

TECHNOLOGICAL PROSPECTING OF THE PRODUCTION AND APPLICATION OF BIOSURFACTANT DERIVED FROM COCONUT

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DA PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE BIOSURFACTANTE ORIUNDO DO COCO

Ingrid Vieira Fernandes¹; Isadora Vieira Fernandes²; Millena de Souza Menezes³; Isa Beatriz Conceição Oliveira⁴; Denise Santos Ruzene⁵; Daniel Pereira Silva⁶

¹Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – CCET – Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil – vieira.ingrid.0405@gmail.com

²Centro de Ciências Agrárias Aplicadas – CCAA – Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil – isadoravieiraf@gmail.com

³Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – CCET – Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil – millenasmx01@gmail.com

⁴Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – CCET – Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil – isa.oliver30@hotmail.com

⁵Programa de Doutorado da Rede Nordeste de Biotecnologia – RENORBIO – Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil – ruzeneds@hotmail.com

⁶Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual – PPGPI – Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil – silvadvp@hotmail.com

Resumo

O coco (Cocos nucifera) é uma cultura tropical com produção anual significativa, com seu processamento resultando em subprodutos e resíduos, os quais incluem o óleo e a polpa. Esses subprodutos têm aplicações em diversos setores, como o biotecnológico, onde são utilizados na produção de biossurfactantes. Neste contexto, o emprego da biomassa pode contribuir para a minimização dos custos associados aos processos de obtenção do bioproduto, devido à alta disponibilidade do coco, além de ser um forte aliado no gerenciamento de resíduos. Como forma de avaliar o contexto da aplicação e o processo de produção de biossurfactantes oriundos de subprodutos e resíduos derivados do coco, uma busca patentária foi efetuada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e no Patentscope do Word Intellectual Property Organization (WIPO), a fim de verificar o cenário nacional e internacional. Assim, os resultados demonstraram que há uma diversidade de documentos de patentes que relacionam o biossurfactante em formulações com aplicações para diferentes setores industriais. Entretanto, não foi detectado patentes que façam o uso isolado do coco ou seus derivados em processos fermentativos para a produção de biossurfactantes. Dessa forma, o presente trabalho pode atuar como uma ponte ao desenvolvimento tecnológico na forma de depósitos de patente, através da detecção de lacunas no campo industrial.

Palavras-chave: Coco; Biossurfactante; Patente; Prospecção Tecnológica.

Abstract

Coconut (Cocos nucifera) is a tropical crop with significant annual production, and its processing results in by-products and waste, which include oil and pulp. These by-products have applications in various sectors, such as biotechnology, where they are used in the production of biosurfactants. In this context, the use of biomass can contribute to the minimization of costs associated with the processes of obtaining the bioproduct, due to the high availability of coconut, in addition to being a strong ally in waste management. To evaluate the context of application and the production process of biosurfactants derived from coconut by-products and waste, a patent search was conducted at the National Institute of Industrial Property (INPI) and the Patentscope of the World Intellectual Property Organization (WIPO) to verify the national and international scenario. Thus, the results demonstrated that there is a diversity of patent documents relating biosurfactants in formulations with applications for different industrial sectors. However, no patents were detected that use coconut or its derivatives in isolation in fermentation processes for the production of biosurfactants. Therefore, the present work can serve as a bridge to technological development in the form of patent filings, through the detection of gaps in the industrial field.

Keywords: Coconut; Biosurfactant; Patent; Technological Prospecting.

1. Introdução

O coco ou Cocos-nucifera é uma cultura tropical de extrema importância. A morfologia do fruto consiste principalmente em três partes: exocarpo (camada externa visível), mesocarpo (camada fibrosa) e endocarpo (camada interna lignificada) (Beveridge *et al.*, 2022). As suas partes podem ser aplicadas para diversos fins industriais, como na alimentação (Naik *et al.*, 2023), produção de grafeno (Grace; Malar, 2020) e de derivados do carvão (Fu *et al.*, 2020), demonstrando assim a sua versatilidade.

No contexto mundial, a produção do coco em 2021 correspondeu a 63,7 milhões de toneladas. Dessa forma, países incluindo a Indonésia (17,1 milhões de toneladas), Filipinas (14,7 milhões de toneladas), Índia (14,3 milhões de toneladas), Sri Lanka (2,5 milhões de toneladas) e Brasil (2,4 milhões de toneladas) investem na produção do fruto, contribuindo assim para o aquecimento do mercado (Fao, 2021). Porém, a larga produção e, conseqüentemente, processamento do coco geram resíduos que correspondem a 85% do peso da fruta (Hasan *et al.*, 2021), demonstrando assim um potencial risco ambiental (Beveridge *et al.*, 2022).

Na literatura, a conversão dos subprodutos derivados do processamento ou resíduo do coco em bioproduto de alto valor agregado é frequentemente relatada. Arisht *et al.* (2019) propuseram a hidrólise da casca de coco com pré-tratamento utilizando ácido fosfórico para a produção de bio-hidrogênio através de um processo fermentativo com bactérias de cultura mista. Os resultados demonstraram um rendimento máximo de 17,15 mmol/L.h de hidrogênio em um pH final de 5,56 e uma utilização de substrato de 88,45% ao utilizar 1% de H₃PO₄. Fu *et al.* (2024) utilizaram a torta de

óleo de coco (COC), um resíduo sólido da indústria do coco, como substrato para o *Bacillus tropicus*. O estudo constatou uma produção de 167,3 U/mL de celulase pelas células, o que auxiliou a síntese de bioetanol a partir dos açúcares redutores resultantes da hidrólise da COC. A aplicação da biomassa para a produção de biossurfactantes, também é investigada como relatado em George e Jayachandran (2013). Os autores analisaram o potencial do óleo de coco de fritura como uma fonte alternativa de carbono em processos fermentativos para a produção de ramanolipídeo.

Os biossurfactantes ou surfactantes biológicos são compostos ambientalmente amigáveis sintetizados por plantas, animais e microrganismos com características que incluem baixa toxicidade, alta biodegradabilidade e formação de espuma (Akbari *et al.*, 2018). A eficácia do produto é comprovada mesmo sob condições críticas de temperatura, pH e salinidade, possuindo mais vantagens em relação aos surfactantes sintéticos (Jahan *et al.*, 2020). Devido a característica anfipática do composto, os biossurfactantes possuem solubilidade em solventes polares e apolares, como a água e o óleo (Banat *et al.*, 2021; Akbari *et al.*, 2018). Através dessa característica, contribui significativamente nas indústrias cosméticas (Cedrola *et al.*, 2024), farmacêuticas (Das; Rao, 2024), alimentícias (Venkataraman *et al.*, 2023), de petróleo (Sharma *et al.*, 2023) e agrícola (Silva *et al.*, 2024), devido as propriedades detergentes, espumantes, dispersantes, emulsificantes, bem como com potencial na redução de tensão superficial (Souza *et al.*, 2018).

Dessa forma, tendo em vista os conceitos apresentados, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o panorama nacional e internacional através da busca em plataformas de patentes, a fim de analisar a situação patentária relacionadas ao emprego de subprodutos derivados do processamento ou resíduo do coco em processos fermentativos para a produção de biossurfactantes. Assim, será possível verificar as aplicabilidades desta tecnologia, bem como as lacunas e oportunidades existentes neste mercado global.

2. Metodologia

A prospecção tecnológica é uma importante ferramenta na avaliação das patentes, promovendo novas perspectivas no campo da inovação. Dessa forma, a metodologia aplicada para a coleta de informações, acerca da produção de biossurfactante a partir de subprodutos derivados do processamento ou resíduo do coco, consistiu na determinação de termos de busca e aplicação em bases de patentes.

Os termos de busca foram definidos com intuito de avaliar o panorama nacional e internacional sobre a temática, sendo a maior quantidade de resultados possíveis visada. Para tal, as bases do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e do Word Intellectual Property

Organization (WIPO), Patentscope (banco de dados que fornece acesso a pedidos PCT internacionais, integrada também a diversas outras bases), foram selecionadas, sendo os termos aplicados no campo resumo e front page das plataformas, respectivamente. Assim, as seguintes palavras-chaves foram utilizadas: (*surfactante* OR emulsifi* OR tensoativo OR tensioativo OR biossurfactante OR biossurfactante OR flocculante OR bioflocculante) AND ("coco" OR "Cocos nucifera") no INPI; e (surfactant* OR emulsifi* OR tensoactive OR tensioactive OR "biosurfactant" OR "bio-surfactant" OR flocculant OR bio-flocculant*) AND ("coconut" OR "Cocos nucifera") no Patentscope. Os resultados gerados foram avaliados de acordo com os seguintes parâmetros: Classificação Internacional de Patente (CIP), ano, origem e depositante. Posteriormente, a análise dos documentos em termos de aplicabilidade e relação a temática foi realizada.

3. Resultados e Discussão

3.1 Panorama nacional: INPI

A partir da pesquisa na base nacional (INPI) foram obtidos 40 documentos associados ao *query* previamente definido. No entanto, apenas 9 desses documentos abordavam a síntese ou a aplicação do biossurfactante oriundo do coco e seus derivados. Esse quantitativo pode ser explicado devido a utilização do termo “coco”, o qual gerou busca de patentes que o emprega na composição de produtos tecnológicos em conjunto com surfactantes químicos ou de fonte biológica, diferente da estudada, com propriedades emulsificantes ou tensoativas.

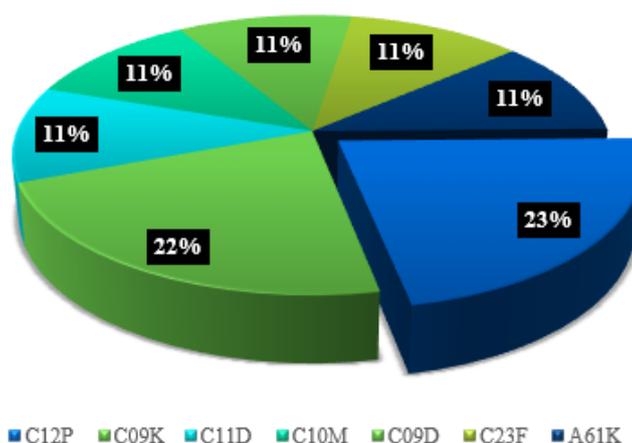
Dos documentos relacionados com a temática investigada, verificou-se que apenas 2 (publicados em 2021) tratavam de processos inovadores para obtenção de biossurfactante. Um desses processos é relatado em BR 10 2019 026520 5 A2, o qual incorpora óleo de coco e melão de cana-de-açúcar no meio de fermentativo de *Debaryomyces hansenii*. É importante observar que, apesar de fazer uso de um derivado do coco, este depósito de pedido de patente emprega diferentes biomassas na formulação do meio. O mesmo ocorre em BR 10 2019 024849 1 A2, onde os substratos são a polpa de coco e o melão de cana-de-açúcar.

As demais publicações referem-se a produtos tecnológicos que utilizam tensoativos oriundos do óleo de coco em suas formulações. O pedido de patente BR 10 2016 009201 9 A2 revela um colchão lavador para cimentação de poços de petróleo. Enquanto isso, BR 10 2016 017142 3 B1, BR 10 2016 003632 1 A2 e BR 10 2016 001609 6 A2 destacam-se por inovações em inibidores de corrosão, utilizando diferentes tipos de extratos de plantas. A invenção BR 10 2017 021443 5 A2 relata o desenvolvimento de um fluido deslocante com aplicação nos processos de recuperação de

petróleo. Ademais, é correlatado documentos que incorporam tensoativos produzidos a partir de ácidos graxos do óleo de coco na síntese de produtos para as indústrias farmacêuticas e de higiene, como os pedidos de depósitos BR 10 2015 032897 4 B1 e BR 10 2017 000589 5 A2 que visam a formulação de cosméticos com propriedades contra a radiação ultravioleta e a conversão de substâncias orgânicas insaturadas em produtos para limpeza, respectivamente.

A Classificação Internacional de Patentes (CIP) é uma importante ferramenta para a análise de documentos, sendo a verificação de compatibilidade dos resultados com o tema de interesse importante para melhor validação. Dessa forma, na Figura 1 é possível observar quais classes os documentos presentes no INPI pertencem.

Figura 1 - Classificação Internacional de Patentes (CIP) com o *query* definido para o INPI

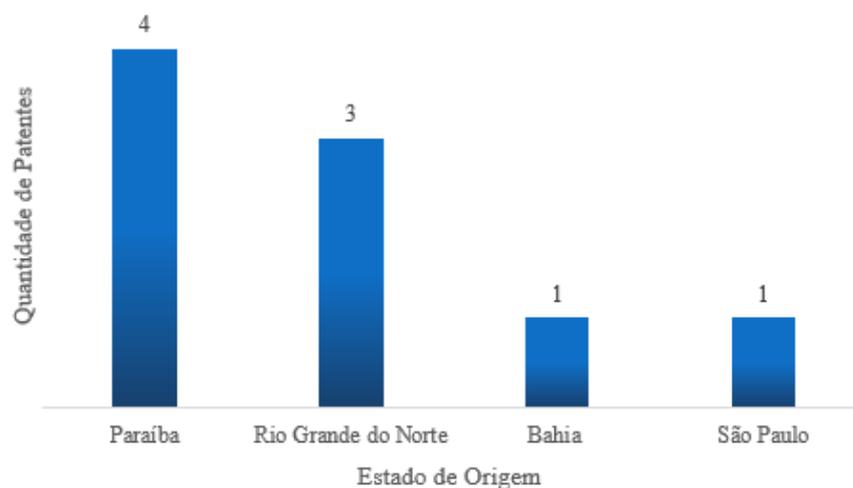


Fonte: Autoria Própria (2024)

O sistema de classificação implica que as patentes da plataforma relacionadas aos biossurfactantes oriundos do coco são em maioria (23%) pertencentes a classe C12 relacionada a processos bioquímicos envolvendo microorganismos, com foco a subclasse C12P (processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado ou para separar isômeros ópticos de uma mistura racêmica). Exemplos de documentos com classificação C12P são BR 10 2019 026520 5 A2 e BR 10 2019 024849 1 A2, os quais descrevem a produção de biossurfactante utilizando bactérias. Com relação às aplicações, a partir da Figura 1, também é possível notar um predomínio da classe C09 referente a corantes, tintas, polidores, resinas naturais e adesivos, tendo como destaque a subclasse C09K (materiais para aplicações diversas). O documento BR 10 2017 021443 5 A2 com aplicação em processos petroquímicos está incluso nessa subclasse.

Os pedidos de patentes foram analisados quanto a distribuição por Estado, conforme poderá ser observado na Figura 2. Apesar da quantidade de documentos relacionados, o comportamento verificado está relacionado a um provável interesse industrial da região, o qual pode estar atrelado a disponibilidade de recursos para a produção e necessidade de soluções para o gerenciamento de resíduos.

Figura 2 - Quantidade de depósitos de patentes por estado empregando o *query* definido para INPI



Fonte: Autoria Própria (2024)

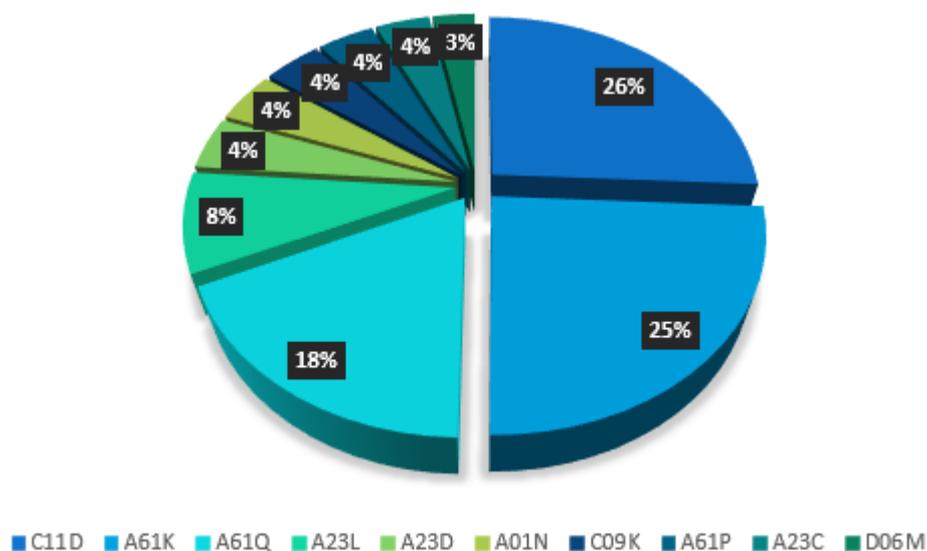
Na Figura 2, os resultados concentram-se na Região Nordeste (8 documentos), sendo o estado da Paraíba detentor do maior número de depósitos (4 documentos), seguido pelo Rio Grande do Norte (3 documentos). A concentração das invenções nessa região pode estar atrelada ao fato do Nordeste ser o principal produtor de coco no Brasil com 1.441.990 frutos (IBGE, 2022). A produção e consequentemente o processamento do fruto, geram diversos resíduos tornando-o um risco no gerenciamento incorreto (Beveridge *et al.*, 2022). Por isso, no campo da pesquisa e tecnologia, Universidades (4 documentos) e Empresas (4 documentos) da região, aplicam esforços para a solução do problema, atendendo assim a demanda ambiental, industrial e científica de diferentes setores.

3.2 Panorama internacional: Patentscope

O emprego dos termos de busca no campo da plataforma internacional Patentscope gerou 2031 resultados. Essa quantidade de documentos é esperada devido ao largo acervo da plataforma, a qual abriga 193 estados membros. Os depósitos foram analisados a partir da Classificação Internacional de Patentes (CIP), conforme pode ser analisado na Figura 3. O panorama geral dos

resultados pode ser validado através do sistema, considerando que as classes e subclasses estão associadas ao *query* utilizado.

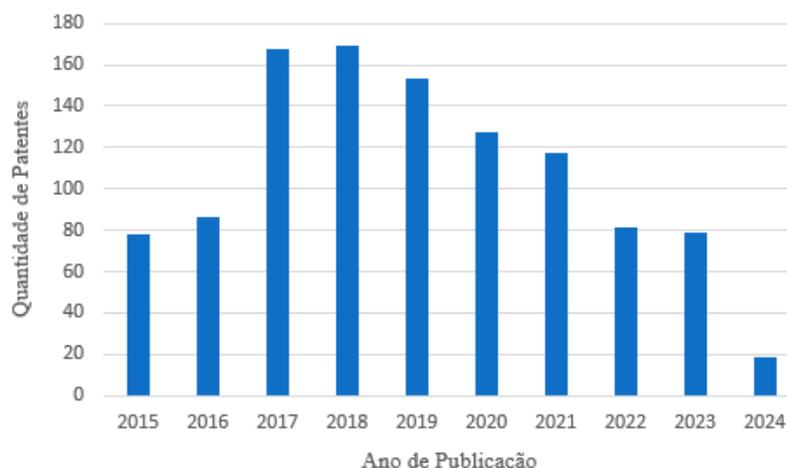
Figura 3 - Classificação Internacional de Patentes (CIP) com o *query* definido para Patentscope



Fonte: Autoria Própria (2024)

Na Figura 3 é possível observar as três principais subclasses geradas pela plataforma, sendo C11D (26%), A61K (25%) e A61Q (18%). A subclasse C11D correspondente a classe C11 (óleos animais ou vegetais, gorduras, substâncias graxas ou ceras, ácidos graxos derivados dos mesmos, detergentes, velas), compreende composições de detergentes e sabão. Um exemplo de tecnologia atrelada a essa categoria é o documento MYPI 92001052, que tem como objetivo barras de detergente para lavanderia com capacidade espumante melhorada à base de tensoativos não iônicos provenientes do óleo de coco. As outras duas subclasses mais recorrentes (A61K e A61Q) estão relacionadas à classe A61 (ciência médica ou veterinária; higiene), através do uso de preparações para finalidades médicas, odontológicas e de higiene ou de cosméticos e similares, respectivamente. Os documentos KR1020210028970 e US5833969 servem como exemplos para essas subclasses. O primeiro trata-se de uma barra de xampu natural produzida a partir um tensoativo extraído do coco. Enquanto o segundo descreve uma composição cosmética aquosa contendo ácido úrico, sendo utilizado como um dos componentes um tensoativo oriundo do óleo de coco.

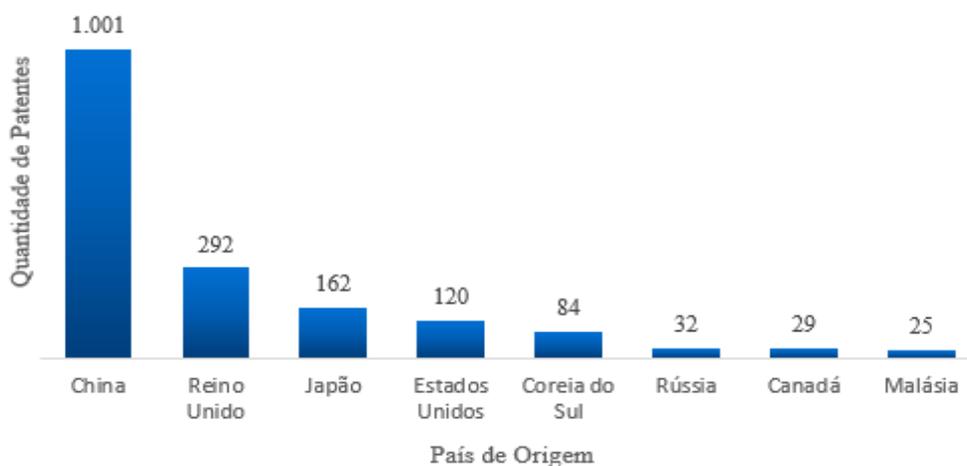
A distribuição dos documentos por ano contribui significativamente no campo científico e tecnológico para a perspectiva ampliada do campo industrial. Assim, a disposição dos respectivos depósitos de pedidos de patentes é apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Quantidade de depósitos de patentes por ano utilizando o *query* definido para o Patentscope

Fonte: Autorial Própria (2024)

Através da análise da Figura 4 é possível verificar o interesse em publicação de invenções relacionadas a temática entre 2015 e 2018. A comparação entre o volume de documentos demonstra que em 2017 a quantidade de depósitos de pedidos de patentes quase dobrou em relação a 2016, sendo apresentada uma diferença de 82 patentes. Entretanto, nos últimos anos (2018 a 2022), a publicação decresceu de 169 para 81 depósitos. Essa problemática pode estar associada ao desencadeamento da pandemia pelo vírus SARS-coV-19, o qual instigou Instituições de Pesquisa e Indústrias no desenvolvimento de tecnologias e soluções para o combate da doença (Abedsoltan, 2023). No entanto, os anos de 2022 e 2023 demonstraram uma diferença de apenas 2 documentos, o que leva a acreditar na estagnação da taxa de decrescimento presente ao longo dos últimos anos, e possível retomada nas buscas por inovações nesta temática.

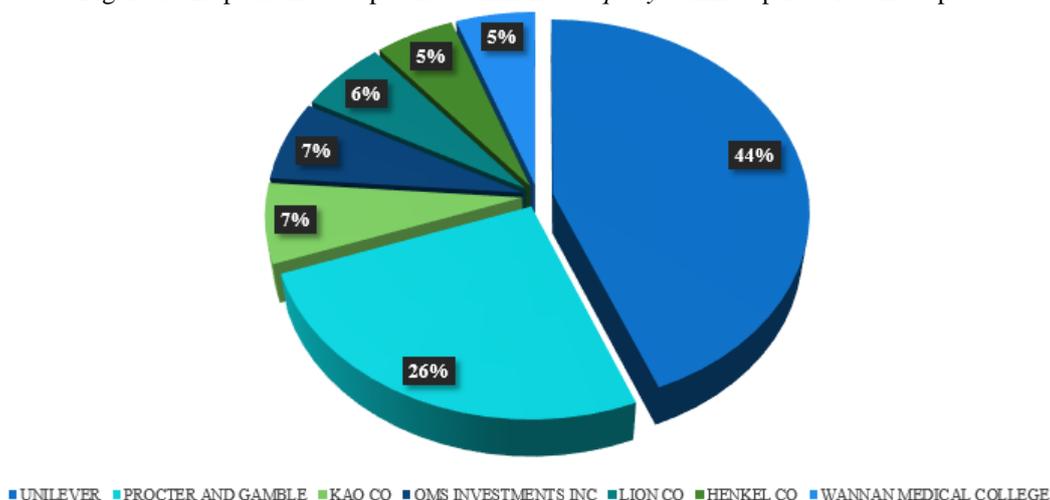
No que diz respeito à origem das publicações, na Figura 5 observa-se que os países asiáticos possuem forte desenvolvimento tecnológico em relação a produção e aplicação de biossurfactantes oriundos do coco. Isso se deve ao constante interesse de países como a China, Japão e Coréia do Sul em tecnologias com potencial aplicação em produtos de higiene e de cosméticos, o que está de acordo com os Códigos Internacionais de Patente (CIPs) mais recorrentes, apresentados anteriormente (C11D, A61K e A61Q).

Figura 5 - Quantidade de depósitos de patentes por país empregando o *query* definido para Patentscope

Fonte: Autoria Própria (2024)

Em termos quantitativos, a China possui o maior número de depósito de patentes (1.001 documentos), o que se refere a quase 50% das publicações. Assim, a disparidade entre os resultados correspondentes à China com os demais países também pode ser observada. Adotando o Reino Unido como ponto referencial, a diferença entre os dois países é de 709 documentos, ou seja, há 3,4 vezes mais depósitos do que o segundo país de maior depósito. No entanto, com relação ao Japão, essa disparidade é ainda maior, correspondendo à 6,2 vezes mais patentes. Entretanto, ao utilizar o Reino Unido como referencial em relação ao Japão, essa diferença diminui para 130 documentos, um acúmulo equivalente a 1,80 vezes o quantitativo do terceiro país de maior depósito. O destaque da China em termos de depósito pode ser justificado pelo fato de o país ser o principal importador de coco e pioneiro em solicitações de patentes no setor biotecnológico, abordando a temática pesquisada (Salitskii; Salitskaya, 2022).

Os principais depositantes de patentes relacionadas ao tema de interesse podem ser visualizados na Figura 6. A partir da análise percebe-se o interesse de grandes marcas na obtenção ou aplicação do biossurfactante produzido a partir do coco em seus processos.

Figura 6 - Depositantes de patentes utilizando o *query* definido para o Patentscope

Fonte: Autoria Própria (2024)

Dentre as multinacionais destacam-se a Unilever e Procter and Gamble (P&G), sendo estas responsáveis por 44 e 26% dos depósitos, respectivamente. Alinhado com o investigado, esse resultado era o esperado ao considerar a compatibilidade dos CIPs (C11D, A61K e A61Q) com a linha de produtos das empresas fornecidos por algumas de suas marcas.

4. Considerações finais

A análise dos resultados gerados pelas plataformas apontou o potencial de tecnologias com propriedades tensoativas e emulsificantes, oriundas do aproveitamento do coco e seus derivados, em formulações de diversos produtos tecnológicos com aplicação em indústrias químicas e farmacêuticas. Entretanto, a nível nacional, foram encontradas somente 2 depósitos de pedidos de patentes que correlacionam o uso da biomassa aos meios fermentativos, visando a produção do bioproduto de interesse (biossurfactante). Porém, apesar de fazer uso de um derivado do coco, as patentes em questão empregam diferentes biomassas na formulação do meio, como o melaço de cana-de-açúcar. Dessa forma, fica evidenciado a existência de uma provável lacuna no país quanto ao campo de exploração de processos de obtenção de biossurfactantes a partir de resíduos do coco, o que pode ser uma oportunidade de promover a inovação no setor biotecnológico, ao minimizar os custos relacionados a sua produção, caso a mesma seja viável com o uso desses resíduos. Assim, como sugestão para novas pesquisas, outros subprodutos poderiam ser avaliados quanto ao seu potencial na produção de biossurfactantes, resultando em novas possibilidades para o setor.

5. Agradecimentos

Os autores reconhecem a assistência financeira das agências brasileiras de fomento à pesquisa como Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) sob o Código Financeiro 001, fundação brasileira vinculada ao Ministério da Educação (MEC), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), fundação brasileira vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE), e a Universidade Federal de Sergipe por intermédio dos programas de Iniciação Científica e Tecnológica.

Referências

- ABEDSOLTAN, H. Covid-19 and the chemical industry: impacts, challenges, and opportunities. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 98, n. 12, p. 2789-2797, dez. 2023. <https://doi.org/10.1002/jctb.7531>.
- AKBARI, S.; ABDURAHMAN, H.N.; YUNUS, R.S.; FAYAZ, F.; ALARA, O.R. Biosurfactants - a new frontier for social and environmental safety: a mini review. *Biotechnology Research and Innovation*, v. 2, n. 1, p. 81-90, set. 2018. ISSN 2452-0721. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2018.09.001>.
- ARISHT, S.N.; ABDUL, P.M.; LIU, C.M.; LIN, S.K.; MAAROFF, R.M.; WU, S.Y.; JAHIM, J.M. Biototoxicity assessment and lignocellulosic structural changes of phosphoric acid pre-treated young coconut husk hydrolysate for biohydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 44, n. 12, p. 5830-5843, mar. 2019. ISSN 0360-3199. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.116>.
- BANAT, I.M.; CARBOUÉ, Q.; SAUCEDO-CASTAÑEDA, G.; CÁZARES-MARINERO, J.J. Biosurfactants: The green generation of speciality chemicals and potential production using Solid-State fermentation (SSF) technology. *Bioresource Technology*, v. 320, p. 124222, jan. 2021. ISSN 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124222>.
- BEVERIDGE, F.C.; KALAIPIANDIAN, S.; YANG, C.; ADKINS, S.W. Fruit Biology of Coconut (*Cocos nucifera* L.). *Plants (Basel)*, v. 11, n. 23, p. 3293, nov. 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11233293>.
- CEDROLA, C.C.; BARBOSA, F.G.; MARCELINO P.R.F.; DA SILVA N.P.; TAVARES G.D.; BARRADAS T.N.; VILELA, F.M.P. Unlocking the beauty benefits: Exploring biosurfactants from *Scheffersomyces shehatae* for cosmetics. *Journal of Surfactants and Detergents*, fev. 2024. <https://doi.org/10.1002/jsde.12739>.
- DAS, S.; RAO, K.V.B. A comprehensive review of biosurfactant production and its uses in the pharmaceutical industry. *Archives of Microbiology*, v. 206, n. 60, jan. 2024. <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03786-4>.
- FAO. Coconut. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/>. Acessado em: 26 de setembro de 2023.
- FU, J.; ZHANG, J.; JIN, C.; WANG, Z.; WANG, T.; CHENG, X.; MA, C. Effects of temperature, oxygen and steam on pore structure characteristics of coconut husk activated carbon powders

prepared by one-step rapid pyrolysis activation process, *Bioresource Technology*, v. 310, p. 123413, ago. 2020. ISSN 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123413>.

FU, Z.; ZHONG, L.; TIAN, Y.; BAI, X.; LIU, J. Identification of Cellulose-Degrading Bacteria and Assessment of Their Potential Value for the Production of Bioethanol from Coconut Oil Cake Waste. *Microorganisms*, v. 12, n. 2, p. 240, jan. 2024. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12020240>.

GEORGE, S.; JAYACHANDRAN, K. Production and characterization of rhamnolipid biosurfactant from waste frying coconut oil using a novel *Pseudomonas aeruginosa* D. *Journal of Applied Microbiology*, v. 114, n. 2, p. 373–383, fev. 2013. <https://doi.org/10.1111/jam.12069>.

GRACE, A. S.; MALAR, G. S. P. L. Synthesis and Characterization of Graphene Oxide from Coconut Husk Ash. *Oriental Journal of Chemistry*, v. 36, n. 2, p. 348-352, abr. 2020. <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/360220>.

HASAN, K.M.F.; HORVÁTH, P.G.; BAK, M.; ALPÁR, T. A state-of-the-art review on coir fiber-reinforced biocomposites. *RSC Advances*, v. 11, n. 18, p. 10548-10571, mar. 2021. <https://doi.org/10.1039/D1RA00231G>.

IBGE. Produção de Coco-da-baía. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/coco-da-baia/br>. Acessado em 15 de abril de 2024.

JAHAN, R.; BODRATTI, A.M.; TSIANOU, M.; ALEXANDRIDIS, P. Biosurfactants, natural alternatives to synthetic surfactants: Physicochemical properties and applications. *Advances in Colloid and Interface Science*, v. 275, p. 102061, jan. 2020. ISSN 0001-8686. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102061>.

NAIK, B; KUMAR, V; GUPTA, A.K. Valorization of tender coconut mesocarp for the formulation of ready-to-eat dairy-based dessert (Kheer): Utilization of industrial by-product. *Journal of Agriculture and Food Research*, v. 12, p. 100572, jun. 2023. ISSN 2666-1543. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100572>.

SALITSKII, A. I.; SALITSKAYA, E. A. Abroad China on the Way to Global Technology Leadership. v. 92, n. 3, p. 262–267, 2022.

SHARMA, N.; LAVANIA, M.; LAL, B. Biosurfactant: an emerging tool for the petroleum industries. *Frontiers in Microbiology*, v. 14, p. 1254557, set. 2023. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1254557>.

SILVA, M.D.G.C.; MEDEIROS, A.O.; CONVERTI, A.; ALMEIDA, F.C.G.; SARUBBO, L.A. Biosurfactants: Promising Biomolecules for Agricultural Applications. *Sustainability*, v. 16, p. 449, jan. 2024. <https://doi.org/10.3390/su16010449>.

SOUZA, K.S.T.; GUDIÑA, E.J.; SCHWAN, R.F.; RODRIGUES, L.R.; DIAS, D.R.; TEIXEIRA, J.A. Improvement of biosurfactant production by *Wickerhamomyces anomalus* CCMA 0358 and its potential application in bioremediation. *Journal of Hazardous Materials*, v. 346, p. 152-158, mar. 2018. ISSN 0304-3894. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.12.021>.

VENKATARAMAN, S.; RAJENDRAN, D.S; VAIDYANATHAN, V.K. An insight into the utilization of microbial biosurfactants pertaining to their industrial applications in the food sector. *Food Science and Biotechnology*, v. 33, p. 245–273, nov. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01435-6>.