

TRATAMENTO DE ÁGUA PRODUZIDA DE PETRÓLEO A PARTIR DE MICROALGAS: UMA ABORDAGEM DA BIOECONOMIA CIRCULAR

Milena Bastos de Santana ¹

Magda Iasmine Guimarães Reis dos Santos ²

Inara Faria Duarte ³

Katerine Botero Ñañez ⁴

Ícaro Thiago Andrade Moreira ⁵

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da quantidade de resíduos descartados diariamente e visando um melhor aproveitamento dos recursos naturais, surge o conceito de economia circular, no qual a visão cíclica da matéria sobrepõe o paradigma da produção linear, havendo, assim, reaproveitamento e reciclagem dos produtos. Além disso, o conceito de bioeconomia tem ganhado destaque por tratar-se de uma metodologia de produção baseada em processos biológicos, sendo mais sustentável e benéfica em relação à economia baseada em recursos finitos. Sendo assim, a bioeconomia circular propõe-se a produzir bens a partir de biomassa e a utilização dos mesmos de uma forma circular, a fim de manter o equilíbrio ecológico. Nesta revisão será abordado o uso de microalgas para biorremediação de água produzida de petróleo na perspectiva da bioeconomia circular (NAGARAJAN, 2020).

A água produzida é uma água oriunda da indústria de óleo e gás composta por uma mistura de água injetada nos poços de perfuração, água de formação, hidrocarbonetos e produtos químicos de tratamento. Estima-se que são gerados cerca de 250 milhões de barris

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Bahia - UFBA, milenabs.eq@gmail.com;

² Graduanda do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Bahia - UFBA, magdaiasmine@gmail.com;

³ Graduanda do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal da Bahia - UFBA, inara.duarte15@gmail.com;

⁴ Mestranda da Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e meio ambiente - UFBA, katerine.botero@ufba.br

⁵ Professor Adjunto, Depto. Eng. Ambiental da Universidade Federal da Bahia - UFBA, icarotam@ufba.br

desse efluente por dia, dos quais mais de 40% são introduzidos no meio ambiente, representando uma ameaça ambiental devido aos contaminantes presentes (IGUNNU, 2014). Portanto, é de extrema importância e interesse econômico e social que sejam aplicados processos de tratamento antes do descarte, reduzindo seu impacto ambiental e possibilitando o reaproveitamento para outros fins que não necessitem de alto grau de tratamento.

Em sua composição, a água produzida possui concentrações de nitrogênio e carbono orgânico dissolvidos, fósforo, metais pesados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's), que podem contaminar significativamente os corpos d'água receptores e trazer consequências a longo prazo para o meio ambiente (IGUNU, 2014; AL-GHOUTI, 2019). No entanto, apesar de alguns desses compostos serem tóxicos e inibirem o crescimento de microalgas, ele contém nutrientes, como carbono, nitrogênio e fósforo, que são importantes para o cultivo de biomassa. Sendo assim, a água produzida pode servir como meio de cultivo para microalgas e, além do tratamento desta, prover insumos para produção de biomassa, que pode ser transformada em produtos de alto valor (DAS, 2019).

Este resumo consiste numa revisão de literatura que tem como objetivo a discussão sobre conceitos da bioeconomia circular no contexto da fitorremediação de água produzida. Portanto, será abordado um modelo de cultivo dessas microalgas utilizando nutrientes dos efluentes da indústria petrolífera, e a aplicação da biomassa gerada para produção de bioprodutos de valor agregado.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em uma revisão bibliográfica sobre o tema. Para isso, foram realizadas pesquisas nas bases de dados do *Science Direct* e *Scholar Google* com os seguintes termos: “*microalgae*”, “*circular bioeconomy*”, “*circular economy*”, “*produced water*”, “*photobioreactor*”. Foram considerados artigos e teses e excluídos os estudos que não estavam relacionados com o tema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Microalgas e tratamento de água produzida

Microalgas são organismos fotossintetizantes, ou seja, utilizam luz como forma de energia para produção de biomassa e liberam O₂. No entanto, na ausência de luz, algumas microalgas são capazes de crescer de maneira heterotrófica, onde o consumo de carbono advém da matéria orgânica presente no meio, podendo aumentar a produtividade de biomassa (LIANG, 2009; FERNÁNDEZ, 2020). Ademais, as microalgas possuem uma grande diversidade filogenética e fisiológica, permitindo que diferentes espécies cresçam em diferentes condições de cultivo, incluindo as extremas, como um meio com alta salinidade.

Considerando que a água produzida possui componentes como nitrogênio, fósforo e carbono, que são essenciais para o crescimento de microalgas, essa pode ser utilizada como meio de cultivo dos organismos fotossintetizantes, apesar da alta salinidade e nível de toxicidade. Este subproduto da indústria petrolífera é gerado em quantidades cada vez mais significativas com o aumento da demanda por produção de óleo e gás, fazendo-se necessário um tratamento adequado. Atualmente, existem muitos métodos diferentes para isso, podendo ser físico, químico, ou biológico, os quais, no entanto, aumentam o custo geral da produção de petróleo. Sendo assim, o uso de microalgas pode ser uma solução mais sustentável a partir da biorremediação, e também economicamente viável, tendo em vista a utilização de poluentes como fonte de nutrientes para produção de biomassa, e, conseqüentemente, aplicação para geração de bioprodutos (HAKIM, 2016).

2. Aplicações da biomassa de microalgas

Devido ao crescimento da população e conseqüente necessidade de maiores quantidades de produtos, é essencial a busca por novas matérias primas. Associado a isso e às preocupações ambientais relacionadas às indústrias atuais, as pesquisas por biotecnologias têm ganhado maior destaque. Nesse aspecto, as microalgas têm um grande potencial para atender a essas demandas, além de não prejudicarem o meio ambiente. Algumas de suas principais vantagens são o alto rendimento, se comparada às plantas terrestres, a não necessidade de terras aráveis para o seu cultivo, e também a biofixação do carbono, reduzindo assim a emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera (BAHADAR, 2013).

A grande diversidade filogenética e fisiológica das microalgas contribui para que estas sejam utilizadas para geração de uma vasta gama de bioprodutos valiosos, podendo ser aplicada em indústrias alimentícias, de cosméticos, fertilizantes, tratamento de efluentes e de biocombustíveis (FERNÁNDEZ, 2020). Isso porque as microalgas apresentam altos teores de proteínas, carboidratos, lipídios e pigmentos (FABRIS, 2020), os quais são a base de muitos

produtos existentes no mercado, porém advém muitas vezes de matéria-prima não sustentável. Alguns dos principais estudos para aplicação de biomassa de microalgas está na produção de bioenergia e também de biopolímeros, tendo em vista a necessidade de uma outra alternativa em relação aos advindos de fontes de combustíveis fósseis (FERNÁNDEZ, 2020).

2.1. Bioenergia

As células de microalgas contêm grande quantidade de precursores de biocombustíveis, como amido e grânulos lipídicos. Diante disto, a biomassa produzida pelas microalgas durante o processo biorremediativo da água produzida tem potencial para a geração de bioenergia, incluindo a produção de combustíveis renováveis líquidos, como o biodiesel, e gasosos, como o biometano e biohidrogênio, que são considerados possíveis substitutos dos combustíveis fósseis (não renováveis), que emitem gases de efeito estufa e contribuem para o aquecimento global (BHUSHAN, 2020).

As biomoléculas da biomassa de microalgas (lipídios, proteínas e carboidratos), bem como a célula inteira, podem ser processadas em biocombustível usando tecnologias estabelecidas. A composição bioquímica é considerada um fator decisivo para a produção específica do biocombustível. Por exemplo, algas ricas em lipídios servem como matéria-prima potencial para a produção de biodiesel. Da mesma forma, a biomassa de algas rica em carboidratos é utilizada principalmente para a produção de álcool fermentativo. A composição da biomassa de algas pode ser alterada e aprimorada por meio de várias intervenções tecnológicas, como melhoria da cepa baseada em engenharia genética e fabricação de fotobiorreatores para modular as condições de crescimento da cepa selecionada (BHUSHAN, 2020).

2.2. Biopolímeros

A biomassa microalgal também é capaz de produzir biopolímeros, considerados potenciais substitutos dos plásticos de origem petroquímica, que permanecem no ambiente por muitos anos e são recalcitrantes à degradação microbiana. Dessa forma, os biopolímeros se tornam uma resposta sustentável frente ao impacto ambiental negativo proporcionado pelos plásticos petroquímicos, visto que a sua degradação se dá de forma rápida e pela ação de microrganismos, como as bactérias.

Como exemplo da aplicação da biomassa na produção de biopolímeros, temos os polihidroxicanoatos (PHAs). Suas aplicações encontram-se difundidas em vários campos, como na indústria de alimentos, agricultura, produtos farmacêuticos, e remédios. Os polihidroxicanoatos também servem como matéria-prima para a produção de produtos químicos puros na indústria de tintas (COSTA, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a crescente demanda por combustíveis fósseis, ocorre também um aumento na quantidade de água produzida em decorrência das explorações dos campos petrolíferos. Entretanto, do aspecto da bioeconomia circular baseada em microalgas, a utilização desse efluente é importante como fonte de insumos para geração de biomassa, tendo em vista a redução de desperdício e consumo de água, nutrientes e energia. Essa produção em conjunto é favorável tanto economicamente, quanto ecologicamente, uma vez que as microalgas possuem boa eficiência para biorremediação e geração de biomassa, e com isso, há um aumento do custo-benefício de ambos os processos. Portanto, mais estudos precisam ser feitos para elucidar a viabilidade econômica dos diversos bioprodutos de microalgas, como alternativa sustentável dos produtos já existentes no mercado, e possibilitar o êxito dessa bioeconomia circular.

Palavras-chave: Bioeconomia circular, água produzida, microalgas, ficorremediação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à ANP, ao PRH-36, à FINEP e à CAPES, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AL-GHOUTI, Mohammad A. et al. Produced water characteristics, treatment and reuse: A review. *Journal of Water Process Engineering*, v. 28, p. 222-239, 2019.

BAHADAR, Ali; KHAN, M. Bilal. Progress in energy from microalgae: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 27, p. 128-148, 2013.

BHUSHAN, Shashi et al. Current trends and prospects in microalgae-based bioenergy

production. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, p. 104025, 2020.

COSTA, Samantha Serra et al. Influence of nitrogen on growth, biomass composition, production, and properties of polyhydroxyalkanoates (PHAs) by microalgae. *International journal of biological macromolecules*, v. 116, p. 552-562, 2018.

DAS, Probir et al. Microalgal bioremediation of petroleum-derived low salinity and low pH produced water. *Journal of Applied Phycology*, v. 31, n. 1, p. 435-444, 2019.

FABRIS, Michele et al. Emerging technologies in algal biotechnology: toward the establishment of a sustainable, algae-based bioeconomy. *Frontiers in plant science*, v. 11, 2020.

FERNÁNDEZ, F. Gabriel Acién et al. The role of microalgae in the bioeconomy. *New Biotechnology*, v. 61, p. 99-107, 2021.

HAKIM, Mohammed A. Abdul et al. Potential application of microalgae in produced water treatment. *Desalination and Water Treatment*, v. 135, p. 47-58, 2018.

IGUNNU, E.; CHEN, G. Produced Water Treatment Technologies. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Vol. 9, Issue 3, p. 157–177, 2014.

LIANG, Y.; SARKANY, N.; CUI, Y. Biomass and lipid productivities of *Chlorella vulgaris* under autotrophic, heterotrophic and mixotrophic growth conditions. *Biotechnology letters*, v. 31, n. 7, p. 1043-1049, 2009.

NAGARAJAN, Dillirani et al. Resource recovery from wastewaters using microalgae-based approaches: a circular bioeconomy perspective. *Bioresource technology*, v. 302, p. 122817, 2020.