

## A UTILIZAÇÃO DE MICROALGAS E MACROALGAS NA OBTENÇÃO DE ETANOL 3G: UMA ABORDAGEM BIBLIOGRÁFICA

Giovani Uema Alcantara<sup>1</sup>  
Halax Duart Martins Silva<sup>2</sup>  
Osania Emerenciano Ferreira<sup>3</sup>  
Gustavo Henrique Gravatim Costa<sup>4</sup>

### Tecnologia Ambiental

#### *Resumo*

O crescente aumento no consumo de fontes energéticas não renováveis traz consigo consequências de grande impacto ao meio ambiente. Sendo necessário a busca por novas fontes energéticas renováveis, neste contexto destaca-se os biocombustíveis como principais representantes dessas novas matrizes energéticas. Dentre os combustíveis de origem biológica, cabe destacar as macros e micro algas como importantes fontes na obtenção do etanol de 3ª geração. São caracterizadas por possuírem reservas de biomassa ricas em proteínas e reservas de clorofila, tornando-se importantes matérias-primas na possível obtenção do bioetanol. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo apresentar os principais conceitos referentes a obtenção do etanol 3G, enfatizando a utilização de micro e macroalgas. A pesquisa foi conduzida através de uma revisão bibliográfica, verificando-se em base de dados como Google Scholar, SciElo, Web of Science e demais base de dados as produções científicas referentes ao assunto abordado, com um corte temporal de 2015 a 2022. Sabe-se que a utilização das microalgas e seus subprodutos é uma biomassa promissora e sustentável para produção de etanol. As algas são relatadas em vários trabalhos como sendo uma matéria prima com alto potencial para produção de etanol.

**Palavras-chave:** Energia renovável; Biocombustíveis; Biomassas; Setor sucroenergético.

---

<sup>1</sup> Aluno do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, [gigioalcantara@hotmail.com](mailto:gigioalcantara@hotmail.com).

<sup>2</sup> Aluno do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, [halaxduart@hotmail.com](mailto:halaxduart@hotmail.com).

<sup>3</sup> Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, [osania.ferreira@uemg.br](mailto:osania.ferreira@uemg.br).

<sup>4</sup> Professor da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, [gustavo.costa@uemg.br](mailto:gustavo.costa@uemg.br).

## INTRODUÇÃO

Atualmente há uma tendência crescente na busca por novas fontes energéticas renováveis. Dessa forma, os países almejam estratégias para atender a maior produção e elevação no consumo de fontes energéticas sustentáveis, podendo ser mencionados os biocombustíveis, como importantes matérias-primas na tentativa de amenizar os impactos antrópicos no meio ambiente (HAO *et al.*, 2021; PAZ-CEDENO *et al.*, 2021).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP), biocombustíveis são definidos como derivados de biomassa renovável e capazes de substituir combustíveis de origem não renovável (ANP, 2020).

Estes por sua vez são obtidos a partir da biomassa, por meio de diferentes processos bioquímicos, os quais representados pela fermentação para produção do bioetanol, produtos químicos, biogás e biofertilizantes. Podem ser produzidos por outros processos químicos, baseados em reações de transesterificação, hidro processamento, craqueamento catalítico e síntese de Fischer-Tropsch, ou termoquímicos, representados pelos processos de combustão, gaseificação, liquefação e pirólise (EICHLER *et al.*, 2015).

Podendo haver diversas fontes de obtenção, as biomassas utilizadas na geração de biocombustíveis de terceira geração, são compostas por um elevado teor de hidrogênio presente em suas estruturas proteicas, gerando produtos com um elevado poder calorífico, baixa densidade e viscosidade (SILVA & SILVA, 2019).

Acerca disto, as micro e macroalgas são as principais representantes das biomassas de terceira geração. As mesmas têm demonstrado vantagens ecológicas, que estão vinculadas a obtenção de créditos de carbono, utilizando-se o CO<sub>2</sub> disponível no ambiente como fonte para execução do ciclo de fotossíntese. Dessa forma, essa matéria-prima caracteriza por apresentar elevado potencial na produção de biocombustíveis (KASSIM & MENG, 2017; SEPULVEDA *et al.*, 2019; DELMIRO, 2020; OCRETO *et al.*, 2021).

Assim, o presente estudo teve por objetivo discutir conceitos relacionados a biocombustíveis de 3ª geração através de pesquisas bibliográficas em base eletrônica de dados, destacando-se a sua obtenção através das microalgas e macroalgas e suas demais aplicações.

Realização

Apoio

## METODOLOGIA

Neste trabalho foi feita uma revisão bibliográfica de natureza exploratória, buscando-se por artigos em base eletrônica de dados como: Scielo, Google acadêmico, Periódicos Capes e Web of science, com o emprego dos termos: “bioethanol”, “3th Generation”, “microalgae”, “macroalgae”, “feedstock”, “review”, com recorte temporal de 2012 a 2022.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na busca realizada foram encontrados um total de 8190 artigos científicos que buscaram avaliar o potencial de produção de biocombustíveis de matérias primas de 3ª Geração. Estes documentos foram encontrados em português e inglês, respectivamente, agrupados em 40 artigos de interesse, sendo utilizados 25 artigos como principais resultados, trabalhos referentes a utilização de microalgas e macroalgas.

O Brasil apresenta um cenário promissor para o investimento na produção de microalgas, não se restringindo à obtenção do bioetanol, mas também à sua aplicação no processo de captura do CO<sub>2</sub> disponível no ambiente, sendo este convertido em biomassa. Estudos recentes almejam diferentes maneiras para a obtenção dos biocombustíveis, uma vez que essas fontes de biomassa possuem diversas funcionalidades, buscando-se uma possível substituição gradativa das fontes energéticas não renováveis por fontes energéticas renováveis (CHEN *et al.*, 2015; RAMACHANDRA; HEBBALE, 2020).

Vale destacar o potencial produtivo das algas para a obtenção dos biocombustíveis de 3ª Geração. Isto torna-se possível uma vez que as mesmas possuem alta capacidade de acúmulo de reservas lipídicas no interior de suas células, com alta taxa de crescimento em um curto período de tempo, com um rendimento de biomassa/área elevado, sem a necessidade do uso de grandes quantidades de insumos (CHEN *et al.*, 2018).

Realização

Apoio

Representadas principalmente pelas micro e macro algas, tais matérias-primas destacam-se no processo de obtenção do etanol 3G, considerando-se seu elevado índice de crescimento e produtividade de biomassa disponível para processamento e tratamentos químicos (AGGARWAL; KUMAR; MITTAL, 2022).

Cabe salientar que, devido a sua estrutura de polissacarídeos, estas moléculas complexas de carboidratos não podem ser metabolizadas pela levedura durante o processo fermentativo, necessitando-se de tratamentos por vias metabólicas diversas para que sejam disponibilizadas tais reservas de polissacarídeos. Entre essas destacam-se o tratamento químico com soluções ácidas, básicas, bem como a utilização de enzimas auxiliares ao processo de metabolização desses carboidratos (PAUL & TSENG, 2012; SUNWO *et al.*, 2016; NGUYEN *et al.*, 2019).

Além da produção do bioetanol, o emprego das algas (micro e macroalgas) diversifica-se para também a produção biodiesel e derivados, os quais através do processo de transesterificação, se obtém esse biocombustível puro e o glicerol (ARORA *et al.*, 2021).

Acerca desta temática, cabe mencionar também a produção do biodiesel proveniente do bio-óleo obtido de dois principais processos de extração. Para o primeiro processo, destaca-se a pirólise da biomassa de algas, utilizado matérias-primas de umidade abaixo de 40% (m/m) e emprego de temperaturas entre 350 – 530 °C. Para o segundo processo, utiliza-se do procedimento de liquefação hidrotermal, caracterizado pelo uso de biomassa com umidade acima de 40% (m/m) e condições de processo em temperatura (250 – 380 °C), pressão (2 – 20,6 Mpa) e tempo de processamento (15 – 120 min), considerando-se que dependendo da espécie utilizada, os rendimentos de extração estão na ordem de 24 – 72,62% para as microalgas e até um rendimento geral de 79% para as macroalgas (BACH *et al.*, 2014; BORDOLOI *et al.*, 2016; FELIX *et al.*, 2019; BARBOSA *et al.*, 2020).

Para prospecções futuras de suas aplicabilidades, a utilização das algas, tem demonstrado uma tendência crescente em pesquisas que buscam outras finalidades essas fontes de biomassa possuem. Considerando-se seus compostos bioquímicos, esses materiais podem ser empregados na indústria de cosméticos com o desenvolvimento de produtos esfoliantes, produtos para cuidado da pele e também produtos capilares, assim como na elaboração de produtos farmacológicos, como proteínas, vacinas e nutrientes provenientes

de seu rápido crescimento (JOSHI *et al.*, 2018; CHU; PHANG, 2019).

Cabe mencionar também o seu emprego na indústria alimentícia, com pesquisas que buscam o desenvolvimento de biofilmes a base de algas marinhas, devido a sua alta concentração de compostos químicos estruturas de carragenana, responsáveis pelo aspecto viscoso dos extratos produzidos (GANESAN; SHANMUGAM; BHAT, 2018).

Através disso, a obtenção de biocombustíveis de 3ª geração demonstra um setor promissor e tendência crescente, visto a sua vasta aplicação em diversos setores da economia. Para isso, verificam-se possibilidades de agregar as mesmas (micro e macroalgas) ao processo de geração de biocombustíveis provenientes biomassas de 3ª geração, aumentando a oferta de fontes energéticas renováveis, principalmente do bioetanol (VANDENBERGHE *et al.*, 2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da presente pesquisa, foi possível discutir conceitos básicos relacionados aos biocombustíveis de 3ª Geração, destacando-se a sua obtenção através das microalgas e macroalgas como fontes de biomassa para geração do etanol 3G e demais aplicabilidades no uso de tais materiais vegetais (microalgas e macroalgas). Isso auxilia no processo de complementar a oferta de produtos derivados de fontes renováveis de energia, possibilitando uma substituição gradativa de produtos derivados de fontes não renováveis de energia, contribuindo para amenizar os impactos antrópicos ao meio ambiente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores Giovanni Uema Alcantara e Halax Duart Martins Silva agradecem à CAPES pelas bolsas concedidas. Gustavo Henrique Gravatim Costa e Osania Emerenciano Ferreira agradecem à UEMG pela contribuição no presente estudo.

Realização

Apoio

## REFERÊNCIAS

AGGARWAL, N. K.; KUMAR, N.; MITTAL, M. Algae as potential feedstock for bioethanol production. **Bioethanol Production**, v.1, p. 89-100, 2022. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-3-031-05091-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-05091-6_7)>. Acesso em: 27 jul. 2022.

AGUILERA, R. F.; EGGERT, R. G.; LAGOS C.C., G.; TILTON, J. E. **Depletion and the future availability of petroleum resources**. Energy Journal. DOI: 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol130-No1-6. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/227354407\\_Depletion\\_and\\_the\\_Future\\_Availability\\_of\\_Petroleum\\_Resources](https://www.researchgate.net/publication/227354407_Depletion_and_the_Future_Availability_of_Petroleum_Resources). Acesso em: 2 nov. 2021.

ARORA, K. *et al.* Potential applications of algae in biochemical and bioenergy sector. **Biotech**, v.11, n. 6, 296, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13205-021-02825-5>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

BACH, Q.V. Fast hydrothermal liquefaction of a Norwegian macro-alga: screening tests. **Algal Research**, v.6, p.271-276, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.algal.2014.05.009>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

BARBOSA, J. M. *et al.* Multi-response optimization of bio-oil production from catalytic solar pyrolysis of *Spirulina platensis*. **Journal of the Energy Institute**, v. 93, n. 4, p. 1313-1323, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.joei.2019.12.001>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Ministério de Minas e Energia. **Biocombustíveis**. Brasília: Casa civil, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/qualidade-de-produtos/biocombustiveis>>. Acesso em: 31 jul. 2022.

BORDOLOI, N. *et al.* Characterization of bio-oil and its sub-fractions from pyrolysis of *Scenedesmus dimorphus*. **Renewable Energy**, v. 98, p. 245-253, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.081>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

CHEN, H. *et al.* Macroalgae for biofuels production: Progress and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, p. 427-437, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115002397>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CHEN, J. *et al.* A review on recycling techniques for bioethanol production from lignocellulosic biomass. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 149, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121006560>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CHU, W. L.; PHANG, S. M. Bioactive compounds from microalgae and their potential applications as pharmaceuticals and nutraceuticals. **Grand Challenges in Algae Biotechnology**, p. 429-469, 2020. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-3-030-25233-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25233-5_12)>. Acesso em: 27 jul. 2022.

Realização

Apoio

DELMIRO T. M. **Potencial da Monoraphidium sp. Produzida em cultivos outdoor para obtenção de biocombustíveis de Terceira Geração.** Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Área de Concentração: Engenharia Química. Linha de pesquisa: Engenharia Ambiental. Natal/RN, 2020, Brasil.

EICHLER, P. *et al.* Produção do bioetanol via gasificação de biomassa lignocelulósica. **Química Nova**, v. 38, n. 6, p. 828-835, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/0100-4024.20150088>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

FELIX, U. A. *et al.* Studies on the growth rate, oil yield and properties of some indigenous freshwater microalgae species. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 12, n. 4, p. 164-176, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3923/jest.2019.164.176>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

GANESAN, A. R.; SHANMUGAM, M.; BHAT, R. Producing novel edible films from semi refined carragenan (SRC) and ulvan polysaccharides for potential food applications. **Biological Macromolecules**, v. 112, p. 1164-1170, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.02.089>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

HAO, L. N. *et al.* Green growth and low carbon emission in G7 countries: How critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is? **Science of the Total Environment**, v. 752, p. 1-10, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141853>>. Acesso em: 2 nov. 2021.

JOSHI, S. *et al.* Applications of Algae in Cosmetics: An Overview. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, v. 7, n. 2, p. 1269-1278, 2018. Disponível em: <[http://www.ijirset.com/upload/2018/february/38\\_Applications.pdf](http://www.ijirset.com/upload/2018/february/38_Applications.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2022.

KASSIM, M. A.; MENG, T. K. Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) biofixation by microalgae and its potential for biorefinery and biofuel production. **Science of the Total Environment**, v. 584-585, p. 1121-1129, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.172>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

NGUYEN, T. H. *et al.* Detoxification of hydrolysates of the red seaweed gelidium amansii for improved bioethanol production. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 188, p. 977-990, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12010-019-02970-x>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

OCRETO, J. B. *et al.* A critical review on second – and third-generation bioethanol production using microwaved-assisted heating (MAH) pretreatment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 152, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032121009539>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

PAUL, N. A.; TSENG, C. K. Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants – Chapter 13: Seaweed. 2 .ed, Blackwell Publishing: 2012.

PAZ-CEDENO, F. R. *et al.* Evaluation of the effects of different chemical pretreatments in sugarcane bagasse on the response of enzymatic hydrolysis in batch systems subject to high mass

Realização

Apoio



loads. **Renewable Energy**, v. 165, p. 1–13, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.10.092>> Acesso em: 22 jul. 2022.

RAMACHANDRA, T. V.; HEBBALE, D. Bioethanol from macroalgae: Prospects and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 117, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119306872>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

SEPULVEDA, C. *et al.* Comparative evaluation of microalgae strains for CO<sub>2</sub> capture purposes. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, v. 30, p. 158–167, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.02.004>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

SUNWOO, I.Y. *et al.* Evaluation of ethanol production and bioadsorption of heavy metals by various red seaweeds. **Bioprocess Biosyst Eng**, v. 39, p. 915–923, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00449-016-1571-3>>. Acesso em: 27 jul. 2022.

SILVA B. M.; Da SILVA, W. S. D. Um panorama da implantação do etanol de 3ª geração como uma fonte de energia sustentável. **Engevista**, v. 21, n.1, p.176-192, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/13289>> Acesso em: 22 jul. 2022.

VANDENBERGHE, L. P. S. *et al.* Beyond sugar and ethanol: The future of sugarcane biorefineries in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 167, 112721, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112721>>. Acesso em 27 jul. 2022.

Realização

Apoio