



# REVISTA AIDIS

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

## TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE TANQUES DE PISCICULTURA POR ELECTROCOAGULAÇÃO

\*José Pedro Varela da Silva <sup>1</sup>  
Antônio Idivan Vieira Nunes <sup>1</sup>

### TREATMENT OF AQUACULTURE WASTEWATER TANKS BY ELECTROCOAGULATION

Recibido el 26 de octubre de 2015; Aceptado el 11 de octubre de 2016

#### Abstract

*For this work, we used the technique of electrocoagulation for the treatment of effluent from fish farms. An EC reactor at laboratory scale with a capacity of 1.5 L was assembled using a set of four plates of aluminum electrodes, a mechanical stirrer high torque microprocessor, wires with alligator clips and a voltage source with power adjustable. To determine the best operating condition of the reactor, an experimental design was performed using the software "Statgrafics", defining the operational variables and their respective intervals, which combined together, performing a total of 35 runs. Based on the results obtained by means of physical-chemical analysis in the laboratory, it can be stated that the initial pH=8, conductivity=1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , time=35 min., agitation=200 rpm and electrical current=2.5 A, are the optimal operating conditions of the reactor. Under these conditions, removal reached 84.95% for COD, 98.06% for nitrite, 82.43% for nitrate, 98.05% for total phosphorus and 95.32% for turbidity, resulting an operating cost of R\$ 4.59 per  $\text{m}^3$  of treated effluent. Based on the results obtained, it was found that the analyzed parameters are in accordance with the standards established for fresh, class 2, by Conama Resolution nº 357/05 and nº 430/2011, for release of the final effluent in the receiving water bodies. The technique of electrocoagulation besides being an alternative, efficient and promising for treating effluents from fish farming, also proved to be environmentally friendly for taking the high consumption of reagents, contrary to what happens in conventional treatment.*

**Keywords:** Aquaculture effluents, Electrocoagulation, Removal of pollutants.

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil.

\*Autor correspondiente: Centro de Tecnologia, DEHA, Bloco 713 – 1º Andar. Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, CEP 60451-970, Brasil. Email: [diccaivarela@gmail.com](mailto:diccaivarela@gmail.com)

## Resumo

Para a realização deste trabalho, foi utilizada a técnica da eletrocoagulação (EC) para o tratamento de efluente de piscicultura. Um reator de EC em escala de laboratório, com capacidade de 1.5 L foi montado, utilizando um conjunto de quatro placas de eletrodos de alumínio, um agitador mecânico de alto torque microprocessado, fios condutores com garras de jacaré e uma fonte de tensão com potência regulável. Para determinar a condição ótima de operação do reator, foi feito um planejamento experimental por intermédio do Software “Statgrafics”, definindo, as variáveis operacionais e os seus respectivos intervalos de variação, que combinadas entre si totalizaram um total de 35 ensaios experimentais. Com base nos resultados obtidos por meio das análises físico-químicas em laboratório, pode-se afirmar que o pH inicial=8, condutividade=1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , tempo=35 min., agitação=200 rpm e corrente=2.5 A, são as condições ótimas de operação do reator. Pois, operando o reator sob essas condições, alcançaram remoções de 84.95% para DQO, 98.06% para nitrito, 82.43% para nitrato, 98.05% para fósforo total e 95.32% para a turbidez, sendo o custo operacional de 4.59 R\$/m<sup>3</sup> de efluente tratado. Com base nos resultados obtidos, foi possível constatar que os parâmetros analisados estão de acordo com os padrões estabelecidos para água doce, classe 2, pela Resolução Conama nº 357/05 e nº 430/2011, para lançamento do efluente final nos corpos receptores. A técnica de eletrocoagulação além de ser um método alternativo, eficiente e promissor para tratamento de efluentes de piscicultura, também mostrou ser ecológicamente correto por dispensar o consumo elevado de reagentes, ao contrário do que acontece no tratamento convencional.

**Palavras-chave:** Efluente de piscicultura, Eletrocoagulação, Remoção de poluentes.

## Introdução

A água é o elemento de maior importância para a vida, que quando acessível e limpa, torna-se parte essencial para a vida na terra. Por ser considerada uma prioridade ambiental e social, o seu uso deve ser feito de forma racional e otimizada.

O crescimento acelerado da população mundial, dos parques industriais, a falta de sistema de saneamento, as retiradas constantes de água para fins diversificados e até mesmo as atividades humanas desenvolvidas dentro dos reservatórios naturais de água, têm contribuído intensivamente para degradação da quantidade e da qualidade da água dos rios, lagos, riachos e açudes, prejudicando o seu uso, como fonte de abastecimento.

Dentre essas atividades, destaca-se como grande gerador de poluentes com elevada carga orgânica e nutrientes (N e P), os processos provenientes da prática da piscicultura. Os níveis excessivos de nutrientes encontrados nesses efluentes são considerados prejudiciais em corpos de água naturais, porque a supersaturação provoca o crescimento de algas, levando à eutrofização (Bektas *et al.*, 2004).

Os efluentes de piscicultura possuem elevadas taxas de carga orgânica, resultante do processo de produção (produção intensiva e duradoura), que podem causar a eutrofização dos corpos de água. (Assunção, 2011).

Através de vários estudos já feitos, atualmente existem métodos de tratamento desse tipo de efluente, visando reduzir os impactos negativos gerados ao meio ambiente. Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes, aplicação de sistemas de Wetland, uso de peixes filtradores, hidroponia, uso de plantas terrestres, são alguns destaques nessa área (Filho, 1997).

E uma outra alternativa, considerado versátil, viável e promissora para o tratamento de efluentes de piscicultura é o processo de eletrocoagulação (Heidmann *et al.*, 2007).

A eletrocoagulação (EC) é uma tecnologia de tratamento de água já conhecida há mais de cem anos, mas atualmente está sob desenvolvimento intensivo e de interesse comercial (Chen, 2004; Kuokkanen *et al.*, 2013). É um método simples e eficiente, e tem sido usado para o tratamento de vários tipos de efluentes, tais como efluentes de lavanderia (Janpoor *et al.*, 2011), efluentes de restaurante (Chen *et al.*, 2000), chorume (Li *et al.*, 2011) efluentes de refinaria de óleo de soja (Un *et al.*, 2009) e efluentes de abatedouros avícolas (Kobyá *et al.*, 2006).

A eletrocoagulação é um método eletroquímico de tratamento de água poluída, onde os ânodos de sacrifício (geralmente de Al ou Fe) são dissolvidos para produzir agentes coagulantes em solução (Holt *et al.*, 2005). Neste processo ocorrem as reações de oxidação e redução com a dissolução anódica do metal e a produção de hidróxidos através da hidrólise da água, ocorrendo à formação de hidróxidos gelatinosos que desestabilizam e agregam as partículas, formando flocos estáveis, que por conseguinte, podem ser facilmente removido por filtração (Theodoro, 2010; Bensadok *et al.*, 2007).

É considerada uma tecnologia amigável, sem impacto ambiental, uma vez o elétron é o principal reagente. Isto é, não requer a adição de reagentes ou produtos químicos. Isto irá minimizar a produção do lodo e eventualmente eliminar alguns dos produtos químicos nocivos utilizados como coagulantes nos métodos de tratamento convencionais (Zaroual *et al.*, 2006). Desta forma, por meio da EC é possível eliminar extensivamente as desvantagens das técnicas convencionais de tratamento (Mollah *et al.*, 2001; Koparal *et al.*, 2002).

Pode-se dizer que a eletrocoagulação é uma das técnicas de tratamento mais eficazes e promissoras em comparação a outros métodos de tratamento, por ser capaz de remover

simultaneamente matéria orgânica e nutrientes de águas residuárias, reduzindo por sua vez a quantidade de lodo formado e inviabilizando tanto o lançamento quanto as possibilidades de reúso do mesmo. Além disso, pode-se afirmar que a técnica é de fácil operação e de baixo custo (Pessoa, 2008).

### Metodologia

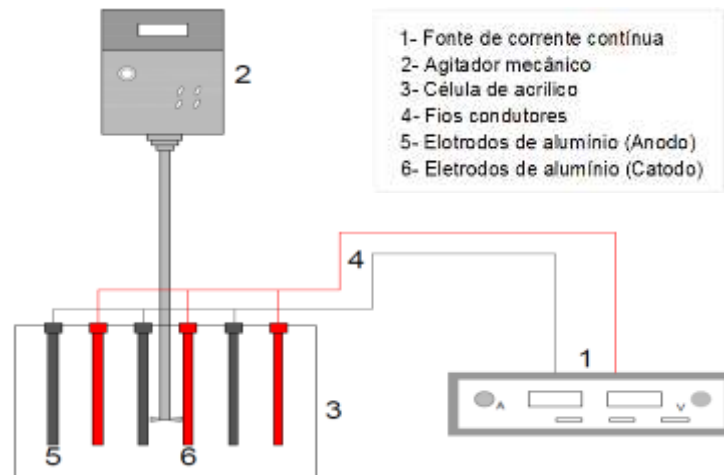
As amostras para a realização dos experimentos foram coletadas, em tanques de piscicultura do centro de criação de peixes do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará.

Para a realização dos experimentos e análises físico-químicas da água, foram coletados volumes de aproximadamente 5L de efluente bruto, armazenados em recipiente dentro de uma caixa de isopor, mantido em lugar fresco e arejado e examinado em laboratório. Os principais parâmetros do efluente utilizado neste trabalho foram apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características do efluente utilizado para o estudo.

Parâmetros	Valores
DQO	49.81 mg/l
pH	8.01
Turbidez	66.3 NTU
Fósforo total	0.45 mg/l
Nitrito	0.17 mg/l
Nitrato	0.0072 mg/l
STD	517 mg/l
Temperatura	26.7 °C
Alumínio dissolvido	0.223 mg/l

A configuração do reator de eletrocoagulação em escala laboratorial, utilizado para realizar este estudo é mostrada na Figura 1. Os experimentos foram realizados, tratando 1.5L de efluente em um reator retangular (180mm x 100mm x 150mm), feito de acrílico. Placas de alumínio de 110mm de comprimento, 50mm de largura e 3mm de espessura, foram utilizadas como ânodo e cátodo. A área do eletrodo imerso no efluente era de 55mm x 50mm. E a área total de superfície efetiva de cada eletrodo foi de 55cm<sup>2</sup>. Os eletrodos foram mantidos a uma distância de 1.1cm entre eles e 1cm de fenda foi mantida entre a parte inferior dos eletrodos e a parte inferior da célula para facilitar a agitação.



**Figura 1.** Desenho da linha experimental de eletrocoagulação

Os eletrodos foram ligados a uma fonte de alimentação (LAMBDA GENH60-12,5) proporcionando densidade de corrente para a célula. A polaridade foi invertida ao logo do experimento para reduzir o efeito de passivação do cátodo. A agitação foi fornecida por meio de um agitador mecânico de alto torque microprocessado (QUIMIS, Mod. Q250M, 220V, 100-2000 RPM). No final de cada experimento os eletrodos foram lavados com água corrente e mergulhados em ácido clorídrico 1% por um minuto, para eliminar impurezas presentes nas suas superfícies e em seguida lavados com água e sabão neutro. No final de cada experimento, as amostras tratadas foram deixadas em repouso por um período de 15 a 20 minutos, a fim de separar a fase líquida do lodo, em seguida foram filtradas e submetidas a determinações dos parâmetros indicados na Tabela 1. Para a determinação da concentração do teor de alumínio dissolvido na amostra tratada, liberado pelos eletrodos, resultante do processo de eletrocoagulação, utilizou-se a espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). O processo global foi realizado em duplicata para cada condições experimentais estabelecidas, a fim de evitar possíveis erros analíticos.

Cinco parâmetros independentes, representados pelos fatores ( $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5$ ), com três níveis de variação, foram utilizados no presente estudo como variáveis de referência experimental (parâmetros de entrada), conforme mostrado na Tabela 2.

Para a realização dos ensaios experimentais, foi realizado um planejamento experimental, por delineamento composto central rotacional – DCCR ( $2^5$ , mais 16 ensaios axiais e 3 repetições no ponto central), totalizando 35 ensaios conforme descrito Tabela 3. E o planejamento foi feito por intermédio do Software estatístico STATGRAPHICS. Todos os experimentos e determinações

analíticas dos parâmetros físico-químicos foram realizados no Laboratório de Saneamento (LABOSAN) e no Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará.

**Tabela 2.** Valores mínimos, intermediários e máximos das variáveis operacionais

Parâmetros	Fatores	Níveis		
		-1	0	+1
pH inicial	w <sub>1</sub>	4	6	8
Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	w <sub>2</sub>	1000	2500	4000
Tempo de eletrólise (min.)	w <sub>3</sub>	15	25	35
Agitação (rpm)	w <sub>4</sub>	200	400	600
Intensidade da corrente (A)	w <sub>5</sub>	1	1.75	2.5

**Tabela 3.** Resultados do planejamento experimental

EXPER.	PARÂMETROS MONITORADOS					PERCENTUAL DE REMOÇÃO				
	pH	Condut. ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Tempo (min.)	Agitação (RPM)	Corrente (A)	DQO (%)	NITRITO (%)	NITRATO (%)	FÓSFORO (%)	TURBIDEZ (%)
1	4	1000	35	200	2.5	75.52	100.00	82.41	94.17	47.51
2	4	1000	15	600	1.0	75.52	100.00	82.58	85.73	96.18
3	4	4000	15	600	2.5	70.23	100.00	54.90	95.22	99.14
4	8	1000	15	200	1.0	76.25	100.00	59.94	86.84	91.57
5	8	1000	15	200	2.5	79.15	100.00	65.49	87.66	90.39
6	6	2500	25	400	1.75	52.06	100.00	37.13	99.83	83.33
7	8	4000	15	600	1.0	57.54	100.00	69.52	98.94	99.10
8	8	1000	15	600	2.5	52.41	100.00	57.12	98.76	99.30
9	8	4000	15	600	2.5	62.11	94.53	50.92	95.47	99.17
10	4	4000	35	200	1.0	52.64	100.00	69.55	98.08	94.20
11	4	1000	15	600	2.5	77.61	94.32	28.65	92.97	98.48
12	8	4000	15	200	2.5	71.97	95.96	42.20	95.09	91.27
13	4	4000	35	600	2.5	58.75	100.00	24.07	92.92	98.83
14	4	1000	35	600	2.5	75.76	95.04	73.80	95.39	88.10
15	4	4000	15	200	2.5	68.74	100.00	74.49	94.53	95.00
16	4	1000	15	200	1.0	66.19	97.17	31.65	95.98	95.12
17	8	1000	35	200	2.5	84.95	98.06	82.43	98.05	95.32
18	8	1000	35	600	2.5	72.24	100.00	88.18	97.95	97.73
19	8	1000	35	600	1.0	71.44	100.00	89.07	95.62	98.33
20	4	4000	15	200	1.0	79.76	98.82	28.30	98.96	97.86
21	8	4000	35	200	1.0	70.11	100.00	41.67	98.73	98.58

EXPER.	PARÂMETROS MONITORADOS					PERCENTUAL DE REMOÇÃO				
	pH	Condut. ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Tempo (min.)	Agitação (RPM)	Corrente (A)	DQO (%)	NITRITO (%)	NITRATO (%)	FÓSFORO (%)	TURBIDEZ (%)
22	4	1000	15	200	2.5	79.37	100.00	53.08	97.65	90.94
23	8	4000	35	600	2.5	78.47	100.00	78.65	95.19	99.05
24	4	1000	35	200	1.0	82.73	100.00	70.21	99.23	82.46
25	4	1000	35	600	1.0	76.22	100.00	70.92	99.26	98.19
26	4	4000	35	200	2.5	50.35	60.15	28.20	97.32	96.30
27	8	4000	35	200	2.5	41.99	92.39	42.73	97.51	96.43
28	8	1000	15	600	1.0	20.39	90.05	25.53	91.10	96.30
29	8	4000	15	200	1.0	49.83	98.52	39.90	97.36	98.61
30	8	1000	35	200	1.0	34.38	100.00	26.36	95.01	98.01
31	4	4000	15	600	1.0	33.97	98.42	24.36	99.35	98.48
32	4	4000	35	600	1.0	42.39	98.48	38.88	88.97	93.10
33	8	4000	35	600	1.0	45.16	98.42	26.28	99.80	90.63
34	6	2500	25	400	1.75	52.06	100.00	37.13	99.83	83.33
35	6	2500	25	400	1.75	52.06	100.00	37.13	99.83	83.33

Parâmetros ótimos "Fósforo"
  Parâmetros ótimos "Nitrito"
  Parâmetros ótimos Global

Parâmetros ótimos "DQO"
  Parâmetros ótimos "Nitrito"
  Experimentos repetidos

## Resultados

A seguir, são apresentados os principais resultados obtidos em cada um dos experimentos realizados, variando as condições de operação do reator. Antes e depois de realizarem-se os processos de tratamento (EC), efetuou-se a caracterização físico-química do efluente. Analizando os resultados da Tabela 3, pode-se verificar que com a combinação dessas variáveis independentes, a escolha dos parâmetros ótimos de operação do reator, se deu no 17º experimento, onde foi possível alcançar máxima percentagem de remoção de poluentes (84.95% para DQO, 98.06% para nitrito, 82.43% para nitrato, 98.05% para P e 95.32% para a turbidez), deixando, por conseguinte uma menor concentração de alumínio residual na amostra tratada.

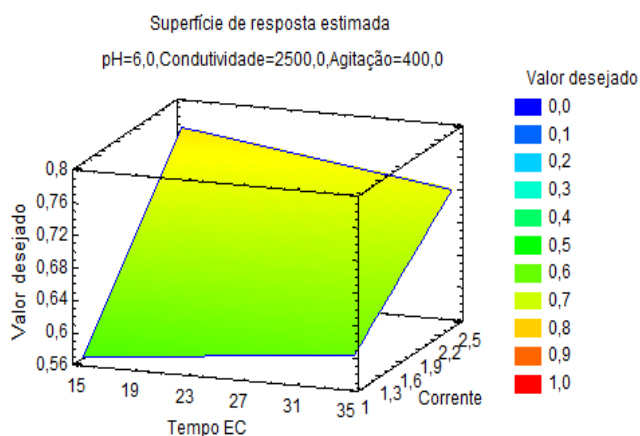
### Análise de eficiência de remoção de DQO

Na Figura 2, pode-se observar que a região da máxima remoção de DQO está compreendida no tempo entre 15 e 20 minutos e o valor da corrente elétrica entre 2 e 2.5 A.

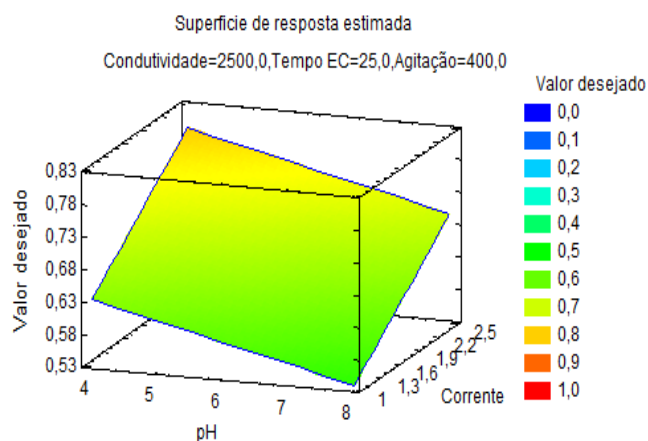


Na Figura 3, fixando o tempo em 25 min, pode-se observar que a região da máxima remoção está numa região de valores de pH entre 4 e 6 e corrente variando de 2 a 2.5 A.

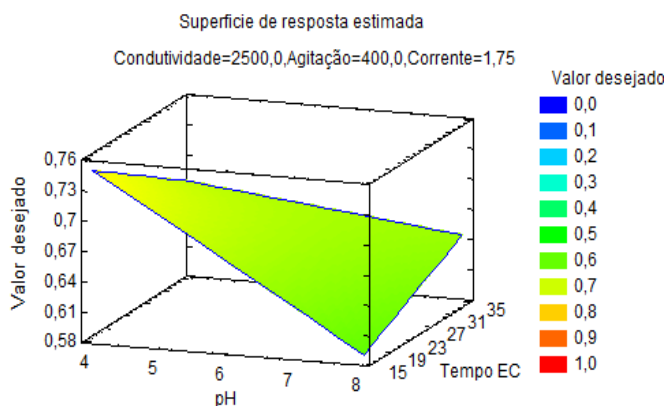
No caso da Figura 4, fixando o valor da corrente em 1.75 A, pode-se observar que a máxima percentagem de remoção de DQO está numa região compreendida no tempo entre 15 e 20 minutos e o valor do pH entre 4 e 5.



**Figura 2.** Superfície de resposta em função do tempo e da corrente elétrica



**Figura 3.** Superfície de resposta em função do pH e da corrente elétrica



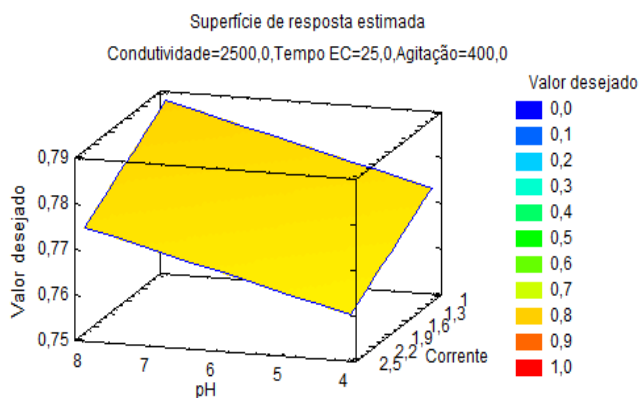
**Figura 4.** Superfície de resposta em função do pH e do tempo



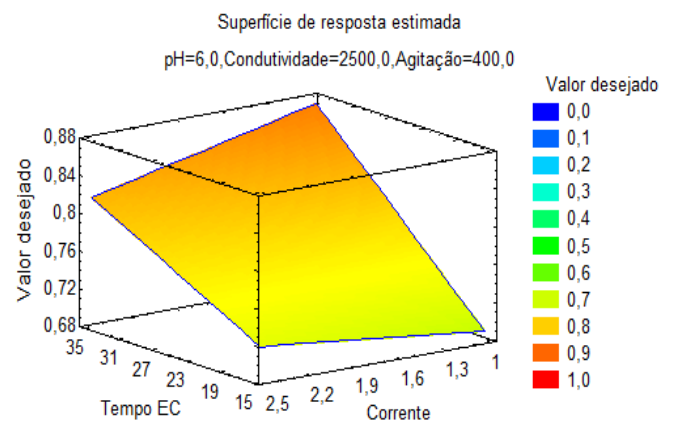
### Análise de eficiencia de remoção do Fósforo total

Os resultados apresentados na figura 5, demonstram que para qualquer que sejam as condições testadas de corrente elétrica, a eficiência de remoção de fósforo será basicamente a mesma, com ligeiras variações, na região do pH entre 6 e 8. Do mesmo modo, mantendo fixo o pH inicial em 6 (Figura 6), pode-se observar que independente do valor da corrente elétrica, a máxima percentagem de remoção de fósforo está no intervalo de tempo de eletrólise entre 20 e 35 minutos.

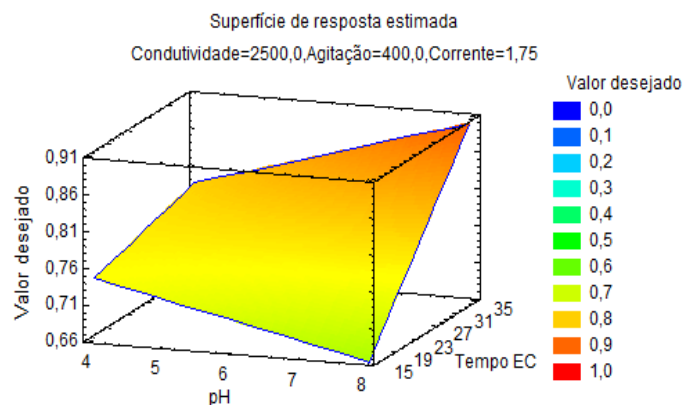
Além disso, mantendo fixo o valor da corrente elétrica em 1.75 A (Figura 7) pode-se observar que a região da máxima remoção de fósforo está compreendida numa região entre 20 e 35 minutos e o valor do pH entre 6 e 8.



**Figura 5.** Superfície de resposta em função do pH e da corrente elétrica



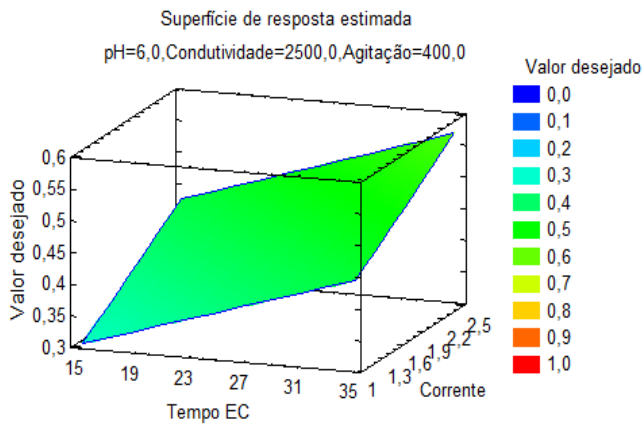
**Figura 6.** Superfície de resposta em função do tempo e da corrente elétrica



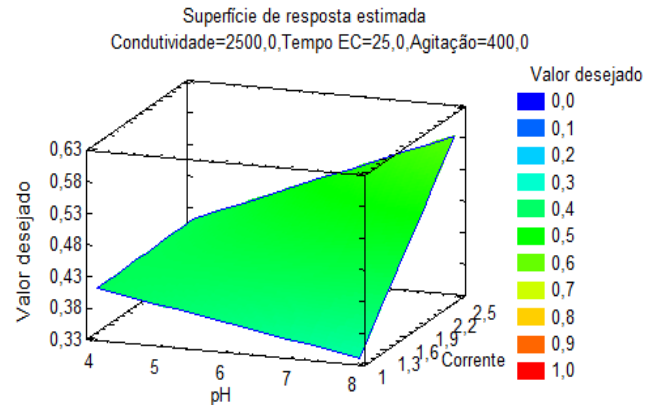
**Figura 7.** Superfície de resposta em função do pH e do tempo

Análise de eficiência de remoção de Nitrato

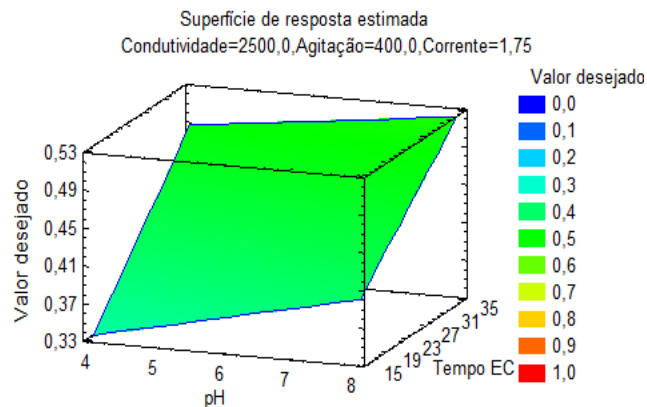
Fixando o pH inicial em 6 (Figura 8), pode-se verificar que a máxima percentagem de remoção de nitrato está numa região compreendida no tempo entre 25 e 35 minutos e o valor da corrente entre 2 e 2.5 A. Na Figura 9, fixando o tempo em 25 min., pode-se constatar que a máxima percentagem de remoção de nitrato continua sendo na região onde o valor da corrente elétrica varia entre 2 e 2.5 A. Com a máxima remoção quando o valor do pH varia entre 6 e 8. Na Figura 10, fixando o valor da corrente em 1.75 A, pode-se concluir claramente que a máxima percentagem de remoção do nitrato está na região onde o tempo de eletrólise varia entre 25 e 35 min. e o valor do pH inicial entre 6 e 8.



**Figura 8.** Superfície de resposta em função do tempo e da corrente elétrica



**Figura 9.** Superfície de resposta em função do pH e da corrente elétrica

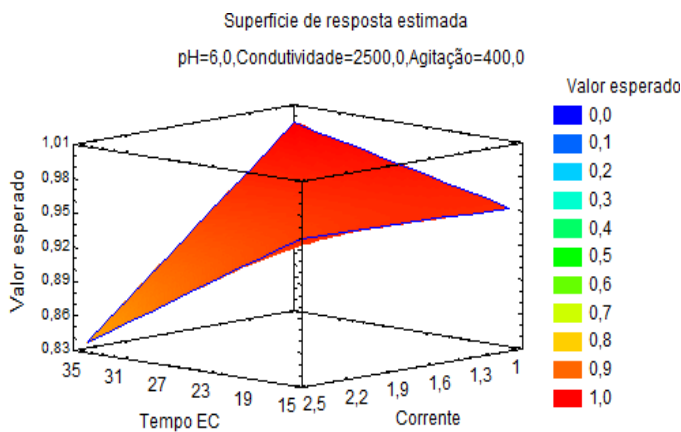


**Figura 10.** Superfície de resposta em função do pH e do tempo

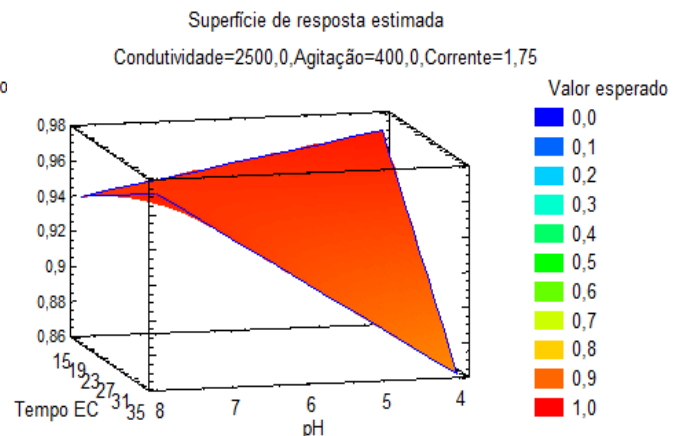
Análise de eficiencia de remoção de Nitrito

Mantendo fixo o valor do pH inicial em 6 (Figura 11), pode-se observar que a região da máxima remoção fica localizada basicamente na zona de variação da corrente elétrica entre 1 e 1.6 A e tempo entre 20 e 35 minutos. Do ponto de vista econômico recomenda-se a utilização do tempo médio (20 min.).

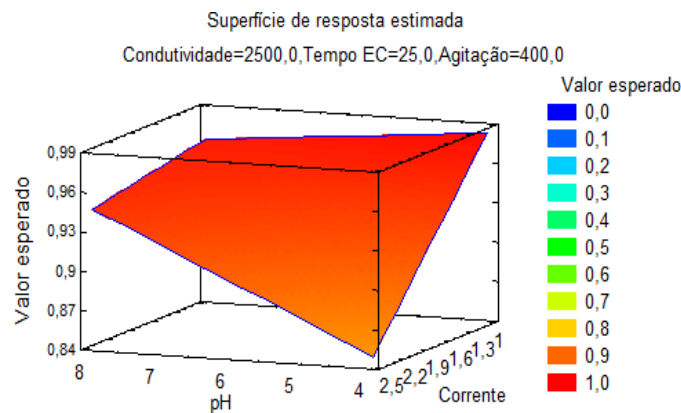
Na (Figura 12), pode-se observar que a máxima percentagem de remoção de nitrito encontra-se numa região compreendida entre 15 e 35 minutos e pH inicial entre 6 e 8. E na Figura 13, fixando o tempo em 25 min., pode-se observar que a máxima percentagem de remoção de nitrito está numa região compreendida entre 15 e 35 minutos e o valor de 1 e 1.6 A.



**Figura 11.** Superfície de resposta em função do tempo e da corrente elétrica



**Figura 12.** Superfície de resposta em do pH e do tempo



**Figura 13.** Superfície de resposta em função do pH e da corrente

### Consumo de eletrodos

Repetindo o experimento, usando os parâmetros ótimos (Tabela 3), o consumo real dos eletrodos, foi obtido pela diferença de pesos dos ânodos.

$$\Delta M_{\text{experimental do el}} = 119.034 - 118.47 = 0.56\text{g}$$

### Análise do efluente tratado

Os resultados obtidos por meio das análises físico-químicas, demonstrou que todos os parâmetros analisados, com exceção do alumínio dissolvido, estão de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/2005 e nº 430/2011, conforme mostrado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Padrões de qualidade de água (Classe 2 – Águas doces)

Parâmetros	Amostra Bruto	Amostra Tratada	Valor máx. permitido (Conama 357/05)	Valor máx. permitido (Conama 430/11)	Valor máx. permitido (Portaria 154/02)
pH	8.01	7.37	N/D	5 a 9	5 a 9
Temperatura	26.7 °C	23.5 °C	N/D	< 40	< 40
Fósforo total	0.45 mg/l	0.009 mg/l	0.030 mg/l	N/D	N/D
Nitrito	0.17 mg/l	0.00 mg/l	1.0 mg/l	N/D	N/D
Nitrato	0.072 mg/l	0.013 mg/l	10 mg/l	N/D	N/D
DQO	49.81 mg/l	6.87 mg/l	N/D	N/D	200 mg/l
Turbidez	66.3 NTU	2.1 NTU	Até 100 NTU	N/D	N/D
STD	517 mg/l	432 mg/l	500 mg/l	N/D	N/D
Al dissolvido	0.223 mg/l	0.320 mg/l	0.1 mg/l	N/D	N/D

N/D – Não definido

### **Conclusões**

O presente estudo demonstrou que a aplicabilidade do método de eletrocoagulação é capaz de produzir efluente tratado dentro das condições estabelecidas pela Resolução Conama nº 357/05 e nº 430/2011, para lançamento do efluente final no corpo receptor.

Operando o reator sob as condições ótimas estabelecidas, foi possível aumentar a eficiência de clarificação e desinfecção do efluente tratado, chegando a proporcionar máxima remoção de

84.95% para DQO, 98.06% para nitrito, 82.43% para nitrato, 98.05% para fósforo total e 95.32% para a turbidez, respectivamente. Estes resultados foram conseguidos, operando o reator sob as seguintes condições: pH inicial=8, condutividade=1000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , tempo=35 min, agitação=200 rpm e corrente elétrica=2.5 A.

Porém, o mesmo não se pode dizer em relação à quantidade de alumínio dissolvido presente na amostra tratada sob as condições ótimas (0.32 mg/l), cujo valor se encontra acima do máximo permitido (0.1 mg/l). O reator de eletrocoagulação desenvolvido nesse estudo, além de ser eficiente e proporcionar um excelente resultado, ela é de também de baixo custo de fabricação e fácil de ser projetado para tratamento de grandes volumes de amostra, caso necessário.

Dessa forma, pode-se afirmar que a técnica de eletrocoagulação, além de dispensar o consumo elevado de reagentes, ao contrário do que acontece nos tratamentos convencionais, ela pode ser considerada um método alternativo, viável e promissor para tratamento de efluentes de pisciculturas, assim com outros tipos de efluentes líquidos.

### Referências bibliográficas

- ANA – Agência Nacional de Águas (2009) *Portal da qualidade das águas. Indicadores de Qualidade – Índice de qualidade das águas*. Acesso em 02 de setembro de 2014. Disponível em:  
<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>
- Assunção, A.W.A. (2011) *Tratamento de efluentes de piscicultura utilizando sistema de wetland povoada com as espécies Eirchhonia crassipes, Ceratophyllum demersum e Typha dominigensis de macrófitas aquáticas*. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Programa de Pós-Graduação do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, SP, 121p.
- APHA - AWWA – WEF (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition*. American Public Health association, American Water Works Association and Water Environment Federation.
- Bensadok, K., Benammar, S., Lopicque, F., Nezzal, G. (2007) Electrocoagulation of cutting oil emulsions using aluminium plate electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, **152**(1), 423-430.
- Bektas, N., Akbulut, H., Inan, H., Dimoglo, A. (2004) Removal of phosphate from aqueous solutions by electrocoagulation. *Journal Hazard. Mater.* **106** (2-3), 101-105.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) *Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005*. Publicada no DOU nº 53, de 18 de março de 2005, Seção 1, 58-63.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (2011) *Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011*. Publicada no DOU nº 92, de 16 de maio de 2011, 89pp.
- Chen, G., (2004) Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Sep. Purif. Technol.* **38**(1), 11-41.
- Chen, X., Chen, G., Yue, P.L. (2000) Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation. *Sep. Purif. Technol.*, **19**(1-2), 65-76.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2004) *Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo*. Acesso em 05 de setembro de 2014, Disponível em:  
<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguassuperficiais/35-publicacoes/-relatorios>

- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2007) *Índice de Qualidade da Água*. Acesso em 05 de setembro de 2014, Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap\\_iga.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iga.asp)
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2009) *Variáveis de qualidade das águas*. São Paulo, SP. Acesso em 05 de Setembro de 2014, Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>
- Chacon, J.O., Gurgel, J.J.S., Vinatea, J.E., Nepomuceno, F.H., Filho, P.A., Farias, J.O., Bastos, J.R., Silva, J.W.B., Vasconcelos, E.A., Merola, N. (1998) *Manual sobre manejo de reservatórios para a produção de peixes. Parte 1: Adaptação de açudes para a piscicultura*. Brasília. DNOCS.
- Filho, Z.E. (1997) O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. *Rev. Bras. Biol.*, **57**(1), 3-9.
- Heidmann, I., Calmano, W. (2007) Removal of Zn(II), Cu(II), Ni(II), Ag(I) and Cr(VI) present in aqueous solutions by aluminium electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, **84** (1), p.83-94.
- Holt, P.K., Barton, G.W., Mitchell, C.A. (2005) The future for electrocoagulation as a localized water treatment technology. *Chemosphere*, **59**, 355-367.
- Janpoor, F., Torabian, A., Khatibikamal, V. (2011) Treatment of laundry waste-water by electrocoagulation. *Journal Chem. Technol. Biotechnol.* **86**(8), p.1113-1120.
- Kobyas, M., Senturk, E., Bayramoglu, M. (2006) Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation. *Journal Hazard. Mater*, **133**(1-3), 172-176.
- Koparal A.S., Outveren, U.B. (2002) Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, **89**(1), p. 83-94.
- Kuokkanen, V., Kuokkanen, T., Ramo, J., Lassi, U. (2013) Recent applications of electrocoagulation in treatment of water and wastewater review. *Green Sustain. Chem.* **2**, 89-121.
- Li, X., Song, J., Guo, J., Wang, Z., Feng, Q. (2011) Landfill leachate treatment using electrocoagulation. *Procedia Environ. Sci.* **10**, 1159-1164.
- Mollah, M.Y.A., Schennach, R., Parga, J.R., Cocke, D.L. (2001) Electrocoagulation (EC) - Science and applications. *Journal of Hazardous Materials*, **84**(1), 29-41.
- Pessoa, G.P. (2008) *Estudo da remoção de cor de efluente têxtil por eletrocoagulação*. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental). Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, 81p.
- Rotta, M.A.; Queiroz, J.F. (2014) *Boas práticas de manejo (BPMs) para a produção de peixes em tanques-redes*. Documentos 47, Corumbá: Embrapa Pantamal, dez. 2003. Acesso em 12 de setembro de 2014, Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC47.pdf>
- Theodoro, P.S. (2010) *Utilização de eletrocoagulação no tratamento de efluentes da indústria galvânica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 136p.
- Un, U.T., Koparal, A.S., Ogutveren, U.B. (2009) Electrocoagulation of vegetable oil refinery wastewater using aluminum electrodes. *Journal Environ. Manage.* **90**(1), 428-433.
- Zaroual, Z., Azzi, M., Saib, N., Chainet, E. (2006) Contribution to the study of electrocoagulation mechanism in basic textile effluent. *Journal Hazard. Mater*, **B131**(1-3), 73-78.