

Uso de Microalgas no Setor Agrícola e Agroindustrial

Use of Micro Algae in the Agricultural and Agroindustrial Sector

Susana Maria Santos^a; Camila Ferreira Miyashiro^a; Erich dos Reis Duarte^a; Fernando Zawadzki (*in memoriam*)^b; Cristiano Reschke Lajús^c; Edson Bertolini^d; Denise Renata Pedrinho^e; Rosemary Matias^f; Aline Vanessa Sauer^g

^aUnopar. PR, Brasil.

^bUniversidade Estadual de Maringá. PR, Brasil.

^cUniversidade Comunitária da Região de Chapecó. SC, Brasil

^dUniversidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, Brasil.

^eUniversidade Anhanguera Uniderp, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronegócio Sustentável. MS, Brasil.

^fUniversidade Anhanguera Uniderp, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. MS, Brasil.

^gUniversidade Estadual Norte do Paraná. PR, Brasil

*E-mail: dpedrinho13@gmail.com

Resumo

O setor agrícola e agroindustrial surge como impulsionadores da economia do Brasil e de muitos países em desenvolvimento. Porém suas atividades causam preocupações acerca dos impactos ambientais que têm gerado ao ambiente. Dessa forma, várias pesquisas surgem em busca de alternativas para diminuir os efeitos adversos. As microalgas têm sido utilizadas para minimizar o impacto ambiental causado por algumas atividades do setor agroindustrial, em função de seus vários fatores benéficos. Podem ser aplicadas em diversas vertentes do ramo agrícola e tecnológico. No entanto, apesar dos atributos serem favoráveis ao solo, plantas e ambiente, ainda não é amplamente difundido em território brasileiro. O objetivo do trabalho foi discorrer sobre os benefícios das microalgas em várias atribuições do setor agrícola e agroindustrial. A metodologia utilizada neste trabalho foi a revisão bibliográfica. Foram abordados aspectos sobre os efeitos das microalgas como biofertilizantes na agricultura, o uso na limpeza de efluentes oriundos na suinocultura, como fonte de cultivo em vinhaça e, por fim, os impactos socioeconômicos e ambientais na produção de biocombustíveis. Concluiu-se que a utilização desse micro-organismo nos setores agrícola e agroindustrial é promissor. Seu principal papel se desempenha na busca pela atenuação dos impactos ambientais para agricultura e pecuária, além de auxiliar na redução de custos com produção de biocombustíveis, já que as microalgas não interferem negativamente na produção dos produtos agrícolas e energéticos.

Palavras-chave: Biofertilizantes. Efluentes da Suinocultura. Biocombustíveis. Impacto Ambiental.

Abstract

The agricultural and agro-industrial sectors are the economy driving forces in Brazil and in many developing countries, but their activities cause concerns about the environmental impacts it has generated on the environment, so several studies have emerged in search of alternatives to decrease these adverse effects. Microalgae have been used to minimize the environmental impact caused by some activities in the agro-industrial sector due to its many beneficial factors and can be applied in different aspects of the agricultural and technological fields. However, although the attributes are favorable to the soil, plants and the environment, it is still not widespread in Brazilian territory. The objective of this study was to discuss the benefits of microalgae in various attributions of the agricultural and agro-industrial sector. The methodology used in this work was the literature review. It addressed their effects as biofertilizers in agriculture, their use in cleaning effluents from pig farming and as a source of cultivation in vinasse, and finally, the socioeconomic and environmental impacts on the biofuels production. It is concluded that the use of this microorganism in the agricultural and agro-industrial sectors is promising, with its main performance being the search for the environmental impacts mitigation for agriculture and livestock, as well as helping to reduce costs with the biofuels production, since microalgae do not interfere negatively in the production of agricultural and energy products.

Keywords: Biofertilizers. Swine Effluents. Biofuels. Environmental Impact.

1 Introdução

Nos últimos anos, o setor agrícola tem sido o grande diferencial e impulsionador social e econômico no mundo. No entanto, com o seu grande crescimento surgiram preocupações acerca dos impactos que alguns métodos de produção têm gerado no ambiente (DELABARY, 2012).

Na busca por alternativas que minimizem esses efeitos, as microalgas se tornam uma aliada sustentável importante, com ampla aplicabilidade no setor agrícola e agroindustrial (MEZZOMO *et al.*, 2010). As microalgas são organismos

com inúmeras variedades de espécies, cuja alta concentração de vitaminas, de óleos essenciais, macro e micronutrientes, as tornam atrativas em pesquisas, principalmente, com cunho sustentável. Esses organismos possuem diversas atribuições e efeitos positivos, na qual variam de acordo com sua área de aplicação (MORAIS; COSTA, 2008). Assim se torna necessário compreender a eficácia das microalgas no meio rural, para difundir sua importância e expandir o interesse do mercado brasileiro.

De acordo com Costa e Morais (2011), entre as áreas

mais importantes se pode destacar o uso de microalgas como biofertilizantes, na limpeza de efluentes atrelados ao cultivo com resíduos agrícolas e na produção de bioenergia. Desse modo, as microalgas e seus processos em diversos setores como agricultura, pecuária e biotecnologia, podem ser uma alternativa de sucesso e devem ser mais difundidas no território nacional, levando em consideração os efeitos positivos que essas possuem (BRASIL; GARCIA, 2016).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi compreender os benefícios das microalgas e suas atribuições no setor agrônomo, além de compreender os métodos e benefícios da biomassa de microalgas para biofertilizantes na agricultura, elucidar sua importância para limpeza de efluentes da suinocultura e cultivo com vinhaça, além de destacar os impactos socioeconômicos e ambientais no uso de microalgas para biocombustíveis.

2 Desenvolvimento

2.1 Metodologia

Este estudo consiste em uma revisão bibliográfica. Fundamentou-se em busca realizada por meio de artigos científicos, trabalhos acadêmicos, revistas e livros, impressos e/ou publicados via internet nas bases de dados eletrônicas: Pubmed, Scielo e Google Acadêmico, em um período de publicação de 25 anos. Os termos utilizados como palavras-chave foram: microalgas, vinhaça, efluentes, suinocultura, biofertilizantes, aplicações das microalgas, biocombustíveis, biorremediação, cultivo de microalgas.

2.2 Uso da biomassa de microalgas para biofertilizantes na agricultura

As microalgas são classificadas como seres microscópicos e unicelulares presentes em diversos ambientes (aquáticos/úmido) (PEREZ-GARCIA *et al.*, 2011). As microalgas empregadas na agricultura, além de atuarem como biofertilizantes, também agem como condicionadoras do solo auxiliando no controle da erosão. Esses micro-organismos auxiliam na estabilidade de agregados do solo, permitem melhor infiltração de água, aeração e formação de raízes (AWALE *et al.*, 2017).

A produção da biomassa de microalgas como matéria-prima para os biofertilizantes se tornou destaque nos estudos, principalmente, com os gêneros *Chlorella* sp. e *Actodesmus dimorphus* (LOMBARDI; LIMA, 2015; MAHANTY, 2017).

A *Chlorella* sp. é uma microalga verde, amplamente usada em pesquisas em função de seu alto teor de lipídeos. Suas espécies variam de acordo com a finalidade de uso, a *Chlorella vulgaris*, por exemplo, destaca-se principalmente pela grande produção de biomassa, na limpeza de efluentes oriundos da agricultura, pecuária e indústria, e o foco em questão, para produção de biofertilizantes (ZANATA, 2020).

De acordo com Ozdemir e Oztekin (2016), nos trabalhos em que a espécie *Chlorella vulgaris* foi usada

como biofertilizante, essa melhorou em 186% a qualidade de hortaliças folhosas, como a alface, em fatores como crescimento e pigmentos clorofiléticos da planta. Quando utilizada em cultivos protegidos, melhora o rendimento, a qualidade de frutos, pesos totais e acidez titulável.

A *Chlorella sarakiniana* aplicada em trigo aumenta a porcentagem de germinação, o enraizamento, e o peso das plantas (DUBEY; DUBEY, 2010). Não muito diferente, a *Chlorella fusca* tem se mostrado eficiente como biofertilizante em plantações de cebolinha chinesa e espinafre, aumentando a espessura das folhas e o conteúdo mineral, com expressivas melhoras no rendimento e diminuição da severidade de doenças fúngicas, como o mofo cinzento (*Botrytis* sp.) (KIM *et al.*, 2018).

Algumas espécies de *Chlorella* sp. auxiliaram no controle de infecções das plantas. Seus compostos, além de agirem como fertilizantes não poluentes, limitam o desenvolvimento de bactérias como a *Staphylococcus aureus* e a *Pseudomonas aeruginosa*. Isso ocorre em função da biomassa utilizada nos biofertilizantes possuírem atividades antimicrobianas e induzirem a produção de fitoalexinas nas plantas, assim atuam no controle de patógenos de culturas como trigo e tomate (BELTRAME; PACHOLATTI, 2011), na redução do vírus do mosaico do tabaco (TMV) e em extratos de micorriza em espécies frutíferas como mamão e maracujá (GRZZESKI; ROMANOWSKA, 2015).

Gonzales-Garcia e Sommerfeld (2015) enfatizam que a microalga *Acutodesmus dimorphus* melhora a germinação e o rendimento em culturas como o tomateiro. Segundo eles, certas microalgas tendem a aumentar o rendimento de culturas agrícolas, em função da ação de reguladores de crescimento como a auxina, citosina e giberelina, além dos altos níveis de macro e micronutrientes, comparados a culturas sem o biofertilizante. As microalgas são fontes de compostos bioativos, que ativam várias substâncias metabólicas durante seus processos, regulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas (GRZZESKI; ROMANOWSKA, 2015), potencializam o desenvolvimento do caule e das raízes.

No Brasil, as pesquisas com biofertilizantes de extratos de microalgas se concentram na espécie *Scenedesmus subspicatus*. Alguns trabalhos com tomates orgânicos mostraram grande potencial na produção de moléculas bioativas, favorecendo o crescimento vegetal, além de gerar aumento de produtividade (GEMINI, 2016). Já na cultura do arroz houve aumento no desenvolvimento lateral das raízes, as quais estão diretamente ligadas a maior absorção de nutrientes, resultando em acúmulo de biomassa vegetal e, conseqüentemente, em aumento de rendimentos na safra (GONZALES-GARCIA *et al.*, 2015).

Em pesquisa realizada por Gemini (2016), a espécie microalgal *Scenedesmus obliquus* foi cultivada em águas residuais da indústria de produção de cerveja. Os resultados desse estudo demonstraram que essa microalga atua removendo os nutrientes das águas residuais da cervejaria,

sendo posteriormente utilizada a biomassa da microalga como bioestimulante para produção de agrião, feijão mungo e pepino, por exemplo.

Dessa maneira, as espécies de microalgas podem ser uma alternativa a ser adotada na agricultura sustentável, seja com a finalidade de evitar o uso de produtos químicos ou, consequentemente, até mesmo para economizar energia e emissões de gases de efeito estufa.

2.3 Microalgas na limpeza de efluentes

Os efluentes oriundos da indústria, agricultura e pecuária, podem conter grandes quantidades de matéria orgânica e compostos tóxicos que acabam causando impactos negativos ao meio ambiente. Frente a essa problemática, muitas pesquisas têm sido realizadas para o tratamento desses resíduos através da bioissorção (QUINTELAS *et al.*, 2008).

Esse processo consiste na absorção de metais tóxicos e/ou outros contaminantes através de um micro-organismo. Nesse contexto, as microalgas ganham destaque, já que possuem capacidade de reter e imobilizar esses metais, além de apresentarem vantagens quanto ao baixo custo de instalação e boa eficiência (DOSH *et al.*, 2007).

O potencial das microalgas para o tratamento que remove carbonatos, amônio, nitrato e fosfato, varia de acordo com a espécie e os processos biológicos que as mesmas irão realizar (ABDEL *et al.*, 2012).

Entre os destaques na eficiência desse processo, ressalta-se o tratamento de efluentes da suinocultura e da vinhaça, esse último que é utilizado para aproveitamento em cultivo.

2.3.1 Efluentes da suinocultura

O Brasil possui o quarto maior rebanho suíno do mundo, com aproximadamente 3,93 milhões de animais (EMBRAPA, 2019). Essa grande criação brasileira faz com que sejam descarregados na natureza uma elevada quantidade de dejetos, os quais sem tratamentos prévios, chegam aos rios, lagos, ou outros meios causando eutrofização das águas. Além de desequilibrar macro e micronutrientes no solo e gerar impactos por antibióticos e desinfetantes sobre a comunidade microbiana do solo (DETTMER, 2003).

De acordo com Delabary (2012), ao utilizar microalgas no tratamento de residuais da suinocultura, pode-se obter uma redução de 90% de amônio comparado a outros tipos de tratamentos sintéticos. Isso ocorre em função da formação de compostos nitrogenados através da absorção da luz solar e da captura de CO₂ como fonte de carbono, que as microalgas metabolizam para a produção de biomassa. Porém, o sucesso do processo em questão vai depender da espécie, sendo as mais utilizadas as dos gêneros *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp. e *Spirulina* sp. (MATHEISES, 2016).

Rodrigues (2000) obteve resultados que comprovam a eficiência da *Chlorella minutissima* na redução de porcentagens de amônia, turbidez e concentração de sólidos totais. Além

de diminuir a porcentagem de demanda química de oxigênio (DQO), parâmetro que mede a quantidade de matéria orgânica através de oxigênio dissolvido. Resultados semelhantes podem ser obtidos com a *C. vulgaris* e a *C. pyrenoidosa*. Porém primeiro necessitam passar por tratamentos primários, em que os efluentes são diluídos antes do uso para produção de biomassa e ácidos graxos. Essas espécies, além de reduzirem mais da metade da quantidade de amônio, também reduzem o elevado teor de matéria orgânica dos resíduos (WANG *et al.*, 2008).

Para Mezzomo *et al.* (2010), o cultivo das microalgas do gênero *Spirulina platensis* nas águas residuais dos suínos, proporciona a diluição de amônia e de fósforo inorgânico (em função da oxidação causada pela fotossíntese). O diferencial desse método é que as microalgas também podem gerar um meio de cultivo para obtenção de biomassa, capazes de crescer nessas águas e gerar subprodutos como ração animal e fertilizantes. Ainda de acordo com Mezzomo *et al.* (2010), quando isso ocorre, as microalgas passam a utilizar o meio residual para seu próprio crescimento após a estabilização por aeração ou digestão anaeróbica, aproveitando um pH ideal (entre 8,5 a 10,5), com temperaturas de crescimento que devem variar de 8 C° a 46 C° e iluminação constante.

Segundo Dal Magro *et al.* (2011), a *Spirulina platensis* possui capacidade de diminuição da taxa de metais como, por exemplo, 40 a 60% de redução de cromo (VI), diminuição do DQO entre 60% a 70%, redução de até 82% de óxido de chumbo, 90% de zinco, 46,6% de fósforo, 87,3% de nitrogênio, e até 93,3% de cádmio.

Resultados semelhantes são obtidos pela *Scenedesmus obliquus*, tanto para obtenção do meio de cultivo, quanto para remoção de metais e nutrientes como nitrogênio e fósforo totais, a qual tem capacidade de redução de 25 a 100% (DELABARY, 2012). Além disso, a *Scenedesmus* sp. é capaz de realizar a metabolização da matéria orgânica presente nas águas residuais proveniente da suinocultura, reduzir as cargas poluentes. Sob condições de luz direta e temperatura adequada, em aproximadamente 18 dias a produtividade da biomassa pode chegar a 50%, dependendo da cepa, com teores de remoção elevadas (KIM *et al.*, 2007).

2.4 Vinhaça como fonte de cultivo de microalgas

A vinhaça é uma água residual produzida durante a destilação do caldo da cana de açúcar fermentado, isso ocorre no momento da produção do etanol e açúcar pela indústria sucroalcooleira (BORGES *et al.*, 2007).

Por ser um líquido espesso, com elevada quantidade de material particulado, excesso de matéria orgânica, pH baixo, elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), é considerado um poluente com 100 vezes maior efeito negativo que o esgoto doméstico, sendo assim proibido o descarte em ambientes aquáticos (BORGES *et al.*, 2007).

No entanto, esse resíduo é rico em nutrientes mineirais como cálcio (Ca) e magnésio (Mg), que são essenciais

ao desenvolvimento vegetal. Além de elevados níveis de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK). Portanto, como nos dejetos suínos, a vinhaça exerce papel importante nas pesquisas de biorremediação e cultivo de microalgas em águas residuais, de acordo com o tipo de mostro (CHIES, 2016).

Assim como no tratamento de dejetos suínos, a *Chlorella* sp. tem sido adotada nos processos de tratamento da vinhaça, especificamente, para geração de biomassa para a produção de biocombustíveis (PEREIRA *et al.*, 2012). A eficiência em processos de digestão anaeróbica da vinhaça em meio de cultivo das microalgas, principalmente, em teste com a espécie *Chlorella vulgaris*, pode ser mensurada pela quantidade de biogás e metano que é produzido. Isto é possível em função da quantidade de matéria orgânica consumida e pela velocidade como o processo de retenção hidráulica acontece (MARQUES, 2012).

Além de ser utilizada em digestores de tratamento de residuais, a vinhaça contendo microalgas também pode ser cultivada em grandes “tanques” de sistemas fechados e sistemas abertos de lagos naturais, assim a produção de biomassa de microalgas atinge níveis comerciais (LOPES, 2017; EMBRAPA, 2017). A Figuras 1 e 2 apresentam exemplos de alguns desses cultivos.

Figura 1 - Sistema de cultivo aberto de microalgas do Centro de pesquisas dos Estados Unidos



Fonte: Munoz e Guieysse (2006).

Figura 2 - Sistema de cultivo fechado de microalgas do Centro de pesquisas EMBRAPA em Brasília



Fonte: Embrapa (2017).

Em trabalhos com o objetivo de comparação do crescimento e desenvolvimento de microalgas, em meios com e sem fonte de vinhaça, os melhores resultados foram observados no tratamento com a presença do resíduo. No entanto, o grande desafio é a quantidade da carga orgânica da vinhaça, pois ela favorece a proliferação de bactérias e leveduras que são contaminantes no meio de cultivo e prejudicam o crescimento das microalgas (SANTANA *et al.*, 2015).

Para evitar essa situação, especialistas buscam espécies mixotróficas que se utilizam da carga de material orgânico do efluente para se desenvolver, principalmente o glicerol, sem que haja um tratamento prévio para remoção. A *Scenedesmus* sp. tem se mostrado promissora ao obter crescimento algal em concentração de até 40% de vinhaça, com maior exposição a luz, temperatura e na suplementação por meio inorgânico Schlosser (RAMIREZ *et al.*, 2014).

2.5 Microalgas na geração de biocombustíveis

O desenvolvimento de tecnologias para produção de energias renováveis e/ou combustíveis biodegradáveis, tem sido foco de muitos pesquisadores ao redor do mundo. A busca por substitutos parciais ou totais ao diesel tem instigado e aprofundado os estudos no campo biotecnológico. Isso se deve pela crescente preocupação acerca dos recursos econômicos e danos ambientais (ANDRADE; COLOZZI, 2014).

A pesquisa com as microalgas tem sido desenvolvida em diferentes áreas de aplicação comercial, o que não é diferente com os biocombustíveis. Além de ser uma alternativa sustentável, sua biomassa pode ser obtida através do cultivo de águas residuais da suinocultura, da vinhaça, da carcicultura, de fábricas de sucos de laranja e do esgoto urbano. Assim, além de atuar na limpeza desses residuais, se torna eficiente na geração de biomassa reutilizável para produção de biocombustíveis, especialmente oriundos da vinhaça (MONTERO *et al.*, 2011).

Quando as microalgas são cultivadas para produção de biocombustíveis, o cultivo pode ser realizado por meio autotrófico (com a agregação de nutrientes essenciais como carbono inorgânico), meio heterotrófico (fonte de carbono orgânico), pelo meio mixotrófico (na qual as microalgas necessitam da presença de luz para assimilar o carbono) e o meio fotoheterotrófico (fotossíntese utiliza o carbono para o crescimento de compostos orgânicos). De acordo com a tecnologia, que estarão dispostas para tais fins, isso se torna possível em função de características benéficas que as microalgas apresentam em sua composição (MARIANO, 2011).

Um desses benefícios está relacionado ao fato desse organismo não participar do impasse entre segurança alimentar e energética. Além disso, as algas não são uma forma convencional de alimentação e não exigem tantos tratamentos culturais e competição por solo como ocorre com culturas utilizadas na agricultura tradicional. Isso faz com que haja produção de 3 a 10 vezes a mais energia por hectare

(LOPES, 2017).

De acordo com Sassi (2016), é por esse motivo que o Brasil foca suas pesquisas com microalgas principalmente para a produção de biocombustíveis, já que o país é um grande produtor de plantas oleaginosas. Um exemplo é a soja, cujo percentual de óleo gerado para indústria energética chega a 16,6%. Este número pode ser superado pelas microalgas como a *Chlamydomonas reinhardtii*, que atinge quase 21 %, o que mostra a grande eficiência e o porquê dos estudos de microalgas para esse fim em território nacional em comparação a outras culturas como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Produtividade de óleo de oleaginosas adotadas como fonte de biocombustíveis

Fonte de Biocombustíveis	Produtividade de Óleo (L ha ⁻¹)
Mamona	806
Pinhão manso	1892
Milho	172
Soja	446
Canola	1190
Coco	2689
Óleo de palma	5950
Microalga *	58700

*variedade com 30% de peso na biomassa.

Fonte: Pereira *et al.* (2012).

As microalgas possuem alta quantidade de lipídios que são essenciais para transesterificação do biodiesel. Algumas microalgas chegam a possuir até 75% de lipídios em sua composição, sendo condicionada para a produção através das células ou de forma intacta (CHEN *et al.*, 2011).

O método de obtenção de biodiesel mais utilizado é o de transesterificação homogênea, no qual ocorre a interação entre os triacilglicerídeos (TAG) presentes nos óleos vegetais com um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador de caráter básico para gerar biodiesel e glicerol. Como a reação de transesterificação é reversível, o álcool é adicionado em excesso para deslocar o equilíbrio para direção dos produtos e garantir maior rendimento. O álcool em excesso é retirado por destilação e pode ser reutilizado após ser desidratado (VIEIRA *et al.*, 2018).

Outro ponto que torna as microalgas favoráveis na aplicação biotecnológica é a facilidade e a alta capacidade de reprodução, além de possuir componentes necessários para a produção de biocombustíveis (proteínas, minerais e como já citado, pigmentos lipídicos ricos em óleos insaturados) (MARIANO, 2011). Tudo isso agregado a vantagem de converter CO₂ em carboidratos, possuir a alta capacidade de remover o CO₂ do ambiente, gerar menores quantidades de dióxido de enxofre, óxido nítrico e outros contaminantes quando comparados aos emitidos pelo diesel. As microalgas ainda se demonstram vantajosas devido a possibilidade de manipulação genética, a fim de aumentar a fotossíntese, aumentar a concentração de triacilgliceróis e de direcionar a biomassa para a produção de biodiesel (GONG; JIANG,

2011).

Segundo Schmitz *et al.* (2012), as microalgas podem ser usadas como fonte de bioetanol em função de seu alto teor de carboidrato (celulose, xilose, galactose, arabinose, glicose e manose), que vai auxiliar no processo de fermentação e conversão em condições anaeróbicas. A *Chlorella vulgaris* é muito estudada em decorrência de seu alto teor de carboidratos e a eficiência em conversão acima de 65%. Para essa conversão ocorrer, essas espécies precisam sofrer uma ruptura em suas células para que os teores de amido não acarretem perdas na quantidade de seus teores.

Assim no momento do cultivo haverá dois processos separados: um para obtenção de biomassa, onde irá adquirir maiores concentrações de nitrogênio e ferro, e o segundo para o aumento no teor de amido, na qual o meio estará livre de nitrogênio e ferro durante poucos dias de cultivo. Esse processo, juntamente com a ruptura celular, faz com que tanto a biomassa como o amido não se percam e/ou seja produzida em pequenas quantidades e que, posteriormente, serão fermentados por *Saccharomyces cerevisiae* (HIRANO *et al.*, 1997).

As microalgas mais comuns para a produção de biodiesel são as do gênero *Chlorella* sp., cujos percentuais de óleos variam de 20% a 50% (SCHMITZ *et al.*, 2012). Apesar dos avanços nas pesquisas, ainda há vários aspectos que precisam ser estudados. Um deles está na forma de obtenção de baixo custo para que ocorra viabilidade, tanto no cultivo quanto no aproveitamento da biomassa e nas barreiras tecnológicas e mercadológicas (CARDOSO *et al.*, 2011).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) do setor de Agroenergia tem realizado estudos que envolvem a engenharia genética, para sequenciamento do DNA das microalgas. Essas pesquisas têm por objetivo o desenvolvimento de cepas de microalgas com características necessárias para cada uma de suas aplicabilidades, como biogás, biodiesel, biofertilizantes, biomassa para usos diversos, nutrição animal e remoção de contaminantes nos efluentes da suinocultura (BRASIL; GARCIA, 2016).

3 Conclusão

As microalgas são usadas como biofertilizantes na agricultura, na qual têm apresentado resultados notáveis na melhoria da qualidade dos solos e na produção de culturas como alface, tomate e citros. No entanto, apesar de todas as vantagens, ainda são pouco adotadas, principalmente, em se levando em consideração as grandes culturas como milho e soja. Porém, a aplicabilidade das microalgas se expande também para a agroindústria, adotada na limpeza de efluentes oriundos da suinocultura e da vinhaça, ao mesmo tempo em que utiliza destas águas residuais como fonte de cultivo desses micro-organismos.

Desse modo, além dos benefícios ambientais, a associação do cultivo de microalgas em águas residuais pode diminuir

os custos de produção da biomassa microalgal, ainda que o valor para implantação seja considerado alto para o Brasil. Ao se cultivarem microalgas em águas residuais para geração de bioprodutos se pode obter diversas finalidades no ramo agroindustrial e biotecnológico, entre esses um dos mais estudados são os biocombustíveis. No entanto, ainda há necessidade de mais estudos sobre o assunto, principalmente, para a otimização da produção de microalgas em larga escala.

Referências

ABDEL, R. N. *et al.* Microalgae and wastewater treatment. *J. Biol. Sciences*, v.3, n.19, p.257-275, 2012. doi: 10.1016/j.sjbs.2012.04.005.

ANDRADE, D.S.; COLOZZI FILHO, A. *Microalgas de águas continentais*: produção de biomassa e coprodutos. Londrina: Iapar, 2014.

AWALE, R. *et al.* Soil health in: yorgey G. Krunger C. *Washington Post State University*, 2017. doi: 10.1016/j.soisec.2021.100004.

BELTRAME, A.; PACHOLATTI, S.F. Cianobactérias e algas reduzem os sintomas causados Tobacco Mosaic Vírus (TMV) em plantas de fumo. *Summa Phytopathol.*, v.32, n.2, p.140-145, 2011. doi: 10.1590/S0100-54052011000200010.

BORGES, L.C. *et al.* Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, v.11, n.1, p.108-114, 2007. doi: 10.1590/S1415-43662007000100014.

BRASIL, B.S.A.F.; GARCIA, L.C. Microalgas: alternativas promissoras para a Indústria. *Agroenergia em Revista*, v.10, n. 10, p. 9, 2016.

CARDOSO, A. S. *et al.* O uso de Microalgas para obtenção de Biocombustíveis. *Rev. Bras. Biociê.*, v. 9, n. 4, p. 542-549, 2011.

CHEN, C.Y. *et al.* Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production. A criative review. *Bioresource Technol.*, v. 102, p. 3097-3105, 2011. doi: 10.1016/j.biortech.2010.06.159.

CHIES, V. Microalgas contra gripes. *Agroenergia em Revista*, v. 10, p. 36-39, 2016.

COSTA, J.A.V.; MORAIS, M.G. The role of biochemical engineering in the production of biofuels from microalgae. *Bioresource Technol.*, v.102, p.2-9, 2011. doi: 10.1016/j.biortech.2010.06.014.

DAL MAGRO, C. *et al.* Remoção de cromo VI e DQO de meio de cultivo adicionado de efluente com elevada concentração de cromo a partir da Microalga *Spirulina platensis*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS, 2011, Caxias do sul. Anais... Caxias do Sul: Editora da UCS, 2011.

DELABARY, G. S. *Avaliação de crescimento de três microalgas para a remoção de nutrientes de efluentes de estação de tratamentos de dejetos suínos*. Florianópolis: Universidade Federal e Santa Catarina, 2012.

DETTMER, C. A. *Destino dos dejetos suínos em algumas propriedades rurais do município de Bela Vista RS, sob a ótica ambiental*. Estudo de caso. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2003.

DOSH, H. *et al.* Bioremediation potential of live and dead *Spirulina*: Spectropic, kinetics and studies. *Biotechnol. Bioengineering*, v.96, n.6, p.1051-1063, 2007. doi: 10.1002/bit.21190.

DUBEY, A.; DUBEY, D. Evaluation of cost effective organic fertilizers. *Open J. Syst.*, 2010. Disponível em: <<https://orprints.org/17043/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. *Estatísticas/ Desempenho de produção*. Centro de inteligência de aves e suínos. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinios-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 01 set. 2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. *Pesquisa encontra microalgas que crescem em resíduos e geram biocombustíveis*. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/>>. Acesso em: 1 set. 2020.

GEMINI, L. G. *Aplicações foliares de suspensão de microalga *Scenedesmus subspcatus* como biofertilizante no cultivo orgânico do tomateiro*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2016.

GONG, Y.; JIANG, M. Biodiesel production with Microalgae as Feedstock: from strains to biodiesel. *Biotechnol. Lett.*, v.33, p.1269-1284, 2011. doi: 10.1007/s10529-011-0574-z.

GONZALES-GARCIA, J.; SOMMERFILD, M. Biofertilizer and bioestimulant propret of Microalga *Acutodesmus dimorphus*. *Appl Microbiol Biotechnol.*, v.28, n.15, p.1051-1061, 2015. doi: 10.1007/s10811-015-0625-2.

GRZZESKI, M.; ROMANOWSKA, D.Z. Ability of Cyanobacterias and green algae to improve metabolic active and development of willow plants. *J. Environ. Studies*, v.24, n.3, p.1003-1012, 2015. doi: 10.15244/pjoes/34667.

HIRANO, A. *et al.* CO₂ fixation and etanol production with microalgal photosynthesis and intracelular anaerobic fermentation. *Energy*, v.22, p.137-142, 1997. doi: 10.1016/S0360-5442(96)00123-5.

KIM, M.J. *et al.* Effect of Bioestimulador *Chlorella fusca* on improving growth in quality of chinese chives and spinach in organic farm. Korean. *J. Plant Pathol.*, v.34, n.6, p.567-574, 2018. doi: 0.5423/PPJ.FT.11.2018.0254.

KIM, M.K. *et al.* Enanced production *scenedesmus spp* (green microalgae) using a new médium containing fermented swine wastewater. *Bioresource Technol.*, n.98, p.2220-2228, 2007. doi: 10.1016/j.biortech.2006.08.031.

LOMBARDI, A.T.; LIMA, M.S.I. Cultivo de *Chlorella vulgaris* em vinhaça filtrada. *Rev. Bras. Ciênc. Amb.*, v.1, n.35, p.55-62, 2015.

LOPES, T.S.A. *Estudo da potencialidade de biorremediação e produção de biocombustíveis a partir de microalgas*. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, 2017.

MAHANTY, T. Biofertilizer: a potential approach for sustainable agriculture development. *Enviromen. Scie. Pollution Res.*, v. 24, n.1, p.315-335, 2017. doi: 10.1007/s11356-016-8104-0.

MARIANO, V.L.B. *Cultivo de Microalgas em Fotobiorreatores*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.

MARQUES, S. S. I. *Microalgas como matéria prima para produção de matéria prima*: uso da vinhaça como alternativa de redução de custos e redução da sustentabilidade. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2012.

MATHEISES, A. Microalgas Alternativas promissoras para a Industria. *Agroenergia em Revista*. v.10, n.10, p.28, 2016.

MEZZOMO, N. *et al.* Cultivation of microalgae *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) from biological treatment of swine wastewater. *Rev. Ciênc. Tecnol. Alimento*, v.30, n. 1, p. 173-178, 2010. doi: 10.1590/S0101-20612010000100026.

MONTERO, M.R. *et al.* Isolation of Hight-lipid content strains of the Marine microalgae tetraselmis suecica for biodiesel production by flow cytometry and single- cell sorting. *J. Appl. Phycol.*, v.23, p.1053-1057, 2011. doi: 10.1007/s10811-010-

9623-6.

MORAIS, M. G.; COSTA, J. A. V. Perfil de ácidos graxos de microalgas cultivadas com dióxido de carbono. *Ciênc. Agrotecnol.*, v.32, n.4, p.1245-1251, 2008. doi: 10.1590/S1413-70542008000400032.

MUNOZ, R.; GUIEYSSE, B. Algal-bacterial process for the treatment of hazardous countaminants: a review. *Water Res.*, v.40, p.2799-2815, 2006. doi: 10.1016/j.watres.2006.06.011.

OZDEMIR, S. S.; OZTEKIN, G.B. Production of *Chlorella vulgaris* and it effects and plant growth, yird and fruit qualif of organic tomato growth in greenhouse as biofertilize. *Agriculture Scie.*, v. 22, p.596-605, 2016.

PEREIRA, C.M.P. *et al.* Biodiesel renovável derivado de microalgas: avanços e perspectivas tecnológicas. *Química Nova*, v.35, n.10, p.2013-2018, 2012. doi: 10.1590/S0100-40422012001000022.

PEREZ-GARCIA, O. *et al.* Heterotropic culture of microalgae: Metabolism and potential products. *Scie. Direct- Water Res.*, v.45, n.1, p.11-36, 2011. doi: 10.1016/j.watres.2010.08.037.

PRADA, S. M. *et al.* Metodologia analítica para determinação de sulfato em vinhoto. *Quím. Nova*, v. 21, n. 3, p. 249-252, 1997. doi: 10.1590/S0100-40421998000300002.

QUINTELAS, C. *et al.* Biosorption of cr (VI) by three diferente bacterial species supported on granular activated carbon: a comparative study. *J. Hazardous Mat.*, v.153, p.799-809, 2008. doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.09.027.

RAMIREZ, N.N.V. *et al.* Growth of microalgae Scenedesmus sp

in etanol vinasse. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, v.57, n. 5, 2014. doi: 10.1590/S1516-8913201401791.

RODRIGUES, J.B.R. *Eficiência do crescimento da microalga Chlorella minutissima e sua aplicação em resíduos da suinocultura-valorização e tratamento.* São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000.

SANTANA, H. *et al.* Produção de biomassa de microalgas em vinhaça e CO₂ e caracterização do efluente pós cultivo. In: ENCONTRO DE PESQUISAS E INOVAÇÃO DA EMBRAPA AGROENERGIA, 2015, Brasília. Anais... 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1031388>. Acesso em: 22 nov. 2020.

SASSI, P. G. P. *Uso de Microalgas com potencial para produção de biodiesel e mitigação de impactos ambientais.* João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2016.

SCHMITZ, R. *et al.* Aplicações ambientais das microalgas. *Rev. Ciatic*, v.4, n.1, p.48-60, 2012. doi: 10.5335/ciatic.v4i1.2393.

VIEIRA *et al.* Esterificação e transesterificação homogênea de óleos vegetais contendo alto teor de ácidos graxos livres. *Quím. Nova*, v.41, n.1, p.10-16, 2018. doi: https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170148

WANG, B. *et al.* CO₂ bio-mitigation using microalgae. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, v.79, n.5, p.70-78, 2008. doi: 10.1007/s00253-008-1518-y.

ZANATA, A.C. *Obtenção de Biomassa de Microalgas de Chlorella vulgaris tolerante a herbicidas.* Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.