

ELETROCOAGULAÇÃO: UMA ALTERNATIVA PARA REMOÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE AQUICULTURA

KIANE CRISTINA LEAL VISCONCIN¹, ARIIVALDO JOSÉ DA SILVA², CARLOS TADEU DOS SANTOS DIAS³.

¹ Mestranda em Engenharia Agrícola na Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas/SP, kivisconcin@gmail.com.

² Prof. Dr. da Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas/SP.

³ Prof. Dr. da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Piracicaba/SP.

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: Atualmente o sistema de recirculação vem sendo muito utilizado na aquicultura, no entanto, como não se faz o descarte do efluente, nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio são acumulados, podendo promover a eutrofização. Para sanar esse problema é implementado um sistema de tratamento de águas residuárias. Uma tecnologia alternativa que pode ser utilizada é a eletrocoagulação, que promete garantir eficiência de remoção desses poluentes. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar se, o uso da tecnologia de eletrocoagulação é eficiente na remoção de nitrogênio e fósforo para o tratamento de água residuária de aquicultura. Conclui-se o tratamento eletroquímico é uma tecnologia alternativa para a remoção eficiente dos poluentes nitrogênio e fósforo de águas residuárias de aquicultura.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento eletroquímico; águas residuárias; aquicultura.

ELECTROCOAGULATION: ALTERNATIVE FOR REMOVING NITROGEN AND PHOSPHORUS FROM AQUACULTURE WASTERWATER

ABSTRACT: Currently, the recirculation system has been widely used in aquaculture, however, as the effluent is not disposed of, nutrients, especially phosphorus and nitrogen, are accumulated, which can promote eutrophication. To solve this problem, a wastewater treatment system is implemented. An alternative technology that can be used is electrocoagulation, which promises to ensure efficient removal of both elements. Therefore, the objective of this work is to evaluate whether the use of electrocoagulation technology is efficient in removing nitrogen and phosphorus for the treatment of aquaculture wastewater. It is concluded that electrochemical treatment is an alternative technology for the efficient removal of nitrogen and phosphorus pollutants from aquaculture wastewater.

KEYWORDS: Electrochemical treatment; wastewater; aquaculture.

INTRODUÇÃO: O setor de aquicultura é de suma importância no cenário atual da agricultura e pecuária brasileira, tanto para geração de renda através da comercialização dos vários produtos oriundos dessa atividade, quanto na geração de empregos para a população do país. Com o sistema de recirculação é possível garantir uma aquicultura mais sustentável, visto que economiza água por ser implementado em um sistema fechado. Todavia, os sistemas fechados concentram os nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio. Se os efluentes não

forem tratados poderão causar a eutrofização do meio, que pode resultar na mortalidade dos animais, prejudicando assim a produção. Atualmente, para o tratamento do efluente de aquicultura de recirculação se utilizam sistemas biológicos, por exemplo, sistemas de nitrificação e desnitrificação e *wetlands* construídos, onde o efluente passa por um filtro de areia e brita e macrófitas. Todavia, esses sistemas ora são eficientes na remoção de nitrogênio, ora na remoção de fósforo. Esse estudo propõe o uso de uma tecnologia alternativa, a eletrocoagulação, para sanar essa problemática, realizando de forma eficiente a remoção tanto de nitrogênio quanto de fósforo de efluentes de sistema aquícola. A eletrocoagulação utiliza uma corrente elétrica para que ocorra a oxidação, o processo em geral se utiliza como material eletrodico o alumínio ou ferro, pois liberam íons que permitem o processo de coagulação e flotação e/ou sedimentação da matéria orgânica e diversos nutrientes. Apesar de ser uma tecnologia considerada antiga, sua aplicação para tratamento de efluente de aquicultura de recirculação não é difundida e não estão bem estabelecidos parâmetros operacionais para remoção de nitrogênio e fósforo. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar se, o uso da tecnologia de eletrocoagulação é eficiente na remoção de nitrogênio e fósforo para o tratamento de água residuária de aquicultura.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado no Laboratório de Meio Ambiente e Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) no período de agosto de 2020 a abril de 2021. Foi utilizada uma solução sintética com composição similar a água residuária real de aquicultura, elaborada através de referências que apresentam a caracterização desse efluente. Os reagentes necessários para atingir a concentração de cada componente estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1. Reagentes utilizados para preparo da água sintética de aquicultura de recirculação.

Reagente	Fórmula molecular	Componente	Concentração do componente (mg/L)
Bicarbonato de sódio	NaHCO ₃	Na ⁺	246,4
Cloreto de amônio	NH ₄ Cl	NH ₄ ⁺	23,5
Cloreto de amônio	NH ₄ Cl	Cl ⁻	46,3
Cloreto de cálcio	CaCl ₂ .2H ₂ O	Ca ²⁺	57,1
Cloreto de cálcio	CaCl ₂ .2H ₂ O	Cl ⁻	101,2
Sulfato de tripotássio	K ₃ PO ₄	K ⁺	19,9
Sulfato de tripotássio	K ₃ PO ₄	PO ₄ ³⁻	16,1
Hidróxido de cálcio	Ca(OH) ₂	Ca ²⁺	68,3
Nitrato de potássio	KNO ₃	K ⁺	43,5
Nitrato de potássio	KNO ₃	NO ₃ ⁻	69
Sulfato de cálcio	CaSO ₄ .2H ₂ O	Ca ²⁺	43,5
Sulfato de cálcio	CaSO ₄ .2H ₂ O	SO ₄ ²⁻	104,3
Sulfato de magnésio	MgSO ₄ .7H ₂ O	Mg ²⁺	39,6
Sulfato de magnésio	MgSO ₄ .7H ₂ O	SO ₄ ²⁻	156,5
Sulfato de potássio	K ₂ SO ₄	K ⁺	131,7
Sulfato de potássio	K ₂ SO ₄	SO ₄ ²⁻	159,8

Fonte: Adaptado de Lin et al. (2005); Fontenot et al. (2007); Sharrer et al. (2007); Sharrer, Rishel, Summerfelt (2010); Davidson et al. (2019); Tejido-Nuñez et al. (2019).

O equipamento utilizado para a realização da eletrocoagulação foi um reator simples de batelada em escala laboratorial, constituído de um recipiente retangular de vidro transparente, nas dimensões: comprimento de 15 cm, largura de 11 cm e altura de 16 cm, tendo um par de

eletrodos (ânodo e cátodo), nas dimensões: comprimento de 9 cm, altura de 10 cm e espessura de 0,105 cm, que foram arranjados de forma monopolar em paralelo à distância de 1 centímetro entre eles. Para aplicação da energia elétrica utilizou-se uma fonte chaveada estabilizada (30V 5A 120W) de corrente contínua. Os eletrodos foram em formato retangular e de alumínio e para a sustentação deles na célula eletrolítica foi utilizado um suporte de acrílico de espessura de 0,4 cm. O volume tratado foi de 1,5 litros.

Para o ensaio considerou-se as condições de corrente elétrica á 0,1 A, tempo de duração do tratamento de 15 minutos e a distância entre os eletrodos de 1 cm. Ao final do ensaio foram medidas as variáveis: pH, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, nitrogênio total, fósforo total e o custo do tratamento eletroquímico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 2 pode-se identificar os resultados das análises da amostra bruta e tratada e a porcentagem de remoção de poluentes.

TABELA 2. Resultados das análises da amostra bruta e tratada e a porcentagem de remoção de poluentes.

Análises	Bruta	Tratada	%Remoção
pH	8,0	8,2	-
Condutividade elétrica (mS.cm)	3,3	2,6	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	19,7	13,7	30,5%
Nitrito (mg/L)	17	12	29,4%
Nitrato (mg/L)	6,3	5	20,6%
Fósforo total (mg/L)	1,2	0	100%

Alguns autores observaram que o pH da água residuária a ser tratada no reator de eletrocoagulação é um importante fator operacional que influencia na performance do processo eletroquímico (CRESPILHO e REZENDE, 2004). Na Tabela 2 observamos que após o tratamento eletroquímico o pH aumentou o que pode ser explicado devido às reações de oxi-redução que liberam íons OH^- durante a eletrocoagulação. A condutividade elétrica durante o tratamento eletroquímico é consumida, por isso seu valor é reduzido (Tabela 2). O nitrogênio amoniacal após realizado o tratamento eletroquímico teve porcentagem de remoção de 30,5% (Tabela 2). Os autores Díaz et al. (2011) observaram que utilizando 5A.m^{-2} em aproximadamente 120 min não houve remoção significativa de nitrogênio amoniacal. Em contrapartida, aplicando 50A.m^{-2} por 45 min houve completa remoção do nitrogênio amoniacal. Porém, nessa pesquisa mesmo utilizando-se uma corrente elétrica baixa teve-se remoção significativa. Nas condições operacionais desse estudo os poluentes nitrato e nitrito tiveram porcentagem de remoção de 20,6 e 29,4%, respectivamente (Tabela 2). Silva (2011) logrou em sua pesquisa uma eficiência de remoção de 82,4% para nitrato e 98,06% para nitrito utilizando a corrente elétrica de 2,5 ampère, 200 rpm de agitação, tempo de duração de 35 minutos e condutividade elétrica de $1000\mu\text{S/cm}$. O fósforo teve 100% de remoção (Tabela 2). As remoções dos poluentes nitrogênio e fósforo aconteceram no tratamento eletroquímico, pois as reações que ocorrem durante o processo promovem a precipitação e transformação desses elementos, de maneira que eles podem ser removidos através da retirada do lodo estável formado. O custo operacional encontrado nessa pesquisa foi de R\$0,02/1,5m³. Segundo os autores Daneshvar et al. (2004) ao longo do processo de eletrocoagulação, à medida que se aumenta o valor da densidade de corrente, maior é o desgaste do eletrodo, aumentando por sua vez o consumo de energia e, por conseguinte o custo de tratamento, isso

explica o baixo valor do custo operacional dessa pesquisa, visto que a densidade de corrente e a corrente elétrica aplicada foram baixas.

CONCLUSÕES: Conclui-se o tratamento eletroquímico é uma tecnologia alternativa para a remoção eficiente dos poluentes nitrogênio e fósforo de águas residuárias de aquicultura.

AGRADECIMENTOS: Este trabalho teve o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [processo nº 481361 / 2013-8], da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Fundo de Apoio às Atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão - FAEPEX / PRP / UNICAMP.

REFERÊNCIAS:

CRESPILHO; REZENDE, F.N. **Eletroflotação: Princípios e Aplicações**. Rima, São Carlos, 2004.

DANESHVAR, N.; SORKHABI, H.A.; KASIRI, M.B. Decolorization of dye solution containing Acid Red 14 by electrocoagulation with a comparative investigation of different electrode connections. **Journal of Hazardous Materials**, B112, p.55-62, 2004.

DELAIDE, B., GODDEK, S., GOTT, J., SOYEURT, H., Jijakli, H.M.. Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Sucre*) growth performance in complemented solution encourages the development of decoupled aquaponics. **Water**, [s.I], 2016, 1-11.

DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Águas**. Rio de Janeiro, RJ, Ed. ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 1993, p.443.

SILVA, M. S. G. M. e. **Desenvolvimento de um sistema de recirculação com uso de wetlands construídos para efluentes da piscicultura**. 2012. 129 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.