instruments, a cor verdadeira foi determinada após a filtração da amostra em um microfiltro de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro e a leitura da cor verdadeira e da cor aparente foi realizada utilizando o espectrômetro PHARO 300. Para a determinação da DQO (Demanda Química de Oxigênio) as amostras foram digeridas no reator Merck TR420, e utilizou-se um kit de digestão ácida com dicromato – baseado no SM (Standard Methods) 5220, a DBO (Demanda Química de Oxigênio) foi determinada utilizando o método Oxitop, ficando as amostras em incubadora Nova Ética 411D. Para determinação do fósforo total, nitrogênio total, nitrato e nitrito, foram utilizados Kits de Merck, seguindo os devidos protocolos e logo encaminhado para leitura no espectrômetro PHARO 300.

O processo físico-químico foi realizado em *Jar test*, com agitação rápida a 180 rpm por 5 minutos e agitação lenta a 30 rpm por 15 minutos. O tratamento biológico (anaeróbio e aerado) foi realizado em reatores pilotos, constituídos de tanques em vidro, com as seguintes dimensões: comprimento 0,40 m, largura 0,20 m e altura 0,30 m. O reator anaeróbio foi fechado com tampa, para minimizar a que não tivesse a presença de oxigênio, e no reator aerado foi inse-

rida bomba submersa modelo Master com uma potência de 8 watts (modelo aquático), para transferência de oxigênio ao efluente, simulando, assim, as atividades biológicas em lagos de tratamento.

No processo físico-químico, utilizaram-se concentrações de coagulante natural tanino (SL) comercial Tanfloc® e polímero catiônico (floculante). Visando determinar o pH ideal para a coagulação, realizaram-se testes preliminares, nos quais se dosou, sob agitação manual, a concentração do coagulante, monitorando o pH até observar a formação das partículas da matéria orgânica e determinação do volume de coagulante necessário. Mediante essa correção, adicionou-se o floculante até a formação de flocos e, em seguida, observou-se a decantação.

Foram testadas quatro configurações do processo, alternando a sequência de tratamento físico-químico, anaeróbio e aerado, conforme descrito a seguir:

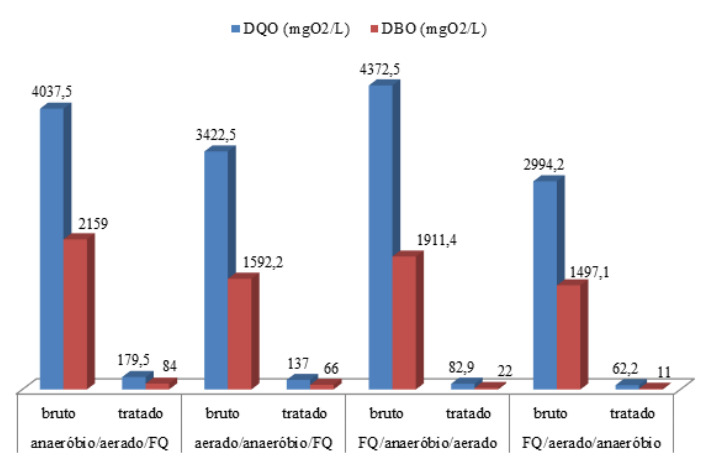
- **Configuração 1:** o efluente bruto inicialmente tratado pelo processo biológico anaeróbio, seguido do processo aerado, com polimento final físico-químico (FQ), no qual se utilizou uma dosagem de 1,5 ml/L de tanino e 6 ml/L do polímero floculante.
- **Configuração 2:** os sistemas biológicos foram invertidos, com reator aerado antes do reator anaeróbio e com processo físico-químico, utilizando a dosagem de 1,0 ml/L de tanino e 10 ml/L de polímero floculante.
- **Configuração 3:** foi realizado o processo de tratamento físico-químico por coagulação do efluente bruto com coagulante à base de tanino, utilizando uma dosagem de 2 ml/L e 15 ml/L de polímero floculante por litro. Em seguida, o clarificado foi tratado por processo biológico anaeróbio e pelo processo aerado.
- **Configuração 4:** foi realizado o processo de tratamento físico-químico por coagulação do efluente bruto com coagulante à base de tanino, utilizando uma dosagem de 1,5 ml/L de tanino e 6 ml/L de polímero floculante. Em seguida, o clarificado foi tratado por processo aerado e, conseqüentemente, anaeróbio.

Nas quatro configurações testadas, realizou-se a coleta e a análise da amostra de efluente após cinco semanas, em que o efluente no reator anaeróbio foi tratado por um período de três semanas e o aerado por duas semanas. Após esse período, o sobrenadante obtido após o tratamento foi coletado em um béquer e utilizado para determinação dos parâmetros. Todos os dados analisados foram anotados em uma planilha de Excel para o registro dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas configurações de tratamento testadas, o efluente bruto apresentou uma temperatura média de 23 °C e manteve-se com a mesma temperatura durante o experimento. As concentrações de DQO e DBO das amostras de efluente bruto e após tratamento utilizando-se as quatro configurações testadas são apresentadas no Gráfico 1. Essas concentrações foram utilizadas para determinação da eficiência dos processos em relação à remoção de matéria orgânica, considerando que os efluentes brutos não apresentavam a mesma concentração de DBO e DQO inicial.

Gráfico 1 – Concentrações de DQO e DBO do efluente bruto e após tratamento utilizando as quatro configurações testadas



Fonte: os autores.

Considerando a Tabela 1, a eficiência da remoção de DQO e DBO são maiores de 95%, sendo permitido seu lançamento em corpo hídrico, segundo a resolução CONAMA 430/11, que estabelece a remoção de 60% em DBO. A terceira configuração obteve o melhor resultado em relação à remoção de DQO e a segunda configuração a maior eficiência para remoção de DBO.

Tabela 1 – Resultados da DQO e DBO em porcentagem

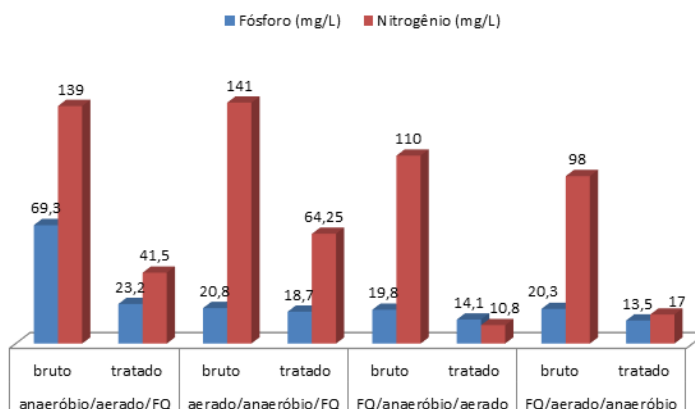
Configurações	% eficiência DQO	% eficiência DBO
1 – anaeróbio/aerado/FQ	95,5	96,1
2 – aerado/anaeróbio/FQ	95,9	99,6
3 – FQ/anaeróbio/aerado	98,1	98,8
4 – FQ/aerado/anaeróbio	97,9	99,2

Fonte: os autores.

As duas últimas etapas, em que o processo físico-químico ocorreu em um primeiro momento, foram as que mostraram melhor eficiência final em DQO e DBO. Com uma carga orgânica menor, após o efluente passar pela coagulação com Tanino, o sistema biológico não ficou sobrecarregado e os microrganismos presentes degradaram o efluente com maior facilidade.

No Gráfico 2 são apresentadas as concentrações de fósforo e nitrogênio total das amostras de efluente bruto e após tratamento, utilizando-se as quatro configurações.

Gráfico 2 – Concentrações de fósforo e nitrogênio do efluente bruto e após tratamento utilizando as quatro configurações testadas



Fonte: os autores.

O nitrogênio e o fósforo são nutrientes com baixa biodegradabilidade, por isso é mais difícil ter resultados satisfatórios no tratamento por meio de processos tradicionais.

A Resolução do Conama n. 430 não estabelece padrão de lançamento para fósforo, porém o Código Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina, instituído pela Lei n. 14.675, de 13 de abril de 2009, estabelece que em lançamentos em trechos de lagoas, lagunas e estuários, além dos demais parâmetros e padrões estabelecidos, deve ser observado o limite de 4 mg/L ou os sistemas de tratamento devem operar com eficiência mínima de 75% na remoção do fósforo, desde que não altere as características dos corpos de água previstas por lei. Considerando tais colocações nenhuma das configurações atingiu as exigências, sendo necessário um tratamento mais efetivo.

De acordo com Schoenhals (2006), a maior parte do fósforo despejado em efluentes (50 a 80%) está contida nos sólidos suspensos. Dessa forma, no processo de coagulação, a remoção de fósforo ocorre em razão da incorporação dos fosfatos aos sólidos em suspensão. Com a consequente redução desses sólidos durante o processo, a concentração de fósforo diminui em decorrência da adsorção direta dos íons fosfato nos produtos da hidrólise formados pelo íon metálico utilizado como coagulante e em razão da remoção por meio da formação de fosfatos precipitados com os sais

metálicos. Assim, um mecanismo que possa remover uma grande quantidade de sólidos suspensos também irá contribuir para a redução do nível global de descarga de fósforo (SCHOENHALS, 2006).

O nitrogênio pode estar presente nos efluentes de várias formas: Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3), amoniacal (NH_3) ou gás N_2 . Consiste em um elemento indispensável para o crescimento de qualquer organismo. Entretanto, quando em excesso, o nitrogênio associado ao fósforo pode ocasionar um exagerado desenvolvimento de organismos, notadamente de algas, as quais promovem a turvação da água impedindo a passagem de luz (DEZOTTI, 2008).

No Gráfico 2, foram apresentados os resultados para o parâmetro nitrogênio total. De acordo com os resultados obtidos, pode-se constatar que a maior remoção desse nutriente foi na terceira configuração, totalizando 90%, seguida da quarta configuração, com 82%, sendo a primeira com 70% e a segunda com 54%.

Segundo Kunz, Steinmtz e Bortoli (2010), os resultados dos testes de jarro desenvolvidos em um flotodecantador, utilizando coagulante tanino e polímero catiônico, demonstraram a possibilidade da melhora na eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo, assim como DQO. Portanto, acompanhou-se a eficiência na remoção de nitrogênio após a implementação das melhorias ao processo, as quais estão associadas ao processo de separação sólido-líquido. Embora o efluente bruto tenha apresentado concentração média aproximadamente 25% superior no segundo período em relação ao primeiro, a eficiência de remoção de nitrogênio passou de 17 para 26%, superior em 33% no segundo período em relação ao primeiro.

A adoção de uma etapa anterior com o uso de agentes coagulantes e floculantes proporcionou uma maior remoção da matéria orgânica e conseqüente melhora dos resultados dos parâmetros analisados. O uso de um processo anaeróbio contribuiu para a degradação de compostos mais complexos que são dificilmente degradados por processos aeróbios.

4 CONCLUSÕES

Com a realização do presente trabalho, conclui-se que as configurações utilizadas apresentaram eficiências satisfatórias no que se refere à remoção de carga orgânica, quantificada na forma de DBO e DQO, obtendo-se remoção superior a 95%. As quatro configurações possibilitaram o atendimento à Resolução Conama n. 430, que estabelece para DBO máximo de 120 mg/L; esse limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO.

O efluente tratado por processo físico-químico com o uso de um coagulante à base de tanino, seguido do biológico (anaeróbio/aerado), foi o que apresentou os melhores resultados para carga orgânica, e nas configurações nas quais o tratamento físico-químico precedeu o tratamento biológico foram observadas as melhores remoções de nitrogênio total e fósforo.

Evaluation of the efficiency of the effluente of refrigerator of chicken using phisico-chemical treatment with tannin-based coagulant and anaerobic and aerated biological processes

Abstract

It is known that, when it comes to refrigerators, effluents are bulky and pose a serious problem for the high content of organic matter, requiring therefore an effective treatment for reducing said. Accordingly, treatment with the correct arrangement plays an important role since it is responsible for the elimination of much of the pollutant load dump. Against this background, the objective of the study was to evaluate the efficiency of the treatment of poultry slaughtering effluent using coagulant concentrations as the initial pH of each sample, ranging 1.5 ml/L at 2.0 ml/L of tannin in which 6.0 ml/L to 15 ml/L flocculant and aerated and anaerobic biological processes, where they were carried out in bench testing. For this the following settings were tested: Anaerobic Reactor/Reactor Aerated/coagulation; Reactor Aerated/Anaerobic Reactor/coagulation; Coagulation/Anaerobic Reactor/Aerated Reactor; (4) Coagulation/Reactor Aerated/Anaerobic Reactor. The physical and chemical parameters were analyzed: pH, turbidity, total nitrogen, total phosphorus, COD (Chemical Oxygen Demand) and BOD (biological oxygen demand). The results were compared with the discharge standards stipulated in federal and state laws for disposal in receiving bodies. The results showed that the coagulation configuration/Reactor Aerate/Anaerobic Reactor, showed the highest removal efficiency of the above parameters.

Keywords: Efficiency. Effluent treatment. Processes anaerobic and aerated. Tannin.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Conama n. 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2015.
- BRASIL. **Conama n. 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 13 maio 2011. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?Codlegi=646>. Acesso em: 27 jul. 2015.
- CACHEIRA, Catarina Seabra et al. **Processo de Coagulação-Floculação**. 2012. 20 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Universidade do Porto, Portugal, 2013.
- CHEIS, Daiana. Remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, no tratamento de esgoto. **Redação e Publicidade**, São Paulo, 02 abr. 2014. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=7454>>. Acesso em: 27 jul. 2015.
- DEZOTTI, Marcia. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2008.
- EL-GOHARY Fatma; TAWFIK, Ahmed; MAHMOUD, U. Comparative study between chemical 19 Coagulation/Precipitation (C/P) versus Coagulation/Dissolved Air Flotation (C/DAF) for pretreatment of Personal Care Products (PCPs) wastewater. **Desalination**, v. 252, 2010.
- GIORDANO, Gandhi; BARBOSA FILHO, Olavo. O processo eletrolítico aplicado ao saneamento ambiental de balneários. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000.
- JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A. **Tratamentos de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.
- KUNZ Airton; STEINMETZ, Ricardo L.; BORTOLI, Marcelo. Separação sólido-líquido em efluentes da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Florianópolis, v. 14, nov. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010001100012&script=sci_arttext>. Acesso em: 30 jul. 2015.
- LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2008.
- MANGRICH, Antonio S. et al. Química verde no tratamento de água: Uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*. **Revista Virtual de Química**, Curitiba, v. 6, 2014.
- MATOS, Olivia Souza de. **Avaliação do desempenho e caracterização de parâmetros em lagoa aerada seguida de lagoa de sedimentação**. 2005. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- NEVES, Thiago de Alencar. **Tratamento físico-químico dos efluentes líquidos da produção de biodiesel metílico em regime de funcionamento contínuo e batelada**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental)–Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.
- RAMALHO, Rubens Sette. **Tratamiento de Aguas Residuales**. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 1991.
- RODRIGUES, Paula Alexandra Esteves; BOAVENTURA, Rui Alfredo da Rocha. **Optimização do processo de coagulação/floculação química na ETA do Ferro**. Dissertação (Mestrado integrado à Engenharia do Ambiente – Faculdade de Engenharia)–Universidade do Porto, Porto, 2004.
- FRINHANI, Eduarda Magalhães Dias; SANTOS, Cleides Silveira dos. **Determinação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção físico-química de fósforo em uma planta de abate e industrialização de aves**. 2014. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas)–Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2014.

SCHOENHALS, Marlise. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola.** 2006. 99 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SILVA, Camila Vidal Alves. **Remoção de fósforo em estação compacta de tratamento de esgotos sanitários através de precipitação química.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)–Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

TEIXEIRA, Roberta Miranda. **Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento.** 2006. 154 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

