

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## TRATAMIENTO DE EFLUENTE DE FÁBRICA DE RAÇÃO ANIMAL POR FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO

\*Bruna Luiza Managó<sup>1</sup>  
Hioná Valéria Dal Magro Follmann<sup>1</sup>  
Carlos Magno de Sousa Vidal<sup>2</sup>  
Maria Magdalena Ribas Doll<sup>3</sup>

PET FOOD INDUSTRY WASTEWATER TREATMENT BY  
DISSOLVED AIR FLOTATION

Recibido el 31 de octubre de 2016; Aceptado el 9 de julio de 2017

### Abstract

*The food industries produce large amounts of wastewater containing high concentrations of dissolved organics, suspended solids, oils and greases, color, nitrogen and phosphorus, which, if untreated, can become potential sources of pollution to water bodies. The aim was to analyze the treatability of the effluent of the animal feed industry by dissolved air flotation (DAF) technology with the addition of coagulant polyaluminium chloride (PAC). The effluent was granted by an industry which produces palatability to pet food from solid by-products of other industrial processing meat products. The effluent was subjected to treatment by flotation in a PAC coagulant dosage range of 40, 60 and 80 mg/L. We used the software R for statistical analysis. Among the different PAC dosages coagulant analyzed in this study, the concentration of 80 mg/L was that provided the best results in the treatment of animal feed mill effluent with high color removal, turbidity, COD, total phosphorus and ammonia nitrogen removal rate. The DAF technology is suitable as a means of primary treatment for pet food industry effluent. Finally, it is evident the need for a further biological treatment to the flotation process.*

**Key Words:** Nutrients, palatability for animal feed, polyaluminium chloride, wastewater.

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil.

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil.

\*Autor correspondente: Departamento de Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste. PR 153, Km 7, s/n - Riozinho, Irati, Paraná. 84500000. Brasil. Email: [brunamanagoambiental@hotmail.com](mailto:brunamanagoambiental@hotmail.com)

## Resumo

As indústrias de ração animal produzem grandes quantidades de águas residuárias que contêm altas concentrações de compostos orgânicos dissolvidos, sólidos suspensos, óleos e graxas, cor, nitrogênio e fósforo, que, caso não tratadas, podem se tornar potenciais fontes de poluição aos corpos hídricos. O objetivo foi analisar a tratabilidade do efluente de uma indústria de ração animal, pela tecnologia de flotação por ar dissolvido (FAD) com adição do coagulante cloreto de polialumínio (PAC). O efluente utilizado foi cedido por uma indústria que produz palatilizante para ração animal, a partir de subprodutos sólidos de outra indústria que processa produtos cárneos. O efluente foi submetido ao tratamento por meio de flotação em dosagens de PAC de 40, 60 e 80 mg/L. Para as análises estatísticas foi utilizado o software R. Entre as diferentes dosagens de coagulante PAC analisadas no presente estudo, a concentração de 80 mg/L foi a que proporcionou os melhores resultados no tratamento de efluente, com altas remoções de cor, turbidez, DQO, fósforo total e nitrogênio amoniacal. A tecnologia de FAD é adequada, como forma de tratamento primário de efluente de indústria de ração animal. Por fim, evidencia-se a necessidade de um tratamento biológico posterior ao processo de flotação.

**Palavras-chave:** águas residuárias, cloreto de polialumínio, nutrientes, palatilizante para ração animal.

## Introdução

Em 2016, o estado do Paraná lidera o ranking nacional de abate de frangos (31.4%), também está bem colocado em relação ao abate de suínos, pois possui a segunda maior participação nacional (21.1%) e abateu cerca de 1,198,329 cabeças de bovinos, ocupando a nona posição geral neste setor (IBGE, 2017).

As fábricas de ração animal constituem um processo de valorização de subprodutos, pois reaproveitam na forma de matéria prima os resíduos gerados em abatedouros e frigoríficos (Del Nery *et al.*, 2007). O efluente é constituído principalmente por água de processamento, além de sangue, gorduras, pelos, penas, carne, ossos, pedaços de órgãos internos, vísceras e micro-organismos prejudiciais aos seres humanos (Jayathilakan *et al.*, 2012).

Grandes volumes de água são consumidos, bem como grandes quantidades de águas residuárias são produzidas, as quais contêm altas concentrações de compostos orgânicos dissolvidos, sólidos suspensos, óleos e graxas, cor, turbidez, odor e nutrientes como nitrogênio e fósforo (Merzouki *et al.*, 2005; Barana *et al.*, 2013) que, caso não tratadas, podem se tornar potenciais fontes de poluição aos corpos hídricos, o que justifica diversos estudos realizados com este tipo de efluente por processos biológicos (Matsumura e Mierzwa, 2008; Mariot *et al.*, 2013; Wosiack *et al.*, 2013; Barana *et al.*, 2014; Barbosa *et al.*, 2014).

O tratamento de águas residuárias de indústrias envolve processos necessários à remoção de impurezas geradas na fabricação de produtos. Os métodos de tratamento estão diretamente ligados às exigências e aos padrões estipulados pela legislação vigente, ao tipo de efluente gerado, ao controle operacional na indústria e às características físico-químicas do efluente final.

Dentre os processos de tratamento, destacam-se os físico-químicos: sedimentação, decantação, filtração, centrifugação ou flotação (Metcalf e Eddy, 2003).

A flotação por ar dissolvido (FAD) é reconhecida por ser uma forma de tratamento primário, econômico e efetivo como método de recuperação e remoção de sólidos, cargas orgânicas, óleos e graxas, como é o caso de efluentes de frigoríficos e alimentícios (França *et al.*, 2004; De Nardi *et al.*, 2008; Jayathilakan *et al.*, 2012).

Geralmente, o sistema de FAD é composto por uma câmara de saturação de ar, um compressor, um tanque de flotação e um raspador de materiais flotados na superfície. Os fatores operacionais que mais interferem na eficiência de um sistema de FAD são: floculação, dosagem de coagulantes e polímeros, a pressão de saturação, modelo de bocais difusores, a distribuição do tamanho das microbolhas de ar, taxa de aplicação e a quantidade de ar fornecida ao sistema (Creamer *et al.*, 2010).

Várias combinações de coagulantes e floculantes são utilizadas na tentativa de melhorar a remoção de matéria orgânica e partículas suspensas de efluentes industriais. Além dos coagulantes tradicionais, como sais de alumínio, de ferro e cal (Metcalf e Eddy, 2003), cloreto de polialumínio (PAC) e polímeros orgânicos têm sido amplamente utilizados (Aguilar *et al.*, 2005).

Del Nery *et al.* (2007) evidenciaram benefícios da FAD, como um processo compacto e de alta taxa, necessidade de área reduzida, ampla faixa de operação de pH, aplicação de baixas dosagens de coagulante, produção de lodo concentrado na superfície do flotador com maior teor de sólidos e maior facilidade em recuperar o lodo concentrado.

A novidade do estudo está relacionado em usar esta tecnologia de FAD para este tipo de efluente em comparação as tecnologias tradicionais tais como os decantadores convencionais. Considerando todas as vantagens operacionais e de desempenho do processo, esta pesquisa foi proposta com o objetivo de analisar a tratabilidade do efluente de uma indústria de ração animal, pela tecnologia de flotação por ar dissolvido com adição do coagulante PAC.

## **Metodologia**

### Substrato

O efluente utilizado neste estudo foi cedido por uma indústria que produz palatabilizante para ração animal a partir de subprodutos sólidos de outra indústria que processa produtos cárneos. Durante o processamento do palatabilizante, penas, vísceras e carcaças são submetidas a altas pressões e temperaturas, e posteriormente prensadas, gerando a farinha e a gordura. Durante o processamento do palatabilizante ocorre a geração do efluente, principalmente provenientes da lavagem do piso da fábrica e equipamentos. A referida empresa gera 240 m<sup>3</sup>.d<sup>-1</sup> de efluente bruto

(Pukasiewicz, 2010). O substrato utilizado no presente experimento foi o efluente coletado após as etapas de remoção de óleos de gorduras e flotação por ar dissolvido. A intenção de propor uma nova unidade complementar de FAD, como pré-tratamento desse efluente, é minimizar a concentração de óleos e graxas e outros contaminantes nas unidades posteriores de tratamento biológico.

Os galões com o efluente foram mantidos a temperatura ambiente por dois dias. Posteriormente, os efluentes dos galões foram transferidos para um recipiente maior e homogeneizados.

### Experimento

As amostras do efluente industrial bruto foram analisadas pelos métodos estabelecidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Os parâmetros fixados para a realização dos ensaios de flotação estão listados na Tabela 1. Esses parâmetros foram adotados segundo valores encontrados na literatura (Sena *et al.*, 2008; Schatzmann, 2009).

**Tabela 1.** Parâmetros adotados para os ensaios de flotação por ar dissolvido para o tratamento de efluente de fábrica de ração animal.

Parâmetro	Configuração
Gradiente de mistura rápida	500 s <sup>-1</sup>
Tempo de mistura rápida	10 s
Gradiente de mistura lenta	40 s <sup>-1</sup>
Tempo de floculação	3 min
Tempo de coleta	4 min
Recirculação	20%
Tempo de saturação	15 min
Pressão de saturação	5 bar

Testou-se as dosagens de coagulante PAC de 40, 60 e 80 mg.L<sup>-1</sup>, para verificar o desempenho da flotação por ar dissolvido, de acordo com valores descritos na literatura para efluentes de processamento de subprodutos da indústria de carnes (De Nardi *et al.*, 2008; Schatzmann, 2009; Betineli, 2011). O efluente foi submetido ao tratamento por meio de coagulação/floculação/flotação em equipamento flotateste, com operação em batelada, de acordo com a metodologia proposta por Di Bernardo e Centurione Filho (2003).

### Análise Estatística

Foi utilizado o software livre e gratuito R versão 3.2.2, no qual foi realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk à 5% de significância. Após a análise de variância, foram realizados testes de comparações múltipla de médias para cada parâmetro, pelo teste de Tukey, com um nível de significância de 5%.

## Resultados e discussões

### Caracterização do efluente

O efluente estudado neste trabalho foi inicialmente caracterizado para avaliar sua carga poluidora e, posteriormente, a eficiência do tratamento pelas diferentes dosagens de coagulante empregadas. Na Tabela 2 encontram-se, também, os padrões de lançamento de efluentes industriais em corpos hídricos receptores, segundo a legislação Brasileira.

Os valores encontrados para o efluente bruto, conforme se verifica na Tabela 2, apresentam-se em níveis elevados, podendo ser considerado uma potencial fonte poluidora, capaz de causar danos aos organismos aquáticos se lançado em corpos receptores sem o devido tratamento.

**Tabela 2.** Caracterização inicial do efluente bruto de fábrica de ração animal e comparação com os padrões de lançamento de efluentes industriais em corpos hídricos receptores.

Parâmetros (unidade)	Valor	Padrão de lançamento (CONAMA 430/2011)	Padrão de lançamento (CEMA 070/2009)*
Turbidez (uT)	585		
Cor (uC)	3190		
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	3400		
Sólidos Fixos (mg.L <sup>-1</sup> )	1050		
Sólidos Voláteis (mg.L <sup>-1</sup> )	2350		
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	6333		200
pH	6.0	5 a 9	
Fósforo Total (mg.L <sup>-1</sup> )	8.24		
Nitrogênio Amoniacal Total (mg.L <sup>-1</sup> )	125.76	20.0	

Nota: \*- ANEXO 07 - Valores referentes a Frigoríficos (Paraná, 2009).

A resolução CONAMA 430/2011 (Brasil, 2011), complementação da resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), com relação às condições e padrões de lançamento de efluentes, atesta em seu artigo 3º que “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”.

De acordo com o Art. 11º da Resolução SEMA 021/2009 (Paraná, 2009), os limites de lançamento nos corpos de água, para os efluentes das estações de tratamento devem ser de até 90 mg.L<sup>-1</sup> para DBO<sub>5</sub>; DQO até 225 mg.L<sup>-1</sup>; óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg.L<sup>-1</sup>; e para óleos minerais até 20 mg.L<sup>-1</sup>.

A concentração de nitrogênio amoniacal encontra-se em nível superior ao estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 430/2011 (Brasil, 2011), a qual permite uma concentração de apenas 20 mgN.L<sup>-1</sup>.

### Resultados dos ensaios de diferentes dosagens do coagulante PAC

A Tabela 3 apresenta as análises dos parâmetros físico-químicos avaliados no efluente bruto e após o processo de flotação para cada uma das dosagens de coagulante utilizadas.

**Tabela 3.** Caracterização físico-química do efluente bruto e após o processo de flotação por diferentes dosagens de coagulante PAC (mg/L).

Parâmetro	Efluente Bruto	Dosagens de coagulante (mg.L <sup>-1</sup> )		
		40	60	80
Turbidez (uT)	585	265	61.3	50.4
Cor (uC)	3190	1250	650	435
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	3400	2300	2122	2012
Sólidos Fixos (mg.L <sup>-1</sup> )	1050	575	545	500
Sólidos Voláteis (mg.L <sup>-1</sup> )	2350	1822.5	1577	1512
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	6333	2560	2240	1116
pH	6.0	5.93	5.91	5.90
Fósforo Total (mg.L <sup>-1</sup> )	8.24	5.14	3.55	1.19
Nitrogênio Amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )	125.76	101.36	97.44	92.82

Após o tratamento preliminar, recomenda-se enviar o efluente para um tratamento primário ou secundário subsequente. Os métodos de tratamento físico-químico geralmente envolvem separação de sólidos do líquido, um dos métodos típicos do tratamento primário é o processo FAD, especialmente para reduzir gordura, SST e DBO em águas residuais de abatedouros (Bustillo-Lecompte e Mehrvar, 2015).

### pH

A presença de coagulante praticamente não alterou o pH, o qual manteve-se em torno de 6.0 durante o processo de flotação.

### Turbidez e cor

Os resultados do Teste Tukey para turbidez e cor são apresentados na Tabela 4. De acordo com o teste Tukey, tem-se que os contrastes entre as médias de remoção de cor e turbidez para as dosagens 40, 60 e 80 mg.L<sup>-1</sup> diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, sendo então, a dosagem de 80 mg.L<sup>-1</sup> a mais eficiente.

**Tabela 4.** Teste Tukey para Turbidez e Cor.

Tratamentos	Turbidez (uT)	Cor (uC)
Bruto	585 a*	3190 a
40	265 b	125 b
60	61.3 c	650 c
80	50.4 d	435 d

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P= 5%).

Nessa dosagem, a turbidez e a cor do efluente sofreram forte redução, com eficiência de remoção de 91.4% para a turbidez, e em relação à concentração de cor, a eficiência de remoção atingiu 86.4%.

#### Sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e sólidos fixos (SF)

Os resultados do Teste de Tukey para sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e sólidos fixos (SF) são apresentados na Tabela 5. A presença de ST em águas indicam o seu teor de matéria seca, sendo a fração de SV um indicativo da matéria orgânica existente no resíduo, e os SF referentes à matéria inorgânica, ou teor dos sólidos minerais (Nagalli e Nemes, 2009).

**Tabela 5.** Teste Tukey para Sólidos Totais, Sólidos Voláteis e Sólidos Fixos.

Tratamentos	ST (mg.L <sup>-1</sup> )	SV (mg.L <sup>-1</sup> )	SF (mg.L <sup>-1</sup> )
Bruto	3400 a*	2350 a	1050 a
40	2300 b	1822.5 b	575 b
60	2122 c	1577 c	545 c
80	2012 d	1512 d	500 d

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P= 5%).

De acordo com o teste de Tukey, tem-se que os contrastes entre as médias de remoção de ST, SV e SF para as dosagens 40, 60 e 80 mg.L<sup>-1</sup> diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, sendo a dosagem de 80 mg/L de PAC a mais eficiente na remoção de ST, SV e SF.

Observa-se que a remoção de ST na dosagem de 80 mg.L<sup>-1</sup> foi baixa (40.8%), o que pode estar relacionada à maior concentração de SV em relação aos SF, a qual necessita de um tratamento biológico para ser removida.

O desempenho da FAD pode ser melhorada pela adição e otimização das dosagens de produtos químicos no efluente bruto. Remoções de 38-70% de SS e 63-95% de óleos e graxas foram apresentadas em unidades FAD usados no pré-tratamento de águas residuárias provenientes de abate de animais (Masse e Masse, 2000).



### DQO

A Tabela 6 apresenta o resultado do Teste de Tukey para o parâmetro DQO.

**Tabela 6.** Teste de Tukey para DQO.

Tratamentos	DQO (mg.L <sup>-1</sup> )
Bruto	6333 a*
40	2560 b
60	2240 c
80	1116 d

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P= 5%).

De acordo com o teste Tukey, tem-se que os contrastes entre as médias de remoção de DQO para as dosagens 40, 60 e 80 mg.L<sup>-1</sup> diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, sendo a dosagem de 80 mg.L<sup>-1</sup> de PAC a mais eficiente.

Tal dosagem proporcionou uma boa redução de DQO no efluente, a qual atingiu 82.4% de remoção. O que corrobora que a FAD é, hoje em dia, reconhecida por ser um dos mais econômicos e efetivos métodos de redução de DQO e DBO, bem como, de recuperação e remoção de sólidos, íons, microrganismos, e espessamento de lodo no tratamento de efluentes domésticos e estações de tratamento de efluentes urbanos (França *et al.*, 2004).

De Nardi *et al.* (2008) chegaram a resultados semelhantes, com eficiência de remoção de 80 e 91% de DQO total e DQO solúvel, em um sistema FAD-UASB tratando águas residuárias de abatedouro de aves, porém não obtiveram remoção de nitrogênio e fósforo.

### Fósforo total

A Tabela 7 apresenta o resultado do Teste de Tukey para o parâmetro fósforo total.

**Tabela 7.** Teste de Tukey para Fósforo Total.

Tratamentos	P total (mg.L <sup>-1</sup> )
Bruto	8.24 a*
40	5.14 b
60	3.55 c
80	1.19 d

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P= 5%).



A flotação remove sólidos em suspensão e, quando em combinação com agentes coagulantes, pode remover nutrientes, principalmente o fósforo e parcela da matéria orgânica dissolvida (Aisse *et al.*, 2001).

De acordo com o teste de Tukey, tem-se que os contrastes entre as médias de remoção de fósforo total para as dosagens 40, 60 e 80 mg.L<sup>-1</sup> diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, sendo a dosagem de 80 mg/L de PAC a mais eficiente na remoção, obtendo a menor média residual (1.19 mg.L<sup>-1</sup>).

Como a maior parte do fósforo encontra-se na fase solúvel e coloidal, explica-se a elevada eficiência de remoção de fósforo total, com um percentual de 85.5, pela dosagem de PAC de 80 mg.L<sup>-1</sup>, em virtude do processo de coagulação, ideal para remoção de compostos coloidais e em suspensão.

#### Nitrogênio amoniacal

A Tabela 8 apresenta o resultado do Teste de Tukey para o parâmetro nitrogênio amoniacal.

**Tabela 8.** Teste de Tukey para Nitrogênio Amoniacal.

Tratamentos	N amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )
Bruto	125.76 a*
40	101.36 b
60	97.44 c
80	92.82 d

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P= 5%).

De acordo com o teste de Tukey, tem-se que os contrastes entre as médias de remoção de nitrogênio amoniacal para as dosagens 40, 60 e 80 mg.L<sup>-1</sup> diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, sendo a dosagem de 80 mg.L<sup>-1</sup> de PAC a mais eficiente.

A redução de nitrogênio amoniacal no efluente com essa dosagem foi baixa, com eficiência de remoção de apenas 26.2%, porém, a mesma pode ser considerada satisfatória por ocorrer em um processo físico-químico, sendo os processos biológicos responsáveis pelas maiores remoções.

Mas, mesmo sendo satisfatória para um processo físico-químico, o processo de flotação não foi capaz de reduzir a concentração de nitrogênio amoniacal (valor remanescente de 125.76 mg.L<sup>-1</sup>) a níveis aceitáveis (de 20 mg.L<sup>-1</sup>) pela Resolução CONAMA 430 (Brasil, 2011), necessitando de um tratamento posterior.

Vale salientar que, Schoenhals *et al.* (2006) obtiveram em seus estudos remoção de 16.8% de nitrogênio amoniacal de efluentes de abatedouro de frangos, com a utilização de coagulante PAC em mesma concentração de 80 mg.L<sup>-1</sup>.

Barbosa et al. (2014) trataram efluente de uma indústria que produz palatilizante para ração animal a partir de subprodutos cárneos, com a tecnologia de filtro anaeróbico, seguido por reator anóxico. Os melhores resultados mostraram 94% de remoção orgânica (DQO) e apesar de 84% de remoção de nitrogênio amoniacal, não foi atingido o valor estipulado de acordo com a resolução Brasileira.

### Conclusões

Entre as diferentes dosagens de coagulante PAC analisadas no presente estudo, a concentração de 80 mg.L<sup>-1</sup> foi a que proporcionou os melhores resultados. Tal concentração mostrou-se bastante efetiva no tratamento de efluente de fábrica de ração animal, com altas remoções de cor (86.4%), turbidez (91.4%), DQO (82.4%) e fósforo total (85.5%) e, ainda, considerável índice de remoção de nitrogênio amoniacal (26.2%).

A tecnologia de FAD é adequada, como forma de tratamento primário, para manter um desempenho satisfatório de remoção de matéria orgânica, sólidos e nutrientes, face à variabilidade da composição do efluente, de acordo com a produção.

Por fim, evidencia-se a necessidade de um tratamento biológico posterior ao processo de flotação, para atender aos limites de padrão de lançamento, conforme determina a legislação Brasileira.

### Referências bibliográficas

- Aguilar, M.I., Sáez, J., Lloréns, M., Soler, A., Ortuño, J.F., Meseguer, V., Fuentes, A. (2005) Improvement of coagulation–flocculation process using anionic polyacrylamide as coagulant aid, *Chemosphere*, **58**, 47– 56. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.09.008
- Aisse, M.M., Jürgensen, D., Reali, M.A.P., Penetra, R.G., Florencio, L., Alem Sobrinho, P. (2001) Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por sistema de flotação. In: *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*, 2ª ed., PROSAB, Belo Horizonte-MG, 333-376.
- APHA. AWWA, WPCF. (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and wastewater*. 21th edition, Washington, USA.
- Barana, A.C., Lopes, D.D., Martins, T.H., Pozzi, E., Damianovi, V., Del Nery, V., Foresti, E. (2013) Nitrogen and organic matter removal in an intermittently aerated fixed-bed reactor for post-treatment of anaerobic effluent from a slaughterhouse wastewater treatment plant, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **1**, 453-459. doi: 10.1016/j.jece.2013.06.015
- Barana, A.C., Botelho, V.M.B., Wiecheteck, G.K., Doll, M.M.R., Simões, D.R.S. (2014) Rational use of water in a poultry slaughterhouse in the state of Paraná, Brazil: a case study, *Eng. Agríc.*, **34**(1), 186-193. doi: 10.1590/S0100-69162014000100018

- Barbosa, R.P.S., Mariot, S.C., Comin, B.P., Barana, A.C., Döll, M.M.R. (2014) Organic matter removal and biogas production in an anaerobic filter, internal-loop airlift and anoxic reactors for wastewater from a food industry, *XI Taller y Simposio Latinoamericano de Digestion Anaerobia*. Havana, Cuba.
- Betineli, E. (2011) *Avaliação da estação de tratamento de efluentes (ete) de uma empresa de processamentos de subprodutos da indústria de carnes*. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 68 pp. Acesso em 25 de junho 2017, disponível em: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2011-2/Ezequiel%20Betineli.pdf>
- Brasil, Conselho Nacional Do Meio Ambiente (2005) *Resolução 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, Brasil. Acesso em 25 de junho 2017, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>
- Brasil, Conselho Nacional Do Meio Ambiente (2011) *Resolução n° 430/2011. 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*. Brasília, DF, Brasil. Acesso em 29 de junho 2017, disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>
- Bustillo-Lecompte, C.F., Mehrvar, M. (2015) Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances, *Journal of Environmental Management* **161**, 287-302. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.07.008
- Creamer, K.S., Chen, Y., Williams, C.M., Cheng, J.J. (2010) Stable thermophilic anaerobic digestion of dissolved air flotation (DAF) sludge by co-digestion with swine manure. *Bioresource Technology*, **101**, 3020–3024. doi: 10.1016/j.biortech.2009.12.029
- De Nardi, I.R., Fuzi, T.P., Del Nery, V. (2008) Performance evaluation and operating strategies of dissolved-air flotation system treating poultry slaughterhouse wastewater. *Resources, Conservation and Recycling*, **52**(3), 533–544. doi: 10.1016/j.resconrec.2007.06.005
- Del Nery, V., Nardi, I. R., Damianovic, M.H.R.Z., Pozzi, E., Amorim, A.K.B., Zaiat, M. (2007) Long-term Operating Performance of a Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment Plant, *Resources, Conservation and Recycling*, **50**, 102–114. doi: 10.1016/j.resconrec.2006.06.001
- Di Bernardo, L., Centurione Filho, P.L. (2003) Procedimento para execução de ensaios de flotação/filtração em equipamento de bancada, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **8**(1-2), 39-44. Acesso em 29 de junho 2017, disponível em: <https://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v8n12/v8n12n04.pdf>
- França, S.C.A., De Andrade, M.C., Da Luz, A.B. (2004) *Flotação por ar dissolvido na recuperação de água de processo*, Florianópolis, 103-110 pp.
- IBGE, Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística (2017) *Estatística da Produção Pecuária*. Acesso em 29 de junho 2017, disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/abate-leite-couro-ovos\\_201604caderno.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201604caderno.pdf)
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K., Bawa, A.S. (2012) Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review, *Journal of Food Science and Technology*, **49**(3), 278–293. doi: 10.1007/s13197-011-0290-7
- Mariot, S.C., Comin, B.P., Döll, M.M.R., Barana, A.C. (2013) Estimativa de geração de biogás por biodigestor anaeróbio tratando efluente de uma indústria processadora de produtos cárneos, *Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis*. Curitiba, Brasil. Acesso em 30 de junho de 2017, disponível em: <http://www.elecs2013.ufpr.br/inscricoes/index.php/elecs/PRINCIPAL/paper/view/180/2>
- Masse, D.I., Masse, L. (2000) Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems, *Can Agr Eng.*, **42**(3), 139–46. Acesso em 30 de junho de 2017, disponível em: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302927133>
- Matsumura, E.M., Mierzwa, J.C. (2008) Water conservation and reuse in poultry processing plant – A case study, *Resources Conservation and Recycling*, **52**, 835-842. doi: 10.1016/j.resconrec.2007.10.002

- Merzouki, M., Bernet, N., Delgenés, J.P., Benlemlih, M. (2005) Effect of prefermentation on denitrifying phosphorus removal in slaughterhouse wastewater. *Bioresource Technology*, **96**(12), 1317-1322. doi: 10.1016/j.biortech.2004.11.017
- Metcalf & Eddy. (2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4 th. New York, McGraw-Hill.1334 pp.
- Nagalli, A., Nemes, P.D. (2009) Estudo da qualidade de água de corpo receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos, *Revista Acadêmica, Ciências Agrárias Ambientais*, **7**(2), 131-144. Acesso em 30 de junho de 2017, disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9840/9303>
- Paraná, Conselho Estadual Do Meio Ambiente (2009) *Resolução n° 070/2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para Empreendimentos Industriais. ANEXO 7. Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos Industriais*. Acesso em 23 de junho 2017, disponível em: [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/RESOLUCOES/resolucao\\_cema\\_70\\_2009.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/resolucao_cema_70_2009.pdf)
- Paraná, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. (2009) *Resolução SEMA 021/2009. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento*. Curitiba. *Diário Oficial do Estado do Paraná*, n.7.962, p. 13-16. Acesso em 23 de junho 2017, disponível em: [http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_estadual/RESOLUCOES/resolucaoSema021.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/resolucaoSema021.pdf)
- Pukasiewicz, S.R.M. (2010) *Biodigestão anaeróbia para tratamento do efluente do processamento de resíduos de indústria de produtos cárneos*. Dissertação. Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa. 69 pp.
- Schatzmann, H.C. (2009) *Tratamento avançado de efluentes de frigorífico de aves e o reuso da água*. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 110 pp. Acesso em 30 de junho de 2017, disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/106649>
- Schoenhals, M., Sena, R.F., José, H.J. (2006) Avaliação da eficiência do processo de coagulação/flotação aplicado como tratamento primário de efluentes de abatedouro de frangos, *Engenharia Ambiental*, **3**(2), 005-024. Acesso em 30 de junho de 2017, disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=128&article=54&mode=pdf>
- Sena, R.F., Moreira, R.F.P.M., José, H.J. (2008) Comparison of coagulants and coagulation aids for treatment of meat processing wastewater by column flotation, *Bioresource Technology*, **99**, 8221-822. doi: 10.1016/j.biortech.2008.03.014
- Wosiack, P.A., Barana, A.C., Doll, M.M.R., Lopes, D.D.; Damianovic, M.H.R.Z. (2013) Avaliação da partida de reator biológico visando a remoção de matéria orgânica carbonácea e nitrogenada de efluente de fábrica de ração animal, *Revista de Engenharia e Tecnologia*, **5**(3), 33-44. Acesso em 30 de junho de 2017, disponível em: <http://www.revistaret.com.br/ojs-2.2.3/index.php/ret/article/view/219>