



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## EFEITO DE DIFERENTES PARÂMETROS OPERACIONAIS NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE ESGOTO DOMÉSTICO POR ELETROCOAGULAÇÃO-FLOTAÇÃO

**Gustavo Holz Bracher**- gustavohbracher@gmail.com  
Universidade Federal de Santa Maria

**Andressa Gabriela Glusczak**- andressag.g@hotmail.com  
Universidade Federal de Santa Maria

**Ezequiel Andrei Somavilla**- ezequiel.somavilla@hotmail.com  
Universidade Federal de Santa Maria

**Cristiane Graepin**- crisgraepin@hotmail.com  
Universidade Federal de Santa Maria

**Elvis Carissimi**- ecarissimi@gmail.com  
Universidade Federal de Santa Maria

**Resumo:** Neste estudo foi avaliado o efeito dos parâmetros operacionais corrente elétrica, distância entre os eletrodos, agitação e tempo de eletrólise na remoção de turbidez de esgoto doméstico por eletrocoagulação-flotação. O estudo foi conduzido com uma amostra de esgoto doméstico, em um sistema de eletrocoagulação-flotação composto por um reator cilíndrico com volume útil de 1 L, equipado com dois eletrodos de alumínio conectados à uma fonte de alimentação de corrente contínua, com área superficial ativa de 67,5 cm<sup>2</sup>. O estudo de efeitos seguiu um delineamento experimental fatorial 2<sup>4</sup>, onde foram estudados diferentes tratamentos combinando os quatro fatores contemplados, sendo a variável de resposta a remoção de turbidez. A partir dos resultados obtidos, foi realizada análise de variância e de efeitos com um software estatístico. A maior remoção de turbidez do esgoto doméstico por eletrocoagulação-flotação (95,4%) foi observada nas condições de corrente elétrica de 1,5 A, distância entre os eletrodos de 1 cm, agitação de 262,5 rpm e tempo de eletrólise de 30 min. A corrente elétrica e o tempo de eletrólise foram os parâmetros operacionais que apresentaram maior influência sobre a remoção de turbidez de esgoto doméstico no sistema de eletrocoagulação-flotação. Tanto o aumento da corrente elétrica como do tempo de eletrólise proporcionaram um aumento na remoção de turbidez no sistema. A agitação apresentou efeito positivo para a remoção de turbidez por eletrocoagulação-flotação, contribuindo para obtenção de maiores eficiências durante o tratamento. A distância entre os eletrodos foi o parâmetro operacional que apresentou menor influência sobre a remoção de turbidez.

**Palavras-chave:** Tratamento eletroquímico, Corrente elétrica, Distância entre os eletrodos, Agitação, Tempo de eletrólise.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## EFFECT OF DIFFERENT OPERATIONAL PARAMETERS IN THE TURBIDITY REMOVAL FROM DOMESTIC WASTEWATER BY ELECTROCOAGULATION-FLOTATION

**Abstract:** *In this study, it was evaluated the effect of the operational parameters electric current, distance between the electrodes, agitation and electrolysis time on the turbidity removal from domestic wastewater by electrocoagulation-flotation. The study was conducted with a domestic wastewater sample, in an electrocoagulation-flotation system composed of a cylindrical reactor with a useful volume of 1 L, equipped with two aluminum electrodes connected to a direct current power supply, with active surface area of 67.5 cm<sup>2</sup>. The effects study followed a factorial experimental design 2<sup>4</sup>, where it was studied different treatments combining the four factors contemplated, and the response variable was the turbidity removal. From the results obtained, it was performed analysis of variance and effects with a statistical software. The highest turbidity removal from the domestic wastewater by electrocoagulation-flotation (95.4%) was observed under the conditions of electric current of 1.5 A, distance between the electrodes of 1 cm, agitation of 262.5 rpm and electrolysis time of 30 min. The electrical current and the electrolysis time were the operational parameters that had the greatest influence on the turbidity removal from domestic wastewater in the electrocoagulation-flotation system. Both the increase in electric current and electrolysis time provided an increase on the turbidity removal in the system. The agitation showed positive effect for the turbidity removal by electrocoagulation-flotation, contributing to obtainment of greater efficiencies during the treatment. The distance between the electrodes was the operational parameter that presented less influence on the turbidity removal.*

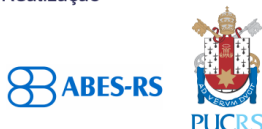
**Keywords:** *Electrochemical treatment, Electrical current, Distance between electrodes, Agitation, Electrolysis time.*

### 1. INTRODUÇÃO

A falta de saneamento ainda é uma realidade para cerca de dois terços da população mundial, o que ocorre principalmente em países em desenvolvimento (WHO, 2015). No Brasil, mais da metade da população não possui acesso a serviços de coleta de esgoto, os quais atendem somente 49,8% dos brasileiros (SNIS, 2016). Cenário este ainda pior no que se refere ao índice de tratamento de esgoto, sendo que apenas 70,9% do esgoto coletado no País recebe tratamento (SNIS, 2016).

O esgoto doméstico refere-se aos despejos líquidos originados do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas, abrangendo despejos oriundos de residências, conjuntos habitacionais, estabelecimentos comerciais, instituições, dentre outras fontes antrópicas não industriais (ABNT-NBR 9.648, 1986; RODRIGO *et al.*, 2010). O lançamento inadequado de esgoto no ambiente pode trazer riscos à saúde humana e aos ecossistemas, assim como deteriorar a qualidade dos recursos hídricos, sendo necessário o seu tratamento (SPILKI, 2015). No entanto, os sistemas convencionais de tratamento de esgoto podem ser ineficazes na remoção de alguns contaminantes nele presentes, como também apresentar outros inconvenientes como a demanda de grandes áreas para sua instalação, geração de odores, sensibilidade a alterações climáticas e geração de grandes volumes de lodo (MOTA & VON SPERLING, 2009; PERES *et al.*, 2010; MA *et al.*, 2012). Além disso, a crescente demanda por água, aliada ao aumento da poluição dos mananciais e problemas de escassez de água, têm manifestado a

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

importância da adoção de técnicas de tratamento de esgoto que não visem somente o seu lançamento no ambiente, mas que também visem o seu reúso (HESPANHOL, 2015; SPILKI, 2015).

Neste contexto, a técnica de eletrocoagulação-flotação (ECF) têm se demonstrado uma importante alternativa para o tratamento de esgoto doméstico, apresentando um grande potencial de remover de constituintes de esgoto doméstico e conferir boa qualidade à este (ROMERO, 2009; NASRULLAH *et al.*, 2012; SYMONDS *et al.*, 2015; ELAZZOZI *et al.*, 2017). A ECF é uma técnica baseada no uso de energia elétrica para a produção de agentes coagulantes *in situ*, a partir da oxidação de eletrodos metálicos, para a captura de contaminantes e formação de agregados, e na geração de microbolhas de gases, para promover a flotação dos agregados formados (EMAMJOMEH *et al.*, 2011). Diferentes parâmetros operacionais podem influenciar na eficiência do tratamento de efluentes por ECF, dentre os quais é possível destacar a corrente elétrica, a distância entre os eletrodos, a agitação e o tempo de eletrólise (CHEN, 2004; KHANDEGAR & SAROHA, 2012; HAKIZIMANA *et al.*, 2017; MOREIRA *et al.*, 2017).

Tendo em vista que a turbidez é um importante parâmetro indicativo da qualidade de efluentes, estando presente em grande parte das normas e diretrizes de reúso de esgoto doméstico (ABNT-NBR 13.969, 1997; US-EPA, 2012), o objetivo neste estudo foi de avaliar o efeito dos parâmetros operacionais corrente elétrica, distância entre os eletrodos, agitação e tempo de eletrólise na remoção de turbidez de esgoto doméstico por ECF.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Obtenção da amostra

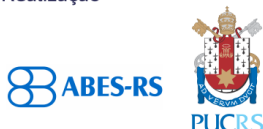
A amostra de esgoto doméstico utilizada neste estudo foi obtida em uma Estação de Tratamento de Efluentes Experimental (ETE), implantada no Campus Sede da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A ETE recebe parte do esgoto doméstico gerado no prédio 35 da Casa do Estudante Universitário II da UFSM, possuindo uma vazão de trabalho de 1.500 L·d<sup>-1</sup>. A amostra foi coletada na saída do tanque de equalização da ETE, em frascos de polietileno, e encaminhadas ao Laboratório de Engenharia e Meio Ambiente da UFSM, onde foram realizadas as análises qualitativas e os experimentos. As características normalmente apresentadas pela amostra de esgoto doméstico, no referido ponto de coleta, estão expressas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características normalmente apresentadas pelo esgoto doméstico bruto, conforme monitoramento realizado por Decezaro (2016).

Parâmetro	Valor médio (± Desvio padrão)
Temperatura (°C)	24,0 (± 2,1)
pH	7,7 (± 0,4)
Alcalinidade Total (mg CaCO <sub>3</sub> ·L <sup>-1</sup> )	349,1 (± 47,3)
Turbidez (NTU)	104,1 (± 38,2)
Condutividade (µS·cm <sup>-1</sup> )	880,8 (± 143,7)
DBO <sub>5</sub> (mg·L <sup>-1</sup> )	446,7 (± 273,0)
DQO (mg·L <sup>-1</sup> )	732,3 (± 366,0)
ST (mg·L <sup>-1</sup> )	857,6 (± 341,3)
SST (mg·L <sup>-1</sup> )	457,3 (± 390,0)
SDT (mg·L <sup>-1</sup> )	400,3 (± 151,2)

Fonte: Decezaro (2016).

Realização



Correalização



Informações:

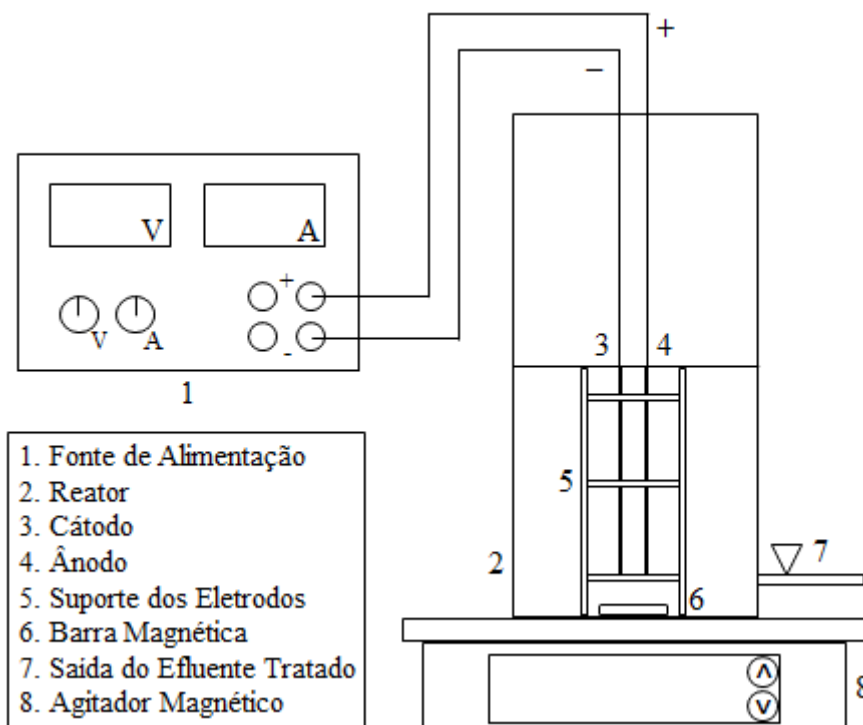
qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



## 2.2. Sistema de eletrocoagulação-flotação

O sistema de ECF utilizado no estudo foi constituído de um reator confeccionado em acrílico, com um volume de trabalho de 1 L e um formato cilíndrico (22,2 cm de altura e 10,8 cm de diâmetro), para evitar a adesão de resíduos no reator (MAIA, 2014). O reator foi equipado com dois eletrodos de alumínio (9,10 cm de altura, 7,50 cm de largura e 0,05 cm de espessura), os quais eram fixados em um suporte de PVC, alocado no centro do reator, que permitia fixar os eletrodos em diferentes distâncias entre eles. Os eletrodos eram ligados à uma fonte de alimentação de corrente contínua (0 - 30 V, 0 - 2,5 A), em conexão monopolar, e permaneciam completamente submersos, possuindo área superficial ativa de 67,5 cm<sup>2</sup>. A agitação no reator era mantida através de uma barra e agitador magnéticos. A Figura 1 ilustra o sistema de ECF utilizado no estudo.

Figura 1 - Representação do sistema de ECF utilizado no estudo.



## 2.3. Procedimentos experimentais

O estudo de efeitos foi realizado contemplando os parâmetros operacionais (fatores) corrente elétrica, distância entre os eletrodos, agitação e tempo de eletrólise. Os parâmetros operacionais material dos eletrodos e tipo de conexão dos eletrodos, foram definidos conforme condições consideradas favoráveis por outros autores, sendo adotados o alumínio como material dos eletrodos e conexão monopolar em paralelo como o tipo de conexão (CRESPILHO & REZENDE, 2004; KOBYA *et al.*, 2007; FORMENTINI, 2012; BAIERLE *et al.*, 2015; AQANEGHAD & MOUSSAVI, 2016). Além disso, foram mantidas as condições de pH e condutividade naturais do esgoto doméstico, visto que este geralmente apresenta elevada condutividade e pH próximo da neutralidade (Tabela 1), o que pode favorecer a técnica de ECF com eletrodos de alumínio, de acordo com outros autores (CHEN, 2004; CASQUEIRA *et al.*, 2006; JIMÉNEZ *et al.*, 2012; HAKIZINAMA *et al.*, 2017).



Sendo assim, o estudo de efeitos seguiu um delineamento experimental fatorial  $2^4$ , onde foram estudados diferentes tratamentos combinando os quatro fatores contemplados, em dois níveis de variação (Tabela 2), resultando em um total de 16 ensaios, conforme mostra a Tabela 3. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

Tabela 2 - Fatores independentes e níveis de variação avaliados no delineamento experimental fatorial  $2^4$ .

Fatores	Níveis	
	-1	+1
Corrente elétrica (A)	0,5	1,5
Distância entre os eletrodos (cm)	1	3
Agitação (rpm)	0	262,5
Tempo de eletrólise (min)	10	30

Tabela 3 - Ensaios realizados durante os experimentos preliminares conforme delineamento experimental fatorial  $2^4$ .

Ensaio	Corrente elétrica	Distância entre os eletrodos	Agitação	Tempo de eletrólise
1	-1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1	-1
3	-1	+1	-1	-1
4	-1	-1	+1	-1
5	-1	-1	-1	+1
6	+1	+1	-1	-1
7	+1	-1	+1	-1
8	+1	-1	-1	+1
9	-1	+1	+1	-1
10	-1	+1	-1	+1
11	-1	-1	+1	+1
12	+1	+1	+1	-1
13	+1	+1	-1	+1
14	+1	-1	+1	+1
15	-1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1

Todo o estudo foi realizado com uma mesma amostra de esgoto doméstico. Cada ensaio foi realizado com uma alíquota de 1 L da amostra de esgoto, sob temperatura ambiente (aproximadamente 22°C). Em cada ensaio, passado o tempo de eletrólise, foi cessado o fornecimento de energia ao sistema e a amostra deixada em completo repouso durante 5 min, para flotação de precipitados remanescentes.

Após a realização de cada ensaio, foi realizada análise da turbidez do esgoto tratado. Desta forma, o estudo de efeitos teve como variável de resposta a remoção de turbidez. A partir dos resultados obtidos, foi realizada análise de variância e de efeitos, com o *software* Statística 7.0, para então determinar os efeitos padronizados de cada fator, e sua significância estatística, no tratamento de esgoto doméstico por ECF, considerando a variável de resposta estudada.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

## 2.4. Métodos analíticos

Todas as análises de parâmetros de qualidade das amostras de esgoto bruto e tratado foram realizadas de acordo com métodos indicados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). A análise de turbidez foi realizada pelo método nefelométrico, através de um turbidímetro Policontrol (AP2000 WL).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características da amostra coletada para realização do estudo de efeitos estão expressas na Tabela 4. Com base nos parâmetros analisados (Tabela 4), é possível verificar que a amostra apresentou características em conformidade com as reportadas por Decezaro (2016) (Tabela 1).

Tabela 4 - Características da amostra de esgoto doméstico bruto utilizada no estudo.

Parâmetro	Valor
Condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	850,9
pH	7,7
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	22
Turbidez (NTU)	129,3

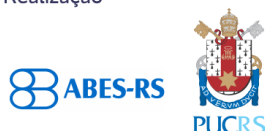
Os resultados obtidos a partir da realização dos ensaios estão expressos na Tabela 5. A maior remoção de turbidez foi atingida no 14, com corrente elétrica de 1,50 A, distância entre os eletrodos de 1 cm, agitação de 262,5 rpm e tempo de eletrólise de 30 min (Tabela 3), sendo observada remoção média de 95,4% e turbidez residual média de 5,9 NTU, valor próximo do limite recomendado para a classe 1 de reuso da Norma Brasileira 13.969, de 5 NTU (ABNT-NBR 13.969, 1997).

Tabela 5 - Resultados obtidos para os ensaios realizados no delineamento experimental fatorial 2<sup>4</sup>.

Ensaio	Turbidez (NTU)			Remoção de turbidez (%)		
	a <sup>a</sup>	b <sup>a</sup>	c <sup>a</sup>	a <sup>a</sup>	b <sup>a</sup>	c <sup>a</sup>
1	100,4	102,7	101,5	22,4	20,6	21,5
2	37,5	41,8	41,1	71,0	67,7	68,2
3	93,2	87,8	82,9	28,0	32,1	35,9
4	92,1	91,0	87,1	28,8	29,6	32,7
5	47,1	49,5	51,8	63,6	61,7	59,9
6	24,1	23,0	25,2	81,3	82,2	80,5
7	30,4	31,5	32,5	76,5	75,7	74,8
8	8,7	9,4	10,1	93,3	92,7	92,2
9	99,1	93,8	95,9	23,4	27,5	25,9
10	34,7	35,3	34,0	73,2	72,7	73,7
11	15,9	10,3	13,1	87,7	92,1	89,9
12	26,8	20,6	23,7	79,3	84,1	81,7
13	11,3	12,3	10,9	91,2	90,5	91,6
14	5,3	6,7	5,8	95,9	94,8	95,5
15	7,8	9,4	10,9	94,0	92,8	91,5
16	6,8	7,1	7,1	94,8	94,5	94,5

<sup>a</sup> a, b e c: as letras indicam as diferentes repetições executadas para cada ensaio.

Realização



Correalização



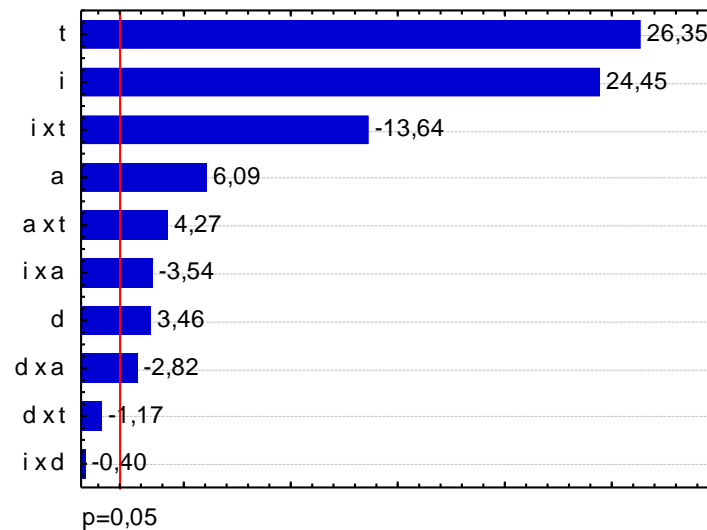
Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



Os resultados expressos na Tabela 5 serviram como base para a análise de efeitos e de variância. A Figura 2 apresenta os efeitos padronizados estimados para cada fator avaliado e para suas interações, e sua significância estatística, obtidas da análise de efeitos e de variância, no *software* Statística 7.0.

Figura 2 - Efeitos padronizados estimados para os fatores avaliados e suas interações, e sua significância estatística (valor de *p*) em um intervalo de confiança de 95%, para a variável de resposta remoção de turbidez (“a”: agitação; “d”: distância entre os eletrodos; “i”: corrente elétrica; “t”: tempo de eletrólise).



Efeito Padronizado (Valor Absoluto)

A corrente elétrica e o tempo de eletrólise foram os fatores que apresentaram maior influência na ECF, manifestando os maiores efeitos padronizados observados, assim como a interação entre os dois fatores. Sendo assim, o estudo destes fatores demonstrou-se extremamente importante para a otimização da técnica de ECF para remoção de turbidez do esgoto doméstico.

Ambos os fatores demonstraram um efeito positivo na remoção de turbidez do esgoto doméstico (Figura 2), isso ocorre principalmente em virtude de que tanto a corrente elétrica como o tempo de eletrólise são diretamente proporcionais a dose de agentes coagulantes aplicadas durante a ECF, conforme previsto pela Lei de Faraday (Equação 1); Onde: “ $D_t$ ” é a dose de coagulante teórica no sistema ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), “ $i$ ” a corrente elétrica (A), “ $t$ ” o tempo de eletrólise (s), “ $M$ ” a massa molecular do alumínio ( $\text{mg}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), “ $Z$ ” o número de elétrons transferidos na dissolução anódica, por mol, “ $F$ ” a constante de Faraday ( $\text{C}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e “ $V$ ” o volume de efluente tratado (L) (HAKIZIMANA *et al.*, 2017). Neste sentido, o aumento da corrente elétrica assim como o aumento do tempo de eletrólise, proporcionaram o emprego de maiores doses de coagulante no tratamento e, conseqüentemente, a maior remoção de turbidez através dos processos de coagulação, floculação e flotação.

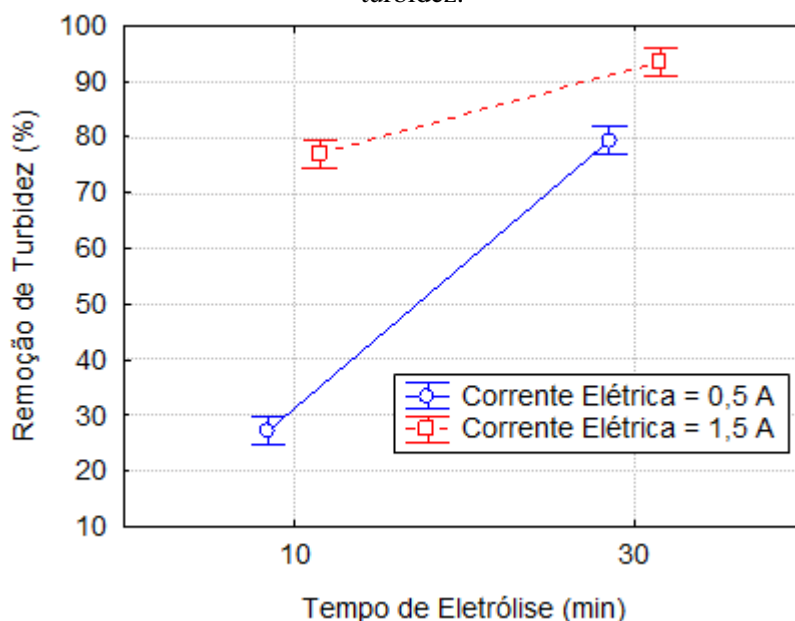
$$D_t = \frac{i \cdot t \cdot M}{Z \cdot F \cdot V} \quad (1)$$

No entanto, ao contrário do observado para cada fator, a interação entre estes apresentou um efeito negativo para a remoção de turbidez (Figura 2). Como ilustrado na Figura 3, esse efeito negativo demonstra que ambos os fatores apresentaram um menor impacto sobre a remoção de turbidez, quando o outro estava em seu maior nível de aplicação. Como os dois fatores refletem a concentração



de alumínio no sistema, tal fato pode estar associado às fases reativa e estável reportadas em tratamentos por eletrocoagulação. Na fase reativa, a remoção de turbidez aumenta conforme a dissolução de espécies de alumínio, sendo a neutralização e adsorção os principais mecanismos de remoção; Na fase estável, a remoção de turbidez diminui e já não corresponde mais ao aumento da dissolução anódica, sendo controlada por outros mecanismos de remoção, como a varredura (HOLT *et al.*, 2005; BENSADOK *et al.*, 2008; BUKHARI, 2008). Assim, o efeito negativo observado para a interação entre corrente elétrica e tempo de eletrólise, pode indicar que o tratamento encontrava-se próximo a fase estável, quando ambos os fatores estavam em seu maior nível de aplicação.

Figura 3 - Interação entre corrente elétrica e tempo de eletrólise para a variável de resposta remoção de turbidez.



Em geral, a agitação também apresentou um efeito positivo na remoção de turbidez (Figura 2), ou seja, contribuiu para aumentar a remoção de turbidez no tratamento. Tal fato pode ser reflexo do maior contato entre as partículas da solução e dispersão de microbolhas promovido pela agitação, tornando mais efetivos os processos de coagulação, floculação e flotação no sistema de ECF (HOLT, 2002; MOREIRA *et al.*, 2017). Assim, a agitação se demonstrou um importante fator para a obtenção de maior remoção de turbidez de esgoto doméstico por ECF.

A distância entre os eletrodos apresentou o menor efeito sobre a remoção de turbidez do esgoto doméstico, dentre os parâmetros operacionais estudados. Tal fato indica que o aumento da distância entre os eletrodos foi o fator que menos contribuiu para o aumento da remoção de turbidez. O aumento da distância entre os eletrodos proporciona um aumento da resistência entre estes, devido à resistividade do esgoto doméstico, havendo a necessidade do emprego de maior tensão elétrica para produzir corrente elétrica no sistema de ECF, o que resulta em um maior consumo de energia elétrica no sistema (GARCIA, 2002; CHEN, 2004; TSIOPTSIAS *et al.*, 2015). Desta forma, o aumento da distância entre os eletrodos não se torna interessante para o tratamento de esgoto doméstico por ECF, apesar do pequeno efeito positivo observado, sendo preferível o uso de menores distâncias para tornar o tratamento mais viável economicamente.



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A técnica de eletrocoagulação-flotação apresentou elevada eficiência de remoção de turbidez de esgoto doméstico, sendo a maior remoção (95,4%) observada nas condições de corrente elétrica de 1,5 A, distância entre os eletrodos de 1 cm, agitação de 262,5 rpm e tempo de eletrólise de 30 min.

A corrente elétrica e o tempo de eletrólise foram os parâmetros operacionais que apresentaram maior influência sobre a remoção de turbidez de esgoto doméstico no sistema de ECF, sendo estes importantes fatores a serem considerados para a otimização da técnica de ECF para remoção de turbidez do esgoto doméstico. Tanto o aumento da corrente elétrica como do tempo de eletrólise proporcionaram um aumento na remoção de turbidez no sistema de ECF, no entanto o emprego de correntes elétricas e tempos de eletrólise muito elevados podem ocasionar a diminuição da eficiência de remoção de turbidez do sistema.

A agitação apresentou efeito positivo para a remoção de turbidez por ECF, contribuindo para obtenção de maiores eficiências durante o tratamento. A distância entre os eletrodos foi o parâmetro operacional que apresentou menor influência sobre a remoção de turbidez, sendo o aumento da distância uma estratégia não muito interessante para obtenção de melhores eficiências de remoção de turbidez, em virtude da elevação do consumo de energia que este aumento pode proporcionar.

#### REFERÊNCIAS

ABNT-NBR 13.969 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - Norma Brasileira 13.969). **Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT-NBR 9.648 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - Norma Brasileira 13.969). **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, 2012.

AQANEGHAD, M.; MOUSSAVI, G. Electrochemically enhancement of the anaerobic baffled reactor performance as an appropriate technology for treatment of municipal wastewater in developing countries. **Sustainable Environment Research**, v. 26, n. 5, p. 203-208, 2016.

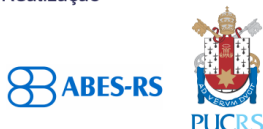
BAIERLE, F. et al. Biomass from microalgae separation by electroflotation with iron and aluminum spiral electrodes. **Chemical Engineering Journal**, v. 267, p. 274-281, 2015.

BENSADOK, K. S. et al. Electrocoagulation of cutting oil emulsions using aluminium plate electrodes. **Journal of hazardous materials**, v. 152, n. 1, p. 423-430, 2008.

BUKHARI, A. A. Investigation of the electro-coagulation treatment process for the removal of total suspended solids and turbidity from municipal wastewater. **Bioresource technology**, v. 99, n. 5, p. 914-921, 2008.

CASQUEIRA, R. G.; TOREM, M. L.; KOHLER, H. M. The removal of zinc from liquid streams by electroflotation. **Minerals engineering**, v. 19, n. 13, p. 1388-1392, 2006.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. **Separation and purification Technology**, v. 38, n. 1, p. 11-41, 2004.

CRESPILHO, F. N.; REZENDE, M. O. O. **Eletroflotação: princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa, 2004.

DECEZARO, S. T. **Nitrificação e remoção de matéria orgânica carbonácea e sólidos de efluente doméstico em wetland construído de fluxo vertical**. 2016. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

ELAZZOUI, M.; HABOUBI, Kh.; ELYOUBI, M. S. Electrocoagulation flocculation as a low-cost process for pollutants removal from urban wastewater. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 117, p. 614-626, 2017.

EMAMJOMEH, M. M.; SIVAKUMAR, M.; VARYANI, A. S. Analysis and the understanding of fluoride removal mechanisms by an electrocoagulation/flotation (ECF) process. **Desalination**, v. 275, n. 1-3, p. 102-106, 2011.

FORMENTINI, D. **Tratamento eletroquímico de esgotos sanitários**. 2012. 125p. Dissertação (mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

GARCIA, T. V. **Remoção de algas através da eletroflotação: tratamento eletrolítico seguido de filtração direta no tratamento de água de abastecimento**. 2002. 97p. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

HAKIZIMANA, J. N. et al. Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. **Desalination**, v. 404, p. 1-21, 2017.

HESPANHOL, I. Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. **Revista USP**, n. 106, p. 79-94, 2015.

HOLT, P. K. **Electrocoagulation: Unravelling and synthesising the mechanisms behind a water treatment process**. 2002. 229p. Thesis (Doctor of Philosophy in Chemical Engineering) – University of Sydney, Sydney, 2002.

HOLT, P. K.; BARTON, G. W.; MITCHELL, C. A. The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology. **Chemosphere**, v. 59, n. 3, p. 355-367, 2005.

JIMÉNEZ, C. et al. Electrochemical dosing of iron and aluminum in continuous processes: a key step to explain electro-coagulation processes. **Separation and purification technology**, v. 98, p. 102-108, 2012.

KHANDEGAR, V.; SAROHA, A. K. Electrochemical treatment of distillery spent wash using aluminum and iron electrodes. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 20, n. 3, p. 439-443, 2012.

KOBYA, M.; BAYRAMOGLU, M.; EYVAZ, M. Techno-economical evaluation of electrocoagulation for the textile wastewater using different electrode connections. **Journal of hazardous materials**, v. 148, n. 1-2, p. 311-318, 2007.

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
**meio ambiente,  
política & economia**

MA, H. et al. Excess sludge reduction using pilot-scale lysis-cryptic growth system integrated ultrasonic/alkaline disintegration and hydrolysis/acidogenesis pretreatment. **Bioresource technology**, v. 116, p. 441-447, 2012.

MAIA, L. G. C. **Estudo do processo de eletrocoagulação/floculação aplicado ao polimento de efluente doméstico**. 2014. 95 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MOREIRA, F. C. et al. Electrochemical advanced oxidation processes: a review on their application to synthetic and real wastewaters. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 202, p. 217-261, 2017.

MOTA, F. S. B.; VON SPERLING, M. (Coord.). **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

NASRULLAH, M.; SINGH, L.; WAHIDA, Z. A. Treatment of sewage by electrocoagulation and the effect of high current density. **Energy Environ Eng J**, v. 1, n. 1, 2012.

PERES, L. J. S.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora. **Revista Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 7, n. 1, p. 020-036, 2010.

RODRIGO, M. A. et al. Electrochemical technologies for the regeneration of urban wastewaters. **Electrochimica Acta**, v. 55, n. 27, p. 8160-8164, 2010.

ROMERO, J. A. P. **Eletroflotação aplicada ao tratamento de esgoto sanitário**. 2009. 143p. Tese (doutorado em Ciências – Química Analítica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016.

SPILKI, F. R. Crise hídrica, saúde e parâmetros de qualidade microbiológica da água no Brasil. **Revista USP**, n. 106, p. 71-78, 2015.

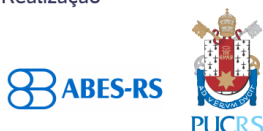
SYMONDS, E. M. et al. Reduction of nutrients, microbes, and personal care products in domestic wastewater by a benchtop electrocoagulation unit. **Scientific reports**, v. 5, p. 9380, 2015.

TSIOPTSIAS, C. et al. Post-treatment of molasses wastewater by electrocoagulation and process optimization through response surface analysis. **Journal of environmental management**, v. 164, p. 104-113, 2015.

US-EPA (United States Environmental Protection Agency). **Guidelines for water reuse**. Washington: U.S. Agency for International Development, 2012.

WHO (World Health Organization). **Progress on sanitation and drinking water: 2015 update and MDG assessment**. Geneva: World Health Organization, 2015.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375