



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

USO DE MICROALGAS COMO BIOFILME EM PAINÉIS BIOFOTOVOLTAICOS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

USE OF MICROALGAE AS A BIOFILM FOR BIO PHOTOVOLTAIC PANELS: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Caroline Tedesco Santos Passos^{1*}, Luisa Alves Leite², Vanielle Aparecida do Patrocínio Gomes³, & Rodrigo Randow de Freitas⁴

^{1 2 3} Mestranda em Energia - UFES no Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus.

⁴ Departamento de Engenharias e Tecnologias do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo, Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus.

^{1*} tedescocarol@hotmail.com ² luisa_leite16@hotmail.com ³ vaniellea.gomes@hotmail.com ⁴ rodrigo.r.freitas@ufes.br

ARTIGO INFO.

Recebido em: 24.04.2020

Aprovado em: 07.06.2020

Disponibilizado em: 23.06.2020

PALAVRAS-CHAVE:

Energia; biofotovoltaica; microalga; bibliometria.

KEYWORDS:

Energy; biophotovoltaic; microalgae; bibliometric.

*Autor Correspondente: Gomes, V. A. do P.

RESUMO

Fontes tradicionais de energia começam a dar espaço para fontes renováveis e com menor emissão de gases de efeito estufa. Entre elas inclui-se a energia solar, que não apresenta um melhor custo-benefício, mesmo com o preço dos painéis solares diminuindo nitidamente, sendo considerada cara em relação a outras fontes renováveis. Por isso, pesquisas se intensificam na busca por reduzir esses custos produtivos, como uma nova geração de células solares, a partir de dispositivos fotovoltaicos biológicos - BPV. Assim, esse estudo traz uma análise bibliométrica, com objetivo de reunir dados existentes na literatura sobre o tema. Como resultado, observa-se que é um tema realmente atual e promissor e os estudos sobre os painéis biofotovoltaicos estão concentrados na Inglaterra e Malásia, sendo que pesquisadores desses países possuem trabalhos em

conjunto, ou seja, o grupo de pesquisa é restrito e abrange apenas pesquisadores do mesmo círculo de pesquisa.

ABSTRACT

Traditional energy sources are beginning to make room for renewable sources with less greenhouse gas emissions. These include solar energy, which does not have a better cost-benefit ratio, even with the price of solar panels falling sharply, being considered expensive in relation to other renewable sources. For this reason, research intensifies in the search to reduce these productive costs, such as a new generation of solar cells, using biological photovoltaic devices - BPV. Thus, this study brings a bibliometric analysis, with the objective of gathering existing data in the literature on the subject. As a result, it is observed that it is a really current and promising topic and studies on biophotovoltaic panels are concentrated in England and Malaysia, with researchers from these countries working together, that is, the research group is restricted and covers only researchers from the same research circle.



INTRODUÇÃO

O crescimento econômico de um país é diretamente proporcional ao consumo de energia elétrica, devido ao fato de que quanto maior o poder aquisitivo da população, maior a rotatividade dos aparelhos eletroeletrônicos, o que gera o aumento na demanda por eletricidade (Holanda, & Ramos, 2011). Assim, o desenvolvimento econômico, social e estratégico está atrelado ao adequado e seguro fornecimento de energia para a sua viabilidade, e este é o desafio para todas as nações.

O Brasil, diferente do cenário global, utiliza de várias fontes de geração renovável em sua matriz energética (Ferreira, & Patah, 2017). A produção da energia elétrica brasileira é, historicamente, em sua predominância, oriunda de hidrelétricas, devido à abundância de recursos hídricos e às características topográficas do país (Lopes, et al., 2016).

Com isso, as fontes tradicionais de energia estão sendo substituídas, dando espaço para fontes renováveis (Holanda, et al., 2011), como a energia solar. A utilização da energia solar como fonte de energia elétrica iniciou nos Estados Unidos da América em 1959. Dessa data até hoje, o preço dos painéis solares reduziu mais de 1000%, ainda assim eles permanecem caros em relação a outras fontes renováveis (Marques, Krauter, & Lima, 2009). A inserção destes no mercado em grande escala é dependente da redução dos custos de produção, pois não se enxergam outros obstáculos para disseminação do uso de células solares como fonte de energia elétrica (Marques, Krauter, & Lima, 2009).

Assim, iniciou-se estudos sobre placas alternativas que buscassem reduzir custos de produção. Por exemplo sobre uma nova geração de células solares chamada de dispositivos fotovoltaicos biológicos (BPV). Esses dispositivos produzem eletricidade a partir da retirada de luz solar por organismos fotossintéticos (Ng, et al., 2014). Nessas células, elétrons são extraídos da água pelo mecanismo fotossintético e são transportados através de membranas celulares externas. Os elétrons podem ser colhidos através de um transportador de elétrons solúvel no meio aquoso, imerso em gel ou diretamente da superfície celular (Laohavisit, et al., 2015).

Corroborando, Saar, et al., (2018) que os painéis biofotovoltaicos, ou células solares biológicas, ou ainda, biocélulas solares têm surgido nos últimos anos como uma abordagem ecológica e de baixo custo, onde se coleta energia solar e a converte em corrente elétrica. Tais biocélulas utilizam as propriedades da fotossíntese de microrganismos (como as algas), para converter a luz em corrente elétrica.

Para fabricação de painéis biofotovoltaicos são usadas as algas e as microalgas, para a geração direta de energia elétrica e não apenas como biocombustível (Baumgart, 2018).

Com o exposto, o presente estudo teve como objetivo principal apresentar informações já publicadas sobre o tema e acompanhar a evolução científica e apresentar como estão as pesquisas sobre o tema abordado. Para isso, fez-se uma análise bibliométrica, que tem como objetivo congrega dados existentes na literatura, permitindo trata-los de forma a contribuir para a gestão da informação e do conhecimento.



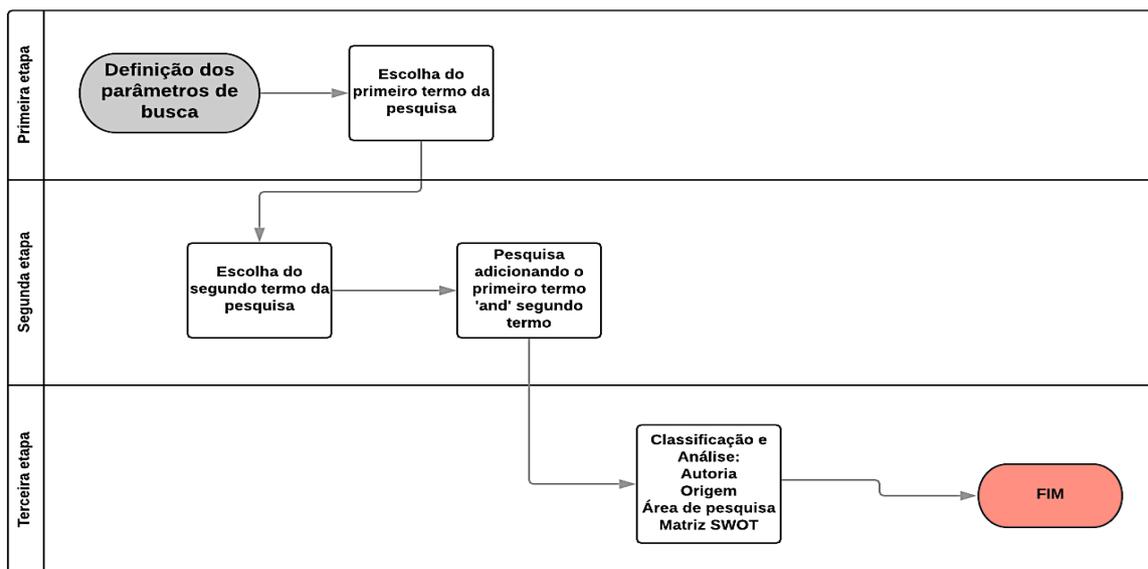
METODOLOGIA

Para a análise bibliométrica utilizou-se o banco de dados do *Web of Science*, realizando uma busca exploratória somente por artigos que se relacionassem com o termo “*biophotovoltaic*”, com período a partir do ano inicial de registro de trabalhos até o presente ano (2019). Dados relacionados quanto a ano das publicações, país de origem e número de citações foram obtidos por meio da ferramenta de análise da própria plataforma (Lacerda, Ensslin, & Ensslin, 2012).

Após a realização dessa primeira etapa, outro termo foi adicionado à pesquisa: “*microalgae*”, realizando-se a busca com ‘*and*’ agregado ao primeiro termo, ambas buscas por tópicos, onde procurou-se o resultado de manuscritos que continham esses termos no título, resumo e/ou palavras-chave (Margon, Pinotti, & Freitas, 2018). Importante mencionar que não foi realizada busca dos termos separados por ‘*or*’, pois possibilitaria a entrada de outras linhas de pesquisa, que não se identificariam com o presente estudo.

Todos os artigos encontrados depois da adição desse segundo termo foram lidos e seus resultados foram comparados, de maneira a gerar o portfólio de artigos sobre o tema, no caso, da utilização de microalgas em células biofotovoltaicas (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma metodológico



Fonte: Autores (2020)

Os dados extraídos na plataforma *Web of Science*, como país de origem dos artigos, ano de publicação e número de citações foram salvos em arquivo de planilha eletrônica, a fim de realizar análise e gerar resultados visuais para melhor entendimento, como gráficos e tabelas.

Utilizou-se a ferramenta *Word Cloud* para apresentar as áreas de estudo em que foram publicados os artigos selecionados até tal etapa na análise. Esta ferramenta converte um determinado conjunto de palavras em uma nuvem ou agregado de termos similares, em que cada palavra é dimensionada de acordo com o seu número de ocorrências, podendo ainda ser usado como uma ferramenta de análise de dados (Viégas, Wattenberg, & Feinberg, 2009).



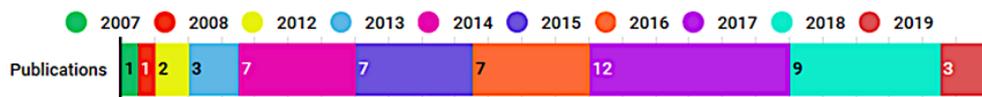
Citação APA: Passos, C. T. S., Leite, L. A., Gomes, V. A. do P., & Freitas, R. R. de (2020). Uso de microalgas como biofilme em painéis biofotovoltaicos: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 127-137

Por fim, elaborou-se uma análise SWOT (fatores internos - pontos fortes e fracos e fatores externos - oportunidades e ameaças), para que os resultados pudessem ser melhor alocados visualmente, de acordo com sua influência no processo e complementar as propostas decorrentes (Oliveira, 2007). Assim, os fatores da análise SWOT foram compilados e apresentados em uma matriz.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira pesquisa realizada na base de dados *Web of Science*, utilizando apenas termo "*biophotovoltaic*", resultou em 52 artigos, sendo que o primeiro artigo publicado sobre o tema foi em 2007 e as pesquisas tiveram ápice de publicações no ano de 2017 (Figura 2), que foi o ano em que ocorreu resultados de um novo projeto de biocélula utilizando algas. Este projeto gerou um resultado 5 vezes maior em eficiência do que os melhores modelos já apresentados usando algas ou plantas como biofilme, além do custo de fabricação ser potencialmente menor e estas serem mais práticas de serem utilizadas (Saar, et al., 2018)

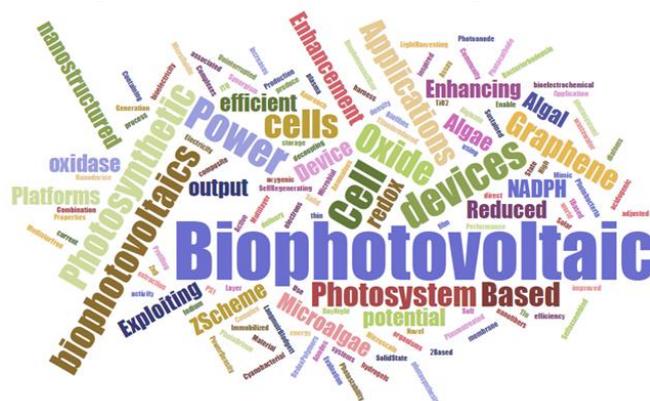
Figura 2. Publicações por ano usando o termo “*biophotovoltaic*”



Fonte: Autores (2020)

Ao verificar os títulos dos artigos resultantes, criou-se uma *Word Cloud* (Nuvem de Palavras) (Figura 3), a fim de verificar quais eram as palavras mais usadas nos títulos dos mesmos, de modo a concluir qual o caminho seguido pelos pesquisadores quando o tema era geração de energia biofotovoltaica.

Figura 3. *Word Cloud* das palavras mais usadas dos artigos com o termo ‘*biophotovoltaic*’



Fonte: Autores (2020)

Sendo que, foram lidos os resumos dos artigos com a palavra ‘*biophotovoltaic*’ no título, que foi a palavra mais destacada na nuvem. Não obstante, a palavra buscada na pesquisa, os tópicos mais discutidos foram a eficiência das células biofotovoltaicas, uso de proteínas nas células, o meio o qual os elétrons serão colhidos.

Sobre a conversão de energia dos dispositivos biofotovoltaicos, tem-se que sua eficiência diminui ao longo do tempo, quando os complexos PSI se desprendem dos eletrodos.



Citação APA: Passos, C. T. S., Leite, L. A., Gomes, V. A. do P., & Freitas, R. R. de (2020). Uso de microalgas como biofilme em painéis biofotovoltaicos: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 127-137

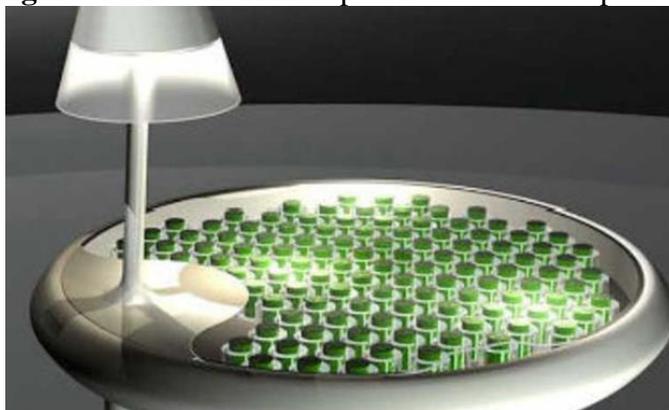
Fotossistema ou PSI é um complexo de proteínas com múltiplas moléculas de pigmentos. No entanto, ao circular uma solução de complexos PSI ativos, os dispositivos se autorregeneram. Assim, os dispositivos fotovoltaicos que compreendem PSI podem ter a capacidade de regeneração, uma das funções mais importantes dos organismos fotossintéticos (Qiu, et al., 2018).

No que se diz respeito à exploração de fontes de energia renováveis para fornecer soluções para a redução na emissão de CO₂, a qual constitui um desafio mundial ~~na era~~ atual, porque as fontes convencionais de combustível, além de poluentes, são de origem finita. As algas estão sendo usadas no desenvolvimento de plataformas biofotovoltaicas (BPV) que são usadas para colher energia solar para geração de bioeletricidade. Algas possuem crescimento rápido e têm um alto potencial para converter CO₂ da atmosfera em biomassa e outros produtos valiosos (Ng, et al., 2018).

Apesar das células convencionais de silício serem mais eficientes do que as biocélulas feitas de algas, em termos de transformação em energia elétrica, elas crescem e se dividem naturalmente e como os sistemas que se baseiam nelas exigem menos investimentos, são mais indicados para operar de forma descentralizada (Ng, et al., 2014).

Embora o maior número de publicações tenha ocorrido no ano de 2017, em 2011 aconteceu um festival denominado *London Design*, na Inglaterra. Nele foi divulgada uma mesa que utilizava algas e musgos para produção de energia. A descoberta, feita por cientistas da Universidade de Cambridge, e, aliada à participação de designers, possibilitou a criação da mesa (Figura 4).

Figura 4. Mesa iluminada pela fotossíntese de plantas



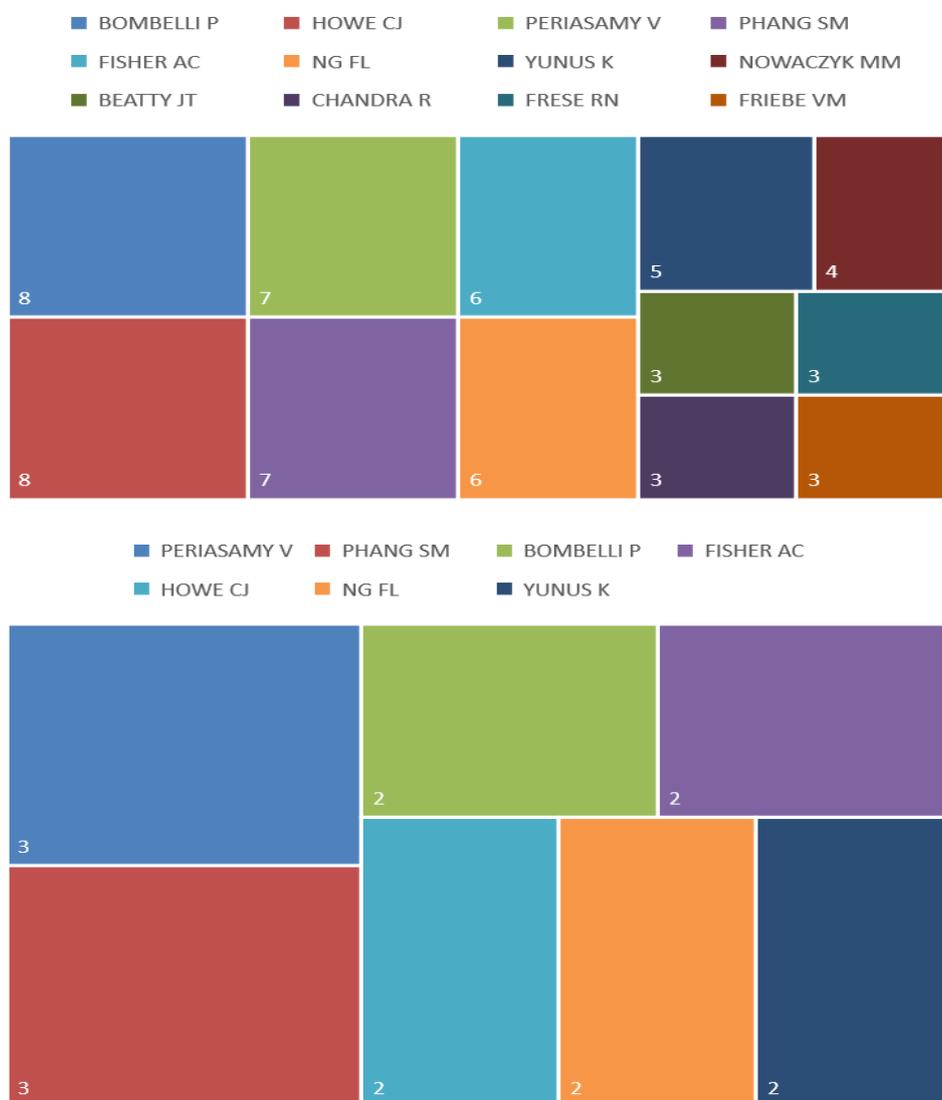
Fonte: McCormick, et. al., (2011)

Assim, as pesquisas sobre o tema evoluíram desde então e pesquisadores da Universidade de Cambridge, cita-se Christopher Howe e Paolo Bombelli, e da Universidade da Malásia, Vengadesh Periasamy, Siew-Moi Phang e Fong-Lee Ng, junto com outros cientistas de Cambridge, Kamran Yunus e Adrian Fisher, começaram a se empenhar em pesquisar também sobre células biofotovoltaicas que pudessem utilizar as microalgas como biofilme.

Isso pôde ser observado adicionando o termo “*microalgae*” nos tópicos da pesquisa no *Web of Science* e confrontando o número de publicações por autor. Na Figura 5a pode-se ver o número de publicações por autor utilizando apenas o primeiro termo e na Figura 5b, o número de publicações por autor com os dois termos na pesquisa.



Figura 5a. Número de publicações por autor termo “*biophotovoltaic*”. **5b.** Número de publicações por autor termo “*biophotovoltaic*” e “*microalgae*”



Fonte: Autores (2020)

Ao adicionar o termo “*microalgae*” à pesquisa na plataforma *Web of Science* foi gerado um resultado de 7 artigos (Tabela 1), os quais 6 estão disponíveis para download, sendo que o artigo dos autores Nathan Samsonoff e David Sinton só pode ser acessado através da compra do mesmo. Com isso ocasionou que esse artigo, de 2014, não foi citado nenhuma vez até a presente data da pesquisa e os autores não tiveram relevância na análise do número de publicações por autor, por isso foi descartado.



Citação APA: Passos, C. T. S., Leite, L. A., Gomes, V. A. do P., & Freitas, R. R. de (2020). Uso de microalgas como biofilme em painéis biofotovoltaicos: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 127-137

Tabela1. Publicações com os termos "*biophotovoltaic*" e "*microalgae*"

Título	Autores	Ano	Total de citações
<i>Evaluation of algal biofilms on indium tin oxide (ito) for use in biophotovoltaic platforms based on photosynthetic performance</i>	Ng, Fong-Lee; Phang, Siew-Moi; Periasamy, Vengadesh; Yunus, Kamran; Fisher, Adrian C.	2014	20
<i>Electricity generation from digitally printed cyanobacteria</i>	Sawa, Marin; Fantuzzi, Andrea; Bombelli, Paolo; Howe, Christopher J.; Hellgardt, Klaus; Nixon, J. Peter	2017	9
<i>Photosynthetic synergism is sustained power production with microalgae and photobacteria in a cell biophotovoltaic</i>	Chandra, Rashmi; Sravan, J. Shanthi; Hemalatha, Manupati; Butti, Sai Kishore; Mohan, S. Venkata	2017	7
<i>Enhancement of power output by using alginate immobilized algae in biophotovoltaic devices</i>	Ng, Fong-Lee; Phang, Siew-Moi; Periasamy, Vengadesh; Yunus, Kamran; Fisher, Adrian C.	2017	4
<i>Enhancing the plasma membrane NADPH oxidase activity Increases in current output by diatoms devices biophotovoltaic</i>	Laohavisit, Anuphon; Anderson, Alexander; Bombelli, Paolo; Jacobs, Matthew; Howe, Christopher J.; Davies, Julia M.; Smith, G. Alison	2015	4
<i>Titania / reduced graphene oxide composite nanofibers for the direct extraction of electrons from photosynthetic microalgae for biophotovoltaic cell applications</i>	Senthilkumar, N.; Sheet Sunirmal; Sathishkumar, Y.; Lee, Yang Soo; Phang, Siew-Moi; Periasamy, Vengadesh; Kumar, G. Gnana	2018	0
<i>Optofluidics for energy: fuel and electricity from plasmonically-excited photosynthetic bacteria</i>	Samsonoff Nathan; Sinton, David	2014	0

Fonte: Autores

Dentre os artigos que discorrem sobre os painéis biofotovoltaicos, verifica-se que estes estão concentrados na Inglaterra e na Malásia e os cientistas desses dois países possuem trabalhos juntos. De acordo com o resultado apresentado, ao analisar os 7 artigos constatou-se que cada um apresentou uma maneira diferente de abordar o tema pesquisado na base de dados. Por exemplo, Ng, et al., (2014), afirmaram que na reação de fotossíntese, uma quantidade pequena da energia solar, que é absorvida pelas plantas, é transformada em energia química, enquanto o restante é dissipado como calor e fluorescência. Os autores mencionaram também que a energia em forma de fluorescência pode ser colhida através de plataformas biofotovoltaicas para gerar energia elétrica. Mostrando por fim que as algas têm potencial para uso em células biofotovoltaicas devido ao seu alto desempenho fotossintético e geração de energia elétrica.

Os pesquisadores Sawa, et al., (2017), por outro lado, estudaram sobre células biofotovoltaicas microbianas, que exploram a capacidade de produção de energia por meio de cianobactérias e microalgas, usando água como meio de elétrons. Tal sistema tem uma clara vantagem sobre as células mais convencionais que exigem a entrada de carbono orgânico para o crescimento microbiano. Demonstraram assim a viabilidade de usar uma impressora jato de tinta simples para fabricar um filme fino em papel, constituída por uma camada de células de cianobactérias



Citação APA: Passos, C. T. S., Leite, L. A., Gomes, V. A. do P., & Freitas, R. R. de (2020). Uso de microalgas como biofilme em painéis biofotovoltaicos: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 127-137

foram consideradas comuns ao foco da pesquisa. Foi verificado que a palavra cianobactérias apareceu diversas vezes e ela não estava entre as palavras-chave da pesquisa.

As cianobactérias fazem parte do único grupo filogenético de bactérias que podem produzir oxigênio na sua fotossíntese, utilizando H₂O como doador de elétrons. Esses organismos existem desde a formação do planeta Terra e tiveram um papel importante na formação de uma atmosfera rica em oxigênio (Govindjee, & Shevela, 2011).

Saliente-se, entretanto, a utilização de micro-organismos tem demonstrado um potencial elevado na geração de energia renovável. As cianobactérias, por sua vez, apresentam uma capacidade de realização de fotossíntese para converter até 10% da energia solar em biomassa, em contrapartida, as culturas energéticas convencionais apresentam capacidade de até 1% apenas, sendo elas o milho e a cana-de-açúcar, ou as algas que apresentam uma conversão de 5% (Parmar, et al., 2011).

Visto isso, foi possível identificar pontos positivos e negativos da utilização de microalgas nas células biofotovoltaicas apresentada pelos estudos encontrados, através de uma análise SWOT. Na matriz elaborada (Tabela 2), as vantagens e desvantagens ao processo são listadas. Os fatores externos são divididos em oportunidades e ameaças, que são as tendências alinhadas ao processo que podem contribuir ou prejudicar o seu uso.

Tabela 2. Matriz SWOT

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none">- Sequestro de CO₂;- Produção eficiente de energia elétrica;- Custos muito inferiores comparados aos painéis de silício.- As microalgas produzidas podem também gerar biocombustível	<ul style="list-style-type: none">- Difícil definição de padrão para um modelo ótimo de dispositivo;- Vida útil curta das microalgas.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none">- Fonte renovável;- Matéria-prima abundante e barata;- Tratamento de águas residuais;- A produção de microalgas não compete com nenhum setor, como, por exemplo, o setor alimentício.	<ul style="list-style-type: none">- O uso de enzimas e outros elementos em alguns modelos podem encarecer o processo;- Entraves na produção em larga escala;- Algumas variáveis que influenciam o processo ainda são desconhecidas.

Fonte: Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise de número de publicações por autor, foi possível verificar que Christopher Howe, Paolo Bombelli, Kamran Yunus & Adrian Fishery, da Universidade de Cambridge e Vengadesh Periasamy, Siew-Moi Phang & Fong-Lee Ng, da Universidade da Malásia, correspondem aos pesquisadores de maior impacto nos estudos sobre células biofotovoltaicas utilizando microalga no biofilme. São esses 7 cientistas que incrementaram a discussão sobre a temática do uso das microalgas como biofilme para células biofotovoltaicas. Esse é um campo de pesquisa atual, pois, apesar de ter sua primeira publicação em 2007, o tema só começou a se destacar a partir de 2012.



Citação APA: Passos, C. T. S., Leite, L. A., Gomes, V. A. do P., & Freitas, R. R. de (2020). Uso de microalgas como biofilme em painéis biofotovoltaicos: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 127-137

Os estudos sobre os painéis biofotovoltaicos estão concentrados na Inglaterra e na Malásia e os cientistas desses dois países possuem trabalhos juntos, ou seja, o grupo de pesquisa é restrito e abrange pesquisadores do mesmo círculo de pesquisa.

Também, o modelo do dispositivo biofotovoltaico, no que diz respeito ao meio a ser utilizado, a matéria prima do anodo e catodo e do biofilme, ainda pode ser considerado um tema controverso entre os pesquisadores, pois vários modelos já foram criados e testados, mas nenhum foi consolidado ainda. Contudo, os estudos possuem mais vantagens do que desvantagens e estão em uma tendência positiva de pesquisa, sendo que um maior número pesquisadores, em diferentes países, precisam se engajar quanto ao tema.

A partir da análise bibliométrica, constatou-se os diversos pontos positivos na utilização dos painéis biofotovoltaicos para a geração de energia, como a produção eficiente de energia elétrica, os custos inferiores comparados aos painéis de silício, o fato de as microalgas produzidas poderem também gerar biocombustível. Além de ser uma fonte renovável, uma matéria-prima abundante e barata, e o fato de as a produção de microalgas não compete com nenhum setor específico. Dentre outras contribuições dos autores apresentados. Com isso, espera-se que mais obras sejam publicas a respeito deste tema que é considerado atual e relevante, e para estudos futuros espera-se a busca em outras bases de dados, a título de comparação com a base utilizada neste estudo.

REFERÊNCIAS

Baumgart, B. (2018). *Estudo do estado da arte da utilização de algas e microalgas para geração de energia biofotovoltaica*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis.

Chandra, R., Sravan, J. S., Hemalatha, M., Butti, S. K., & Mohan, S. V. (2017). Photosynthetic Synergism for Sustained Power Production with Microalgae and Photobacteria in the Biophotovoltaic Cell. *Energy & Fuels*, 31(7), 7635-7644. doi:10.1021/acs.energyfuels.7b00486

Ferreira, H. L., & Patah, L. A. (2017). Renewable energy: the roll of the auctions of energy in Brazil and the acting of the sources of biomass. *Magazine Management & Technology*, 17(2), 51-65. doi:10.20397/2177-6652/2017.v17i2.1147

Govindjee, S. D. (2011). *Adventures with cyanobacteria: A personal perspective*. *Frontiers in Plant Science*, 2: 28.

Holanda, L. R., Ramos, F. S., Medeiros, E. R. C., & Santos, J. D. (2011). *O cultivo de microalgas para a geração de eletricidade*. Congresso Nacional De Excelência em Gestão, 2011, Rio de Janeiro - RJ. Anais... Rio de Janeiro: CNEG.

Holanda, L. R., & Ramos, F. S. (2011). Análise da viabilidade econômica da energia elétrica gerada através das microalgas. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*, 6, 327-346.

Lacerda, R. T. O., Ensslin, L., & Ensslin, S. R. (2012). Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. *Gestão & Produção*, 19(1), 59-78. doi:10.1590/S0104-530X2012000100005

Laohavisit, A., Anderson, A., Bombelli, P., Jacobs, M., Howe, C. J., Davies, J. M., & Smith, A. G. (2015). Enhancing the plasma membrane NADPH oxidase activity Increases in current output by diatoms biophotovoltaic devices. *Algal Research*, 12, 91-98. doi:10.1016/j.algal.2015.08.009



- Citação APA: Passos, C. T. S., Leite, L. A., Gomes, V. A. do P., & Freitas, R. R. de (2020). Uso de microalgas como biofilme em painéis biofotovoltaicos: uma análise bibliométrica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 6(3), 127-137
- Lopes, A. L. M., Vilela, B. A., Costa, M. A., & Lanzer, E. A. (2016). Critical evaluation of the performance assessment model of Brazilian electricity distribution companies. *Magazine Management & Technology*, 16(3), 5-30. doi:10.20397/2177-6652/2016.v16i3.1091
- Margon, R. A., Pinotti, L. M., & Freitas, R. R. (2018). Hidrólise enzimática da biomassa de eucalipto para produção de bioetanol: uma análise bibliométrica. *Research Society and Development*, 7(4), 01-22, e1474301. doi:10.17648/rsd-v7i4.301
- Marques, R. C., Krauter, S. C. W., & Lima, L. C. (2009). Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro. *Rev. Tecnol.*, 30(2), 153-162.
- McCormick, A., Bombelli, P., Scott, A., Phillips, A. J., Smith, A., Fisher, A., & Howe, C. (2011). Photosynthetic biofilms in pure culture harness solar energy in a mediator less biophotovoltaic cell (BPV) system. *Energy Environ. Sci.*, 11, 4699-4709. doi:10.1039/C1EE01965A
- Ng, F. L., Phang, S. M., Periasamy, V., Yunus, K., & Fisher, C. A. (2014). Evaluation of Algal Biofilms on Indium Tin Oxide (ITO) for Use in Biophotovoltaic Platforms Based on Photosynthetic Performance. *PLoS ONE*, 9(5), e97643. doi:10.1371/journal.pone.0097643
- Ng, F. L., Phang, S. M., Periasamy, V., Yunus, K., & Fisher, C. A. (2017). Enhancement of Power Output by using Alginate Immobilized Algae in Biophotovoltaic Devices. *Scientific Reports*, 7, 16237. doi:10.1038/y-s41598-017-16530
- Ng, F. L., Phang, S. M., Periasamy, V., Beardall, J., Yunus, K., & Fisher, C. A. (2018). Algal biophotovoltaic (BPV) device for generation of bioelectricity using *Synechococcus elongatus* (Cyanophyta). *Journal of Applied Phycology*, 30(6), 2981-2988. doi:10.1007/s10811-018-1515-1
- Oliveira, D. P. R. (2007). *Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas*. São Paulo: Atlas.
- Qiu, X. K., Ocampo, O. C., Vries, H. W., Van Putten, M., Loznik, M., Herrmann, A., & Chiechi, R. C. (2018). Self-Regenerating Soft Biophotovoltaic Devices. *Acs & Interfaces Applied Materials*, 10(43), 37625-37633. doi:10.1021/acsami.8b11115
- Parmar, A., Singh, N. K., Pandey, A., Gnansounou, E. & Madamwar, D. (2011). Cyanobacteria and microalgae: a positive prospect for biofuels. *Bioresour. Technol.* 102, 10163-10,172. doi:10.1016/j.biortech.2011.08.030
- Saar, K. L., Bombelli, P., Lea Smith, D. J., Call, T., Aro, M. S., Muller, T., Howe, C. J., & Knowles, T. P. J. (2018). Enhancing power density of biophotovoltaics by decoupling storage and power delivery. *Nature Energy*, 3, 75-81. doi:10.1038/s41560-017-0073-0
- Samsonoff, N., & Sinton, D. (2014). *Optofluidics for energy: fuel and electricity from plasmonically-excited photosynthetic bacteria*. ASME 2013 International Mechanical Engineering Congress and Exposition.
- Sawa, M., Fantuzzi, A., Bombelli, P., Howe, E. C. R., Hellgardt, K., & Nixon, P.J. (2017). Electricity generation from digitally printed cyanobacteria. *Nature Communications*, 8(1), 1327. doi:10.1038/s41467-017-01084-4
- Senthilkumar, N., Sheet, S., Sathishkumar, Y., Lee, Y. S., Phang, S., Perlasamy, V., & Gnana Kumar, G. (2018). Titania / reduced graphene oxide composite nanofibers for the direct extraction of electrons from photosynthetic microalgae for biophotovoltaic cell applications. Springer-Verlag GmbH Germany. *Applied Physics A*, 124(11) 769. doi:10.1007/s00339-018-2159-3
- Viégas, F., Wattenberg, M., & Feinberg, J. (2009). Participatory Visualization with Wordle. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*.

