



COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA ÁGUA RESIDUAL DA AQUICULTURA (ANTES E APÓS CULTIVO COM *ARTHROSPIRA PLATENSIS SP*) E EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE NUTRIENTES

Ana Victória dos Santos Borges¹; Lucas Guimarães Cardoso²; Jessica Hartwig Duarte³; Jorge Alberto Vieira Costa³; Denilson de Jesus Assis³; Janice Izabel Druzian⁵; Fabio Alexandre Chinalia²; Karina Lizzeth Pedraza Galván⁵.

¹ Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador/Bahia; ana.b@outlook.com.br

² Instituto de Ciências da Saúde, Departamento de Biotecnologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador/Bahia.

³ Laboratório de Engenharia Bioquímica, Faculdade de Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

⁴ Escola de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Informação, Universidade de Salvador, Salvador/Bahia.

⁵ Programa de Graduação em Ciência dos Alimentos, Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, Salvador/Bahia.

Resumo: O objetivo foi produzir biomassa da *Arthrospira Platensis* pela reutilização e tratamento de águas residuárias da aquicultura. Os cultivos foram realizadas em fotobiorreatores (1L) com 100% de água residual de aquicultura suplementada com T-25, T-50, T-75. O tratamento com 25% atingiu uma taxa de remoção de 94,01% (Sulfatos), 93,84% (Fosfato), 96,77% (Bromo), 90,00 % (COD) e significativas taxas de remoção de nitrogênio ($\geq 80\%$). Assim, o tratamento com 25% pode representar uma alternativa eficiente, barata e sustentável para o setor de aquicultura, reduzindo os impactos das descargas de efluentes.

Palavras-Chave: cianobactéria, tratamento, água residual.

CHEMICAL COMPOSITION OF AQUACULTURE RESIDUAL WATER (BEFORE AND AFTER CULTIVATION WITH *ARTHROSPIRA PLATENSIS SP*) AND NUTRIENT REMOVAL EFFICIENCY

Abstract: The objective was to produce *Arthrospira Platensis* biomass by reusing and treating aquaculture wastewater. Cultures were performed in photobioreactors (1L) with 100% of residual aquaculture water supplemented with T-25, T-50, T-75. The 25% treatment achieved a removal rate of 94.01% (Sulfates), 93.84% (Phosphate), 96.77% (Bromine), 90.00% (COD) and significant nitrogen removal rates ($\geq 80\%$). Thus, treatment with 25% may represent an efficient, cheap and sustainable alternative for the aquaculture sector, reducing the impacts of effluent discharges.

Keywords: cyanobacterium, treatment, wastewater.



1. INTRODUÇÃO

A aquicultura intensiva utiliza grandes quantidades de água doce limpa e gera fluxos de águas residuais ricos em nutrientes que podem causar a eutrofização das águas costeiras e impactar negativamente as comunidades biológicas a jusante. A produção de 10,7 kg por ciclo de cultivo de tilápia (1 ciclo), por exemplo, resulta em uma água residual contendo alto conteúdo de Nitrogênio ($96 \text{ kg N ciclo}^{-1}$) e pode liberar 10,7 kg de NH_4^{4+} no ambiente [2]. A quantidade de fósforo usado no processo de produção de 1 kg de tilápia é suficiente para fertilizar $1,78 \text{ m}^2$ de solo agrícola. O volume de água também é significativo, cerca de $50 \text{ m}^3/\text{kg}$ de peixe. [1-4]

O cultivo de cianobactéria é frequentemente sugerido como a melhor abordagem custo-efetiva a ser aplicada em tratamento de água residual da agricultura. O cultivo de microalgas é um processo que pode alcançar mais de 90% de remoção de nutrientes inorgânicos com a vantagem de produzir biomassa com baixo custo e alto valor agregado. [5-7]

Neste contexto, esta pesquisa visa aliar a efeito de remediação realizado pela cianobactéria *Arthrospira Platensis* na água residual da aquicultura, determinando quais parâmetros a mesma apresentou melhor desempenho de remoção de nutrientes.

2. METODOLOGIA

2.1 Água Residual da Aquicultura, Estirpe de Algas e Meio de Cultura

O efluente aquícola foi gentilmente cedido pela Bahia Pesca S/A, localizada na Fazenda Joanes II, em Camaçari - Bahia (Nordeste do Brasil, $12^\circ 41' 51'' \text{S}$ e longitude $38^\circ 19' 27'' \text{W}$). A cepa de *Arthrospira Platensis sp* foi isolada da Lagoa Mangueira, no sul do Brasil (latitude $32^\circ 32' 05'' \text{S}$ e longitude $33^\circ 31' 57'' \text{W}$) e mantida em meio de Zarrouk [7]. As cianobactérias *Arthrospira Platensis sp* foi obtida da Coleção de Cultura do Laboratório de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

2.2 Preparação do Inoculo e Fluxograma Experimental

A água residual do cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) foi primeiramente suplementada com diferentes porcentagens do meio sintético de Zarrouk (ZM) NaHCO_3 16,8 g/L; NaNO_3 2,5 g/L; NaCl 1,0 g/L; K_2HPO_4 0,5 g/L; K_2SO_4 1,0 g/L; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,2 g/L; CaCl_2 0,031 g/L; Na_2EDTA 0,08 g/L; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,01 g/L [7]. Devido ao seu reconhecido equilíbrio nutricional, este meio é o comumente utilizado para o cultivo da *Arthrospira Platensis sp*. O experimento foi realizado em duplicata onde 25% dos constituintes do Zarrouk foram adicionados a 800 ml de água residual



da aquicultura (T-25). Após a suplementação, o tratamento foi inoculado com *Arthrospira Platensis* sp (no fim da fase exponencial).

2.3 Desenho Experimental

A biomassa da *Arthrospira Platensis* sp foi obtida a partir de um tanque de pista (210 L) em cultura contínua (1,0 biomassa g/L) mantido com o meio Zarrouk. Os diferentes ensaios foram preparados em *Erlenmeyer* com volume de trabalho de 1 L. A água residual de aquicultura foi autoclavada e 800 ml inoculada com a *Arthrospira Platensis* sp em concentração de 0,3 g/L de biomassa viva, através da centrifugação do inoculo mantido nos tanques de pista. Os experimentos seguiram a metodologia proposta por Kuo et al. (2015) e Daneshvar et al. (2018) [8,9]

O tratamento T-25 foi realizado em fotobiorreatores de 1L (água de aquicultura/inóculo) e controle ao meio sintético Zarrouk. O cultivo foi realizado durante 7 dias a 30°C com fotoperíodo de 12 horas claro/escuro. O ar, filtrado com lã de vidro, foi fornecido a todas as culturas e lâmpadas tubulares fluorescentes com uma intensidade de luz de $41,6 \mu\text{mol}_{\text{photons}} \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ foram usadas como fonte de energia.

2.4 Composição Química da Água Residual da Aquicultura: Antes e Após Cultivo Com *Arthrospira Platensis* e Eficiência de Remoção de Nutrientes

Para a caracterização química da água antes e após o cultivo, após a separação da biomassa por centrifugação, o sobrenadante foi congelado (-22 °C) para realização das seguintes análises: Ferro (Fe); Magnésio (Mg); Sódio (Na); Chumbo (Pb); Cádmio (Cd); Níquel (Ni); Cobre (Cu); Zinco (Zn) e Manganês (Mn) - (SM-3120 B); Salinidade, Condutividade, Alcalinidade Total e Dureza Total - (SM2340 A/B/C); Sólidos Totais Dissolvidos por (SM2540 A/B), utilizando o Método Padrão para o Exame de Água e Efluentes. [10]

Os íons foram quantificados por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (Agilent 720/725 ICP-OES) com câmara de nebulização: Ciclônica (Single Pass); Nebulizador: SeaSpray; Potência de radiofrequência 1.10 kW; Vazão do gás do plasma 15 Lmin^{-1} ; Vazão do gás auxiliar $1,5 \text{ Lmin}^{-1}$; Vazão do gás de nebulização $0,75 \text{ Lmin}^{-1}$. Foram determinados os ânions Sulfatos, Fosfato, Bromo, Nitrogênio Nitrato, Nitrogênio Nitrito, Fluoreto e Cloretos, e os cátions Sódio (Na), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) segundo método proposto por Soares et al. (2015). A análise foi realizada apenas no cultivo realizado no reator tipo raceway (5L).

Para o cálculo da eficiência de remoção de nutrientes, foi utilizado apenas os componentes que sofreram redução após o período de cultivo. Seguindo a Equação1 proposta por Ramsundar et al. (2017) [11]



$$\text{Percentagem de remoção(\%)} = \frac{(\text{Concentração inicial} - \text{Concentração final})}{\text{Concentração inicial}} * 100 \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização química mostrou que a água residual de aquicultura utilizada não possui concentrações detectáveis de chumbo, cádmio, níquel e cobre pelo método empregado na análise (Tabela 1). A caracterização demonstrou ainda que altos níveis de metais pesados podem inibir fortemente a fotossíntese e outras vias metabólicas, levando a mudanças no tamanho e forma das células. [12] O acúmulo de metais pesados pode estar relacionado a corpos de polifosfato ou complexado com fitoquelatina, como observado em outras cianobactérias [16], o que pode explicar os valores relacionados à eficiência de remoção de 96,77% do Bromo (Br). Produtos à base de Br podem ser usados no tratamento de problemas de saúde, como naproxeno, anti-histamínicos, anticâncer, anti-Alzheimer, anti-sépticos, narcóticos.[13,14]

As águas residuais apresentaram níveis significativos de nitratos em vez de amônio. Isto indica altos níveis de oxigenação da água durante o processo de aquicultura. O tratamento T-25 mostrou significativas taxas de remoção de nitrogênio, fósforo e enxofre ($\geq 80\%$). As taxas de remoção de nutrientes de algas em águas residuais são frequentemente superiores a 90%. [15] As microalgas são microrganismos conhecidos pela remoção de formas inorgânicas nitrogenadas (NO^{-2} , NO^{-3} e NH^{+4}) e orgânicas (Ureia, $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) das águas residuais. As microalgas utilizam NO^{-3} após a sua redução para NO^{-2} e depois para NH^{+4} pelas enzimas nitrato e nitrito redutase [7]. Isso explica as altas taxas de remoção de Nitrato (72,11%) e Nitrito (79,28%). Malibari et al. (2018) encontraram um valor de nitrito de 28,7 mg/L na água residual do cultivo de camarão resultante da decomposição de rações residuais ou excreções de camarões. [16]

Tabela 1. Composição química e eficiência de remoção de nutrientes do tratamento T-25 (100% água residual aquícola suplementada com 25% de Zarrouk) antes e após o cultivo com *Arthrospira Platensis*

Nº	Componente	T-25 (mg/L)	Após cultivo (mg/L)	Eficiência de remoção (%)
1	Chumbo (Pb)	< 0,03	< 0,03	-
2	Cádmio (Cd)	< 0,02	< 0,02	-
3	Níquel (Ni)	< 0,01	< 0,01	-
4	Cobre (Cu)	< 0,25	< 0,25	-
5	Manganês (Mn)	< 0,01	< 0,01	-
6	Zinco (Zn)	< 0,01	< 0,01	-
7	Fluoreto	< 0,25	< 0,25	-
8	Nitrogênio Nitrato (NO^{-3})	$18,65 \pm 0,01^a$	$5,20 \pm 0,01^b$	72,11



9	Nitrogênio Nitrito (NO ⁻²)	10,33 ± 0,05 ^a	2,14 ± 0,03 ^b	79,28
10	DQO	300 ± 0,03 ^a	30 ± 0,12 ^a	90,00
11	Sulfatos	27,54 ± 0,01 ^b	1,65 ± 0,04 ^a	94,00
12	Fosfato	11,37 ± 0,02 ^b	0,70 ± 0,02 ^a	93,84
13	Bromo (Br)	0,31 ± 0,01 ^b	< 0,01 ^a	96,77
14	Amônia	< 0,25	< 0,25	-
15	Sólidos totais dissolvidos	0,11 ± 0,01 ^b	0,03 ± 0,06 ^a	72,72

As águas residuais da aquicultura contêm quantidades significativas de produtos orgânicos. A demanda química de oxigênio (DQO) média para esse tipo de efluente é de cerca de 300 mgL⁻¹. A DQO é frequentemente resultante de uma mistura de proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%) e lipídios (8 a 12%) nas águas residuais da aquicultura [17]. A Tabela 2 mostra que a remoção de DQO do tratamento T-25 estava acima de 90%. Assim, a cinética de crescimento e aeração média da *Arthrospira Platensis* sp durante o cultivo criaram um ambiente favorável para a biodegradação de compostos orgânicos. Há alguns relatos de que *Arthrospira Platensis* sp também pode crescer mixotroficamente [17]. Este tipo de crescimento de algas é frequentemente sustentado por pequenos compostos orgânicos, como glicose, acetato ou glicerol. Estes são compostos que podem potencialmente aparecer durante a biodegradação de compostos orgânicos de águas residuais de aquicultura. No entanto, este não foi o objeto de estudo desta pesquisa.

Desta forma, a produção de biomassa da cianobactéria a partir de águas residuais da aquicultura é uma solução possível para a necessidade urgente de um alimento vivo na aquicultura. Além disso, a bioprospecção de microalgas capazes de crescer em águas residuais de aquicultura modificadas pode abrir caminho para a comercialização no próprio setor da aquicultura e diminuir a liberação de efluentes, uma vez que a aquicultura intensiva para produzir 1000 kg de peixe, utiliza cerca de 8,4 m³t⁻¹ de água limpa [3].

Alva et al. (2018) avaliaram o crescimento de *Dunaliella* sp., *Nannochloropsis* sp. e *Tetraselmis* sp. em água residual da maricultura as três espécies de microalgas foram capazes de remover > 90% de nitrogênio e ortofosfatos e 80% de carbono. Para *Spirulina platensis*, Markou et al. (2012) relataram remoção de 73% da DQO inicial, enquanto P e NO⁻³ foram totalmente removidos das águas residuais da fábrica de azeite. Também foram estudados água residual da criação aves como parte do meio de cultivo para o cultivo de *S. platensis* e *C. vulgaris* apresentando > 99% de remoção do PO⁻⁴. [18-20]

4. CONCLUSÃO

Os melhores resultados foram obtidos usando 25% dos ingredientes gerais descritos no meio sintético Zarrouk. Em tal tratamento, foram observados elevados índices de eficiência de remoção de nutrientes. Assim, a *Arthrospira platensis* sp.



cultivada em água residual do cultivo de *Oreochromis niloticus* suplementado com 25% de Zarrouk, pode representar uma alternativa sustentável para melhorar as condições ambientais da prática aquícola, reduzindo os impactos das descargas de águas residuais.

Agradecimentos

Todos os autores agradecem o apoio da FAPESB - Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia no projeto CNPQ (400710 / 2014-5), MCTIC (Ministério da Ciência e Tecnologia da Informação e Comunicação) - Brasil e Bahia Pesca.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ Wuang, S. C. Khin, M. C. Chua, P. Q. D. Luo, Y. D. (2016). Use of *Spirulina* biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. *Algal Res*, 15, 59–64.
- ² Ferreira, J. G. L. Falconer, J. Kittiwonich, L. Ross, C. Saurel, K. Wellman, C. B. Z. P. Suvanacha. (2015). Analysis of production and environmental effects of Nile tilapia and white shrimp culture in Thailand. *Aquac. Res* 447, 23–36.
- ³ Samuel-Fitwi, B. Sven Wuertz, J. P. Schroeder, C. S. (2012). Sustainability assessment tools to support aquaculture development. *Aquac. Res*. 32, 183-192.
- ⁴ Martins, A. P. Zambotti-Villela, L. Yokoya, N. S. Colepicol, P. (2018). Biotechnological potential of benthic marine algae collected along the Brazilian coast. *Algal Res*, 33, 316–327.
- ⁵ Huang, Y. Chen, Y. Xie, J. L. Huacai, W.C. (2016). Bio-oil production from hydrothermal liquefaction of high-protein high-ash microalgae including wild *Cyanobacteria* sp. and cultivated *Bacillariophyta* sp. *Fuel*, 183, 9-19.
- ⁶ Kuo, C. Chen, T. Lin, T. Kao, C. Lai, J. Chang, J. Lin, C. (2015). Cultivation of *Chlorella* sp., GD using piggery wastewater for biomass and lipid production. *Bioresour. Technol*, 194, 326–333.
- ⁷ Salama, E. Byong-Hun, J. B. Chang, W. S. Lee, S. Roh, H. Yang, I. (2017). Interactive effect of indole-3-acetic acid and diethyl aminoethyl hexanoate on the growth and fatty acid content of some microalgae for biodiesel production. *J. Clean. Prod*, 168, 1017–1024.
- ⁷ Costa, J.A.V. Colla, L.M. Duarte Filho, P. Kabke, K. Weber, A. (2004). Modelling of *Spirulina platensis* growth in fresh water using response surface methodology. *World J Ind Microbiol Biotechnol* , 18, 603-607.
- ⁸ Kuo, C. Chen, T. Lin, T. Kao, C. Lai, J. Chang, J. Lin, C. (2015). Cultivation of *Chlorella* sp., GD using piggery wastewater for biomass and lipid production. *Bioresour. Technol*, 194, 326–333.



- ⁹ Daneshvar, E. Antikainen, L. Koutrac, E. Kornarosc, M. Bhatnagara, A. (2018). Investigation on the feasibility of *Chlorella vulgaris* cultivation in a mixture of pulp and aquaculture effluents: Treatment of wastewater and lipid extraction. *Bioresour. Technol*, 255, 104–110.
- ¹⁰ American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Washington: APHA, 2005.
- ¹¹ Ramsundar, P. Abhishek G, Singh P. Pillay, K. Bux, F. (2017). Evaluation of waste activated sludge as a potential nutrient source for cultivation of *Chlorella sorokiniana*. *Algal Res*, 28, 108–117.
- ¹² Muñoz, R. Guieysse, B. (2006). Algal–bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review. *Water Res*, 40, 2799 – 2815.
- ¹³ Jiang, Y. Zhu, Z. Hu, A. Lei, J. (2016). Wang Towards elucidation of the toxic mechanism of copper on the model green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Ecot*, 25, 1417–1425.
- ¹⁴ Cruz, J.C.S. Iorio, M. Monciardini, P. Simone, M. Brunati, C. Gaspari, E. Maffioli S.I. Wellington, E. Sosio, M. Donadio. S. (2015). Microalgae for phosphorus removal and biomass production: a six species screen for dual-purpose organisms. *J N Prod*, 78, 2642–2647.
- ¹⁵ Guo, Z. Liu, Y. Guo, H. Yan, S. Mu, J. (2013). Microalgae cultivation using an aquaculture wastewater as growth medium for biomass and biofuel production. *Int. J. Environ. Sci*, 25, 85–88.
- ¹⁶ Malibari, R. Sayegh, F. Elazzazy, A.M. Baeshen, M.N. Dourou, M. Aggelis, G. (2018). Reuse of shrimp farm wastewater as growth medium for marine microalgae isolated from Red Sea e Jeddah. *J. Clean. Prod*, 198, 160–169.
- ¹⁷ Luo, Y. Le-Clech, P. Henderson, R. K. (2017). Simultaneous microalgae cultivation and wastewater treatment in submerged membrane photobioreactors: A review. *Algal Res*, 24, 425–437
- ¹⁸ Alva, M. S. Pabella, V.M.L. Ledesm, M. T. O. Gómez, M. J. C. (2018). Carbon, nitrogen, and phosphorus removal, and lipid production by three saline microalgae grown in synthetic wastewater irradiated with different photon fluxes. *Algal Res*, 34, 97–103.
- ¹⁹ Markou, G. Chatzipavlidis, I. Georgakakis, D. (2012). Cultivation of *Arthrospira* (*Spirulina platensis*) in olive-oil mill wastewater treated with sodium hypochlorite. *Bioresour. Technol*, 112, 234–241.
- ²⁰ Ji, Y. Hu, W. Li, X. Ma, G. Song, M. Pei, H. (2014). Mixotrophic growth and biochemical analysis of *Chlorella vulgaris* cultivated with diluted monosodium glutamate wastewater. *Bioresour. Technol*, 152, 471–476.