

TECNOLOGIAS NÃO CONVENCIONAIS DE MICROALGAS

Ingrid Vieira Fernandes¹; Isadora Vieira Fernandes²; Thafny Moreira Fernandes³; Cristina Ferraz Silva⁴

¹Departamento de Engenharia Química- DEQ
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
vieira.ingrid.0405@gmail.com

² Departamento de Ciências Florestais- DCF
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
isadoravieiraf@gmail.com

³Departamento de Engenharia Química- DEQ
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
thafnyfernandes@gmail.com

⁴Departamento de Engenharia Química- DEQ
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
ferrazcristina@academico.ufs.br

Resumo

Os compostos bioativos extraídos de microalgas estão voltados à produção de biocombustíveis e ao setor nutricional, todavia as pesquisas atribuem novas direções como o tratamento de efluentes industriais, a geração de energia e a formulação de fármacos. Nessa circunstância, o presente trabalho tem o objetivo de analisar os usos não-convencionais das microalgas, bem como avaliar o panorama mundial do setor produtivo e comercial de microalgas, buscando informações em patentes, artigos e teses. A partir da busca de patentes na plataforma WIPO foi notório a maior quantidade de publicações em 2020. Os Estados Unidos foi o país que mais se destacou nas publicações, alcançando um percentual de aproximadamente 50%. Na base de dados Espacenet, os Estados Unidos e a China foram os países que mais investiram no tema, sendo responsáveis por percentual de 35% e 25% respectivamente. Com relação aos requerentes, as empresas são as maiores depositantes de patentes na área com quase 70% na WIPO. No entanto, as pessoas físicas apresentam o maior percentual 51% no banco da Espacenet. Considerando os artigos depositados no Periódicos Capes, o Brasil possui 17% de participação, ocupando o segundo lugar em publicações. Dessa forma, as análises demonstram um crescimento de aplicações não convencionais relacionadas ao tema e ascendentes descobertas de bioprodutos com finalidade comercial.

Palavras-chave: compostos bioativos; fármacos; tecnologia; efluentes industriais.

1 Introdução

As microalgas são microrganismos unicelulares, fotossintéticos, pertencentes ao fitoplâncton. Podem ser encontradas em corpos aquáticos, como rios, lagos ou até mesmo em ambientes que

apresentem elevada umidade como cavernas. Esses microrganismos biologicamente se estruturam como procarionte e eucarionte, além de serem dotados de um metabolismo fotoautotrófico (BRASIL e GARCIA, 2016). As microalgas possuem a capacidade de armazenar compostos bioativos como vitaminas B, C, D e E, minerais, carotenoides, proteínas, lipídeos, carboidratos, pigmentos, dentre outros bioativos (OCEAN DROP, 2021).

Os estudos sobre compostos bioativos extraídos de microalgas estão voltados para a produção de biocombustíveis, como o biodiesel, e na elaboração de alimentos altamente nutritivos (CANAL BIOENERGIA, 2021). Entretanto, as pesquisas não estão limitadas a essas aplicações, pois há outros campos sendo trabalhados, assim como o tratamento de efluentes industriais, a geração de energia, a mitigação do efeito estufa, além da produção de antibióticos e anti-inflamatórios. Porém, ainda há muitos compostos na célula microalgal que não são de conhecimento científico ou que ainda estejam em processo de avaliação (DERNER e OZÓRIO, 2021).

Ao considerar o fato de que a microalga se reproduz rapidamente e proporciona alto teor de biomassa, bem como diversos bioativos, desperta a atenção de indústrias que precisam atender a demanda de produção sem depender das matérias-primas tradicionais que podem se tornar escassas (KASVI, 2019).

As microalgas apresentam grande potencial ao ser associada ao futuro. O setor pode chegar até US \$44,7 bilhões em 2023, ou seja, a tendência é que seja desenvolvido, em curto prazo, investimentos em startups sustentáveis. A questão relacionada a tais investimentos é o amadurecimento de indústrias, além da demanda de vários mercados, o que tende a novas descobertas, inovações e aprimoramentos. Alguns *players* desse setor podem ser citados como a Segoro Algae e a South Pacific Mozuku. O primeiro comercializa a biomassa microalgal frente ao mercado de alimentação. O segundo atua de forma mais variada, distribuindo sua biomassa entre os setores de cosméticos, produtos farmacêuticos e alimentos (BICUDO, 2017).

Tendo em vista a gama de possibilidades de aplicações apresentadas pelas microalgas, o objetivo do presente trabalho é analisar os usos não-convencionais das microalgas, bem como avaliar o panorama mundial do setor produtivo e comercial de microalgas, buscando informações em patentes, artigos e teses.

2 Fundamentação teórica

2.1 Tecnologias não-convencionais das microalgas

2.1.1 Microalgas no tratamento de efluentes industriais

Os efluentes industriais são resíduos líquidos ou gasosos gerados nas diferentes etapas de produção industrial, onde a água é utilizada em um dado processo e descartada posteriormente (COLONESE, 2016). Assim, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na norma ABNT – NBR 9800/1987, efluentes industriais são ‘despejos líquidos provenientes das áreas de processamento industrial que comprovadamente apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial’ (BACHEMA, 2021).

Os efluentes podem possuir compostos altamente tóxicos que, se liberados na natureza, pode destruir um ecossistema inteiro. Esse descarte incorreto dos efluentes industriais, fruto de um mau gerenciamento de resíduos, pode atingir os lençóis freáticos, prejudicar o fornecimento de água em regiões urbanas e rurais, além de comprometer a atividade econômica de cidades que dependem do turismo, devido a poluição de rios (ALLONDA, 2021). Dessa forma, alternativas são criadas para o tratamento de efluentes industriais baseadas nas características e especificidades de cada resíduo, a fim de reduzir ao máximo qualquer chance de contaminação ou destruição de biomas (ALLONDA, 2021). Dentre as soluções, as microalgas vêm ganhando destaque, devido ao consumo de nitrogênio e fósforo em grandes quantidades, fazendo com que atuem como verdadeiros "biofiltros" destes

nutrientes. Além de produzir biomassa microalgal durante o tratamento, o processo permite que a água esteja em condição de quase potabilidade, viabilizando o reuso industrial (ALGAE, 2021).

2.1.2 Microalgas na geração de energia

Atualmente, o centro da geração de energia são os combustíveis fósseis, como o carvão mineral, o petróleo e o gás natural. A matéria-prima desse tipo de combustível não é de fonte renovável, além de ser altamente nocivo a natureza (UFBA, 2017). Assim, fontes verdes de geração de energia estão sendo pesquisadas de forma que substituam parcialmente ou integralmente os combustíveis fósseis (PICELI, 2021).

A potência e viabilidade de geração de energia proveniente das microalgas vêm sendo estudadas, devido a simplicidade de sua estrutura e sua capacidade fotossintetizante que facilita a obtenção de crédito de carbono (MONÇÃO, 2021). O crédito de carbono gerado pela microalga tem interessado centros de pesquisa, por ser uma alternativa aos combustíveis fósseis e matérias-primas não renováveis, bem como ajudar no controle do efeito estufa (MONÇÃO, 2021).

3 Metodologia

A metodologia aplicada para o levantamento de dados associados aos usos não-convencionais das microalgas consistiu na determinação de termos de busca e aplicação em bases de patentes e artigos, conforme apresentado de forma ilustrativa na Figura 1.

Os termos foram definidos ao se basear em uma análise quantitativa, traçando assim um perfil de palavras-chaves abrangentes e mais refinadas. Os termos mais abrangentes "*microalgae unconventional technologies*" e os mais restringidos "*Chlorella vulgaris unconventional technologies*" foram aplicados em bases de busca com acesso gratuito. Além disso, nos resultados obtidos foram aplicados filtros, como por exemplo a revisão por pares, a fim de efetuar a exclusão dos mais repetidos.

As bases de busca definidas para a busca de patentes foram a *European Patent Office (Espacenet)* e *World Intellectual Property Organization (WIPO)*. Enquanto que os artigos e teses foram pesquisados nas bases vinculadas ao portal Periódicos Capes.

Assim sendo, os resultados obtidos através da patentometria e bibliometria compreenderam o período de 2012 a 2020.

Figura 1 – Fluxograma do método de pesquisa utilizado para selecionar as patentes e artigos a serem analisados de forma quantitativa.



Fonte:

Autoria própria, (2021)

4 Resultados

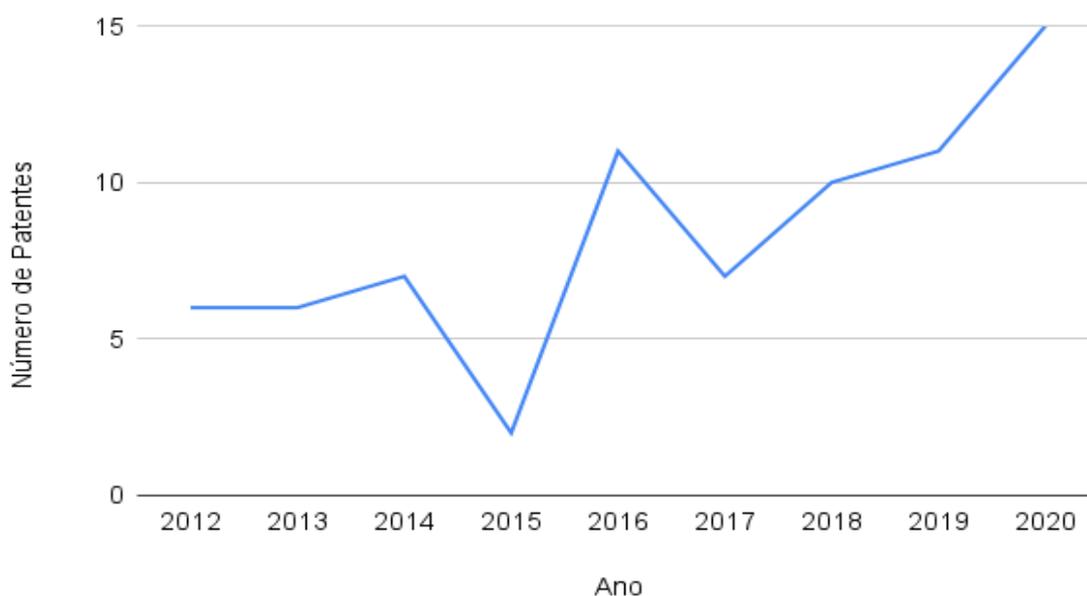
4.1 Patentometria, uma análise quantitativa

4.1.1 *WIPO*

A partir da pesquisa na base *WIPO* foram obtidas 81 publicações sobre tecnologia não convencional de microalgas. Os resultados foram filtrados pelo ano de publicação, de 2012 a 2020, resultando em 78 publicações relacionadas com o tema. A análise das patentes envolve a interação com o tema em um período de tempo, conforme apresentado na Figura 2.

O maior crescimento anual de patentes foi em 2016, atingindo um máximo de 450% na Figura 2. Visto que em 2020 houve o maior número de patentes publicadas no período considerado. Uma das possíveis hipóteses pode estar relacionada a necessidade de combate ao novo coronavírus, sabendo que as microalgas são fontes promissoras para aplicações na área de saúde.

Figura 2 - Distribuição anual de patentes publicadas na plataforma *WIPO* sobre tecnologias não convencionais de microalgas.

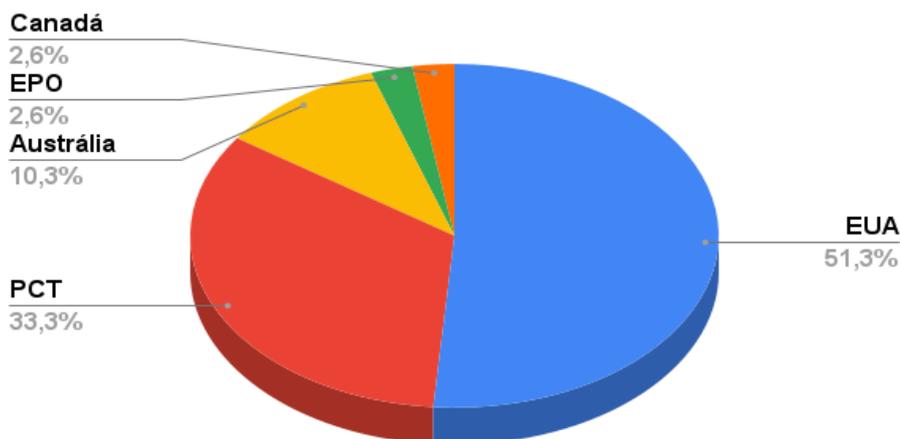


Fonte: Autoria própria, (2021)

Entre as diversas aplicações, destacam-se as utilizadas em estudos de tratamento de efluentes e bio-sorção de metais tóxicos (MUJTABA et al, 2017; FLORES - CHAPARRO et al, 2017), ração animal (MOHD et al, 2017) e produção de biocombustíveis (VASSILEV e VASSILEVA, 2016).

As microalgas têm sido foco de inúmeras investigações biotecnológicas devido a sua importância econômica, nutricional e ecológica (RIZMAN et al., 2018). A utilização de microalgas na alimentação humana, animal e como aditivo movimentou mais de 10 bilhões de dólares por ano (EMBRAPA, 2016). Historicamente, as principais empresas processadoras mundiais de biomassa de microalgas têm origem principalmente nos Estados Unidos (EUA), na União Europeia (UE) e no Japão.

Figura 3. Distribuição por países de patentes publicadas na plataforma *WIPO* sobre tecnologias não convencionais de microalgas.



Fonte: Autoria própria, (2021)

Os Estados Unidos, conforme a Figura 3, permanecem entre os países que mais contribuem para a inovação no mundo em todas as dimensões relacionadas a insumos e produtos de inovação absolutos e não escalonados, inclusive em termos de investimentos em P & D e de pedidos de patentes. Ademais, países que investiam em P & D como Canadá, Alemanha e França, notaram uma queda acentuada no crescimento de investimentos em 2016 (WIPO, 2018).

Com relação aos requerentes, as empresas possuem quase 70% das solicitações de patentes no banco da *WIPO* (Figura 4). Isso pode estar relacionado ao fato que os maiores avanços foram registrados nas empresas globais de P & D, nas suas importações de alta tecnologia, na qualidade das suas publicações. Contudo, o crescimento ano a ano dos investimentos é, na maioria dos casos, menos intenso. As empresas receiam que a crescente perspectiva de nacionalismo econômico logo terá um impacto negativo sustentado nos gastos com inovação (Strategy&. 2017. '2017 Global Innovation 1000).

Figura 4 - Distribuição de publicações por requerentes na plataforma *WIPO* sobre tecnologias não convencionais de microalgas.



Fonte: Autoria própria, (2021)

4.1.2 Espacenet

Uma segunda análise foi feita, mas dessa vez no banco de dados *Espacenet*, foram localizadas 61 patentes entre os anos de 2012 a 2020, patentes essas, que possuem relação com o uso não convencional da microalga.

Na Figura 5, é possível verificar o fluxo de publicações por ano, onde seus maiores índices foram nos anos de 2019 com 15 patentes e em 2020 com 12, em contrapartida, o ano de 2012 obteve o menor índice de publicações, com apenas 5 patentes. Uma possível explicação para tal disparidade, seria até então, a falta de conhecimento nas propriedades desse organismo, pois nos primeiros anos o foco ficou apenas nos estudos de manipulação genética e nas propriedades ativas para o biodiesel.

Tendo isso em vista as várias potencialidades das microalgas, Estados Unidos e China têm buscado aplicações desses organismos na área alimentar, novos métodos de tratamento de água ou até mesmo como promotores sintéticos, compostos que podem ser manipulados geneticamente e utilizados para substituir a ausência em algum meio, para usos não convencionais.

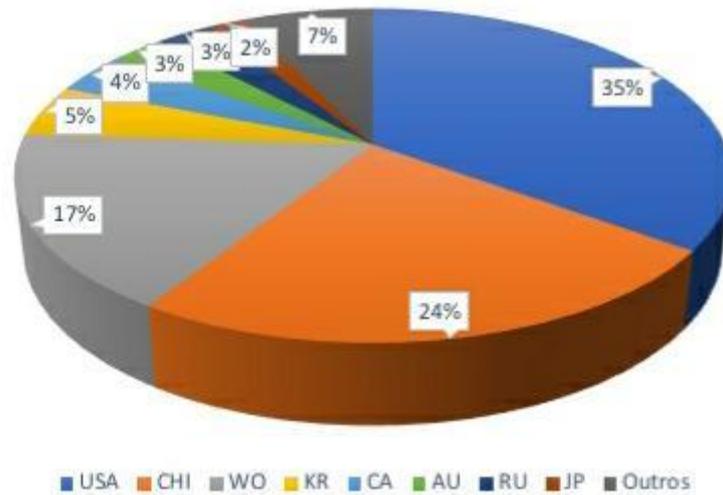
Figura 5 - Distribuição anual de patentes na plataforma *Espacenet* sobre tecnologias não convencionais de microalgas.



Fonte: Autoria própria, (2021)

A Figura 6 mostra a representatividade de cada país perante as patentes publicadas na *Espacenet*. Os Estados Unidos seguem na liderança com 34,7% das patentes, uma representatividade um pouco abaixo comparando com o banco de dados WIPO, mas em ambas as plataformas continua com o maior índice. Porém, a China que aparece com um total de 24% das publicações se destaca no segundo lugar na plataforma pesquisada, no entanto, não possui nenhuma representação no banco da WIPO.

Figura 6 - Distribuição de publicações obtidas por países na plataforma *Espacenet* sobre tecnologia não convencionais das microalgas publicadas.



Fonte: Autoria própria, (2021)

De acordo com a Figura 7, o maior fluxo de publicações na plataforma *Espacenet* é proveniente de pessoa física, tendo uma porcentagem acima dos 50% (55,44%). Em seguida, empresas com grande representatividade no mercado tecnológico e financeiro (30,99%) e em último lugar instituições de ensino com um grande peso no ramo da educação como a Harvard College (13,66%). Contudo, nessa análise, pessoas físicas que possuem correlação com empresas ou instituições foram classificados apenas como pessoas físicas.

Figura 7 - Distribuição de publicações por requerentes na plataforma *Espacenet* sobre tecnologias não convencionais de microalgas.



Fonte: Autoria própria, (2021)

4.2 Bibliometria, uma análise quantitativa

Ao utilizar os termos de busca previamente selecionados para traçar um panorama geral e específico sobre a temática nos últimos anos, foi possível construir uma análise quantitativa dos dados dispostos na base do Periódicos Capes. O objetivo foi concentrado, inicialmente, em obter um resultado amplo para que a noção da produção científica pudesse ser norteada, encontrando assim 165 resultados em um período de oito anos, conforme apresentado no Quadro 1.

Ao usar o refinamento de dados para uma análise mais restrita, a base de busca retornou 12 resultados relacionados com o tema abordado. Visto que esses resultados foram revisados em pares e restringidos ao ano de 2020. A escolha do presente ano foi proposital, a fim de se obter um panorama sobre o investimento em pesquisas em meio ao ápice do vírus SARS-COV-2.

Quadro 1 - Disponibilidade de artigos e teses na plataforma Periódicos Capes, utilizando termos amplos e específicos.

Palavra chave	Período de busca	Resultados
Microalgae Unconventional Technologies	2012 a 2020	157
<i>Chlorella vulgaris</i> Unconventional Technologies	2020 a 2020	12

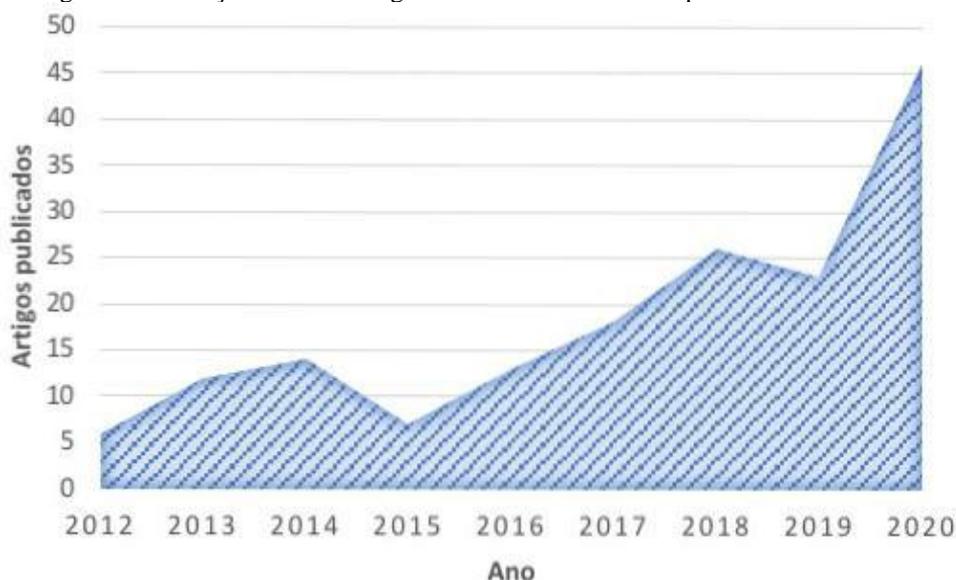
Fonte: Autoria própria, (2021)

4.2.1 Publicações de artigos e teses

Ao fazer uso da palavra-chave “*microalgae unconventional technologies*” para uma perspectiva ampliada da produção científica é observado um grande interesse pela descoberta e aplicação de novos recursos da microalga e de seus compostos bioativos. A análise dos artigos e teses apresenta uma taxa média de crescimento de aproximadamente 5%, o que comprova o interesse no tema em um período curto de tempo. Durante o período de 2012 a 2020 é notório o aumento no volume de publicações, conforme demonstrado na Figura 8.

O maior armazenamento de documentos é referente ao ano de 2020, superando 2019 que registrou uma pequena queda. A necessidade de novos recursos, aliados com a procura de compostos com aplicações farmacêuticas que pudessem ser utilizados para o combate ou alívio de sintomas da SARS-COV-2 podem ser a motivação para o referido aumento.

Figura 8 - Evolução anual de artigos e teses relacionados na plataforma Periódicos Capes.



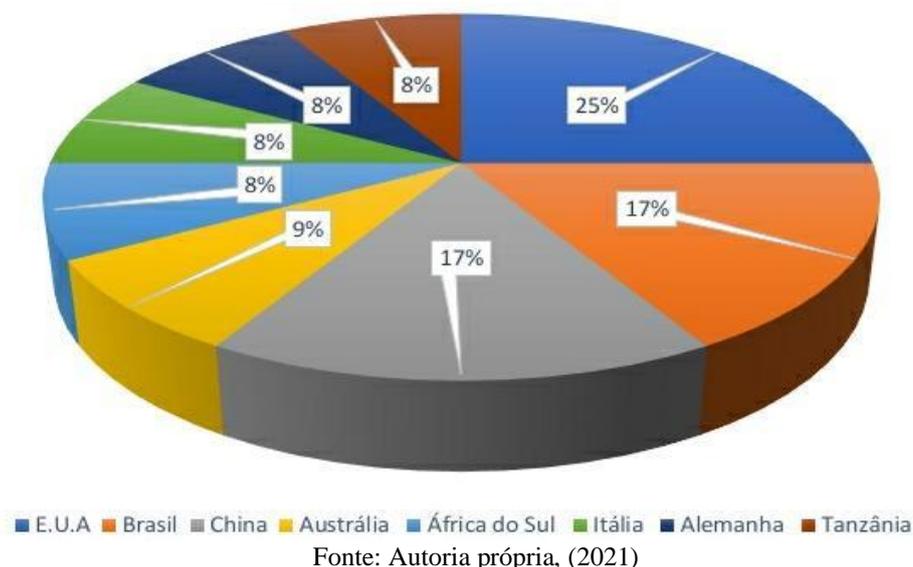
Fonte: Autoria própria, (2021)

4.2.2 Disposição de artigos e teses por países

Ao fazer uso da palavra-chave “*Chlorella vulgaris unconventional technologies*” para uma perspectiva mais aprofundada da produção científica são observados os índices de distribuição por países. Na Figura 9, os Estados Unidos ocupam o primeiro lugar, sendo responsável por 25% das publicações dos artigos e teses referentes ao tema pesquisado. No segundo lugar estão o Brasil com

17% de participação nos artigos presentes no Periódicos Capes, e a China. Além disso, é possível analisar que há uma diferença de 8% entre a quantidade de estudos realizados nos EUA em comparação ao Brasil e a China. Ainda há um grupo minoritário, contendo países como a África do Sul, Itália, Alemanha, Tanzânia e Austrália com uma faixa de 8 a 9% de participação nas publicações disponibilizadas na plataforma de busca.

Figura 9 - Disposição de artigos e teses por países utilizando termos de busca mais restritos na plataforma Periódicos Capes.



5 Conclusão

O maior pico de publicações de patentes em bases de busca é no ano de 2019, sendo possível dimensionar as novas aplicações das microalgas e suas propriedades. Na *WIPO* e *Espacenet* é constatado que os Estados Unidos, uma das maiores potências mundiais, possui a maior porcentagem de depósitos. Essa predominância é devido ao potencial tecnológico e econômico que o país possui.

A plataforma Periódicos Capes é a mais abrangente em termos de quantidades de artigos disponibilizados em seu banco de dados. A plataforma apresentou 165 documentos no período de 2012 a 2020 para a área de estudo. Ademais, é notório que, pelo volume de publicações de artigos e teses nesse período de tempo, há uma taxa média de crescimento de aproximadamente 5% no depósito de tais documentos.

O Periódicos Capes apresenta documentos de diversos países, sendo assim explicado sua representatividade. Dentre os países em destaques, os EUA é o que mais produziu com 25% dos resultados. Além disso, o Brasil possui a segunda colocação com 17% dos artigos disponibilizados, ou seja, uma diferença de 8% em relação aos EUA.

Assim, as análises realizadas nesse estudo comprovam o crescimento e as possibilidades de aplicação das tecnologias não-convencionais das microalgas, destacando descobertas de bioprodutos no âmbito comercial seja para a geração de energia, tratamento de efluentes ou como produtos para o uso em cosméticos. Com o enfoque maior para o tratamento de efluentes, empresas como a ECCLLO® investem em um método natural e sustentável para esse processo, através de jardins horizontais e verticais. Uma alternativa de estudo e aplicação seria utilizar as microalgas e suas propriedades para agregar esse processo e torná-lo mais renovável, visando ao máximo os benefícios creditados no ecossistema.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Sergipe, a Fapitec, ao Programa Pibic e ao Departamento de Engenharia Química pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- AGROENERGIA, EMBRAPA. Agroenergia em revista: microalgas. Embrapa Agroenergia-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E), 2016. Disponível em: [Agroenergia-Revista-microalgas-ed10-red.pdf](http://www.embrapa.br/infoteca/doc/Agroenergia-Revista-microalgas-ed10-red.pdf) (embrapa.br). Acessado em: 03 de julho de 2021.
- ALGAE. Microalgas e Reuso da Água. Disponível em: <http://www.algae.com.br/site/pt/produtos-e-servicos/tratamento-de-efluentes/>. Acessado em: 04 de julho de 2021.
- ALLONDA. O que são efluentes industriais e como tratá-los?. Disponível em: <https://allonda.com/blog/gestao-de-residuo/o-que-sao-efluentes-industriais-e-como-trata-los/>. Acessado em: 04 de julho de 2021.
- BACHEMA. Análise de Efluentes Industriais. Disponível em: [https://bachema.com.br/analises-ambientais/analise-efluentes-industriais/#:~:text=Segundo%20a%20norma%20brasileira%20da,comprovadamente%20apresente m%20polui%C3%A7%C3%A3o%20por%20produtos](https://bachema.com.br/analises-ambientais/analise-efluentes-industriais/#:~:text=Segundo%20a%20norma%20brasileira%20da,comprovadamente%20apresente m%20polui%C3%A7%C3%A3o%20por%20produtos.). Acessado em: 04 de julho de 2021.
- BICUDO L. Mercado de algas, sustentável para alimentos e cosméticos, será de US \$45 bilhões. Disponível em: <https://www.startse.com/noticia/startups/mercado-de-algas-sustentavel-para-alimentos-e-cosmeticos-sera-de-us-45-bilhoes>. Acessado em: 23 de fevereiro de 2021.
- BRASIL, B.; GARCIA, C. Microalgas: alternativas promissoras para a indústria. *Agroenergia em Revista–Microalgas*, v. 10, p. 6-11, 2016.
- CANAL BIOENERGIA. Microalgas que geram biocombustíveis. Disponível em: <https://www.canalbioenergia.com.br/pesquisa-encontra-microalgas-que-crescem-em-residuos-e-geram-biocombustiveis/>. Acessado em: 30 de junho de 2021.
- COLONESE, N. O que são efluentes e por que é essencial tratá-los?. Disponível em: [https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/efluentes-o-que-sao-como-tratar/#:~:text=Efluente%20industrial%20%C3%A9%20todo%20o,ind%C3%BAstria%20e%2C%20posteriormente%2C%20descartada](https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/efluentes-o-que-sao-como-tratar/#:~:text=Efluente%20industrial%20%C3%A9%20todo%20o,ind%C3%BAstria%20e%2C%20posteriormente%2C%20descartada.). Acessado em: 04 de julho de 2021.
- DERNER R; OZÓRIO R. Aplicações Biotecnológicas das Microalgas. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/aplicacoes-biotecnologicas-das-microalgas/>. Acessado em: 26 de fevereiro de 2021.
- FLORES-CHAPARRO, et al. Biosorption removal of benzene and toluene by three dried macroalgae at different ionic strength and temperatures: Algae biochemical composition and kinetics. *Journal of Environmental Management*, v. 193, p. 126–135, 2017. Disponível em: [Biosorption removal of benzene and toluene by three dried macroalgae at different ionic strength and temperatures: Algae biochemical composition and kinetics - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617311111). Acessado em: 03 de julho de 2021.
- KASVI. Microalgas: um potencial biotecnológico. Disponível em: <https://kasvi.com.br/microalgas-um-potencial-biotecnologico/>. Acessado em: 23 de fevereiro de 2021.
- MOHD UDAIYAPPAN, A. F., HASAN, H. A., TAKRIFF, M. S., ABDULLAH, S. A review of the potentials, challenges and current status of microalgae biomass applications in industrial wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering.*, v. 20, p. 8-21., 2017. Disponível em: [A review of the potentials, challenges and current status of microalgae biomass applications in industrial wastewater treatment | Request PDF \(researchgate.net\)](https://www.researchgate.net/publication/317111111) Acessado em: 03 de julho de 2021.

MONÇÃO, M. O Futuro Verde: Microalgas e Biotecnologia. Disponível em: <http://www.microbiologia.ufrj.br/portal/index.php/pt/destaques/novidades-sobre-a-micro/364-o-futuro-verde-microalgas-e-biotecnologia#:~:text=Microalgas%20possuem%20diversas%20aplica%C3%A7%C3%B5es%20na,que%20grande%20parte%20dos%20organismos>. Acessado em: 04 de julho de 2021.

MUJTABA, G.; LEE, K. Treatment of real wastewater using co-culture of immobilized *Chlorella vulgaris* and suspended activated sludge. *Water Research*, v. 120, p. 174-184, 2017. Disponível em: [Treatment of real wastewater using co-culture of immobilized *Chlorella vulgaris* and suspended activated sludge | Request PDF \(researchgate.net\)](#) Acessado em: 03 de julho de 2021.

OCEAN DROP. Microalgas é de comer? Saiba mais sobre os superalimentos!. Disponível em: <https://my.oceandrop.com.br/microalgas/>. Acessado em: 30 de junho de 2021.

RIZWAN, M., MUJTABA, G., MEMON, S. A., LEE, K., RASHID, N. Exploring the potencial of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, v. 92, pp. 394-404., 2018. Disponível em: [\(PDF\) Exploring the potencial of microalgae for new biotechnology applications and beyond: A review \(researchgate.net\)](#) Acessado em: 03 de julho de 2021.

SIMÕES, Mirela Assunção et al. Algas cultiváveis e sua aplicação biotecnológica. 2016. *E-book*. UFBA. Microalgas devem estar entre fontes futuras de energia limpa. Disponível em: https://www.ufba.br/ufba_em_pauta/microalgas-devem-estar-entre-fontes-futuras-de-energia-limpa. Acessado em: 04 de julho de 2021.

VASSILEV, S. V; VASSILEVA, C. G. Composition, properties and challenges of algae biomass for biofuel application: An overview. *Fuel*, v. 181, p. 1–33, 2016. Disponível em: [Composition, properties and challenges of algae biomass for biofuel application: An overview | Request PDF \(researchgate.net\)](#) Acessado em: 03 de julho de 2021.