

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA DE PATENTES DE BIOSSURFACTANTES NO CONTEXTO DE SUAS FORMAS DE PRODUÇÃO

Data de aceite: 26/01/2024

Djan Santos Pereira

Universidade Federal da Bahia – UFBA –
Salvador/BA – Brasil

Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato

Universidade Federal da Bahia – UFBA –
Salvador/BA – Brasil
UNIFACS – Universidade Salvador –
Salvador/BA – Brasil

Denilson de Jesus Assis

Universidade Federal da Bahia – UFBA –
Salvador/BA – Brasil
UNIFACS – Universidade Salvador –
Salvador/BA – Brasil

RESUMO: Os biossurfactantes são tensoativos compostos de moléculas complexas, produzidos principalmente através do cultivo de microrganismos, que apresentam variadas aplicações, como processamento de alimentos, produtos farmacêuticos, proteção ambiental e recuperação de resíduos oleosos. Tendo em vista a importância desse bioproduto como alternativa a produtos derivados fósseis, o objetivo deste trabalho foi analisar as diversas formas de produção do biossurfactante a partir dos dados colhidos através da busca de documentos

de patentes que dizem respeito a produção de biossurfactante. A pesquisa foi realizada por meio de palavras-chave e com códigos da Classificação Internacional de Patentes na base de dados do Escritório Europeu, Espacenet. A primeira patente identificada datou de 1979, sendo originária do Canadá. O país com maior número de patentes depositadas relacionadas a produção de biossurfactantes foi a China, com mais da metade dos documentos encontrados, porém a empresa com maior número de depósitos é a norte-americana Locus IP CO. A forma de produção mais observada foi através do cultivo de bactérias, principalmente as do gênero *Bacillus*.

PALAVRAS-CHAVE: Prospecção, patentes, biossurfactante.

TECHNOLOGICAL PROSPECTION OF PATENTS OF BIOSURFACTANTS IN THE PRODUCTION FORMS CONTEXT

ABSTRACT: Biosurfactants are surfactants composed of complex molecules, produced mainly through the cultivation of microorganisms, which have various applications, such as food processing, pharmaceuticals, environmental protection

and recovery of oily residues. Considering the importance of this bioproduct as an alternative to fossil-derived products, the objective of this work was to analyze the various forms of biosurfactant production from the data collected through the search for patent documents that concern the production of biosurfactant. The search was carried out using keywords and codes from the International Patent Classification in the European Office's database, Espacenet. The first patent identified dates back to 1979, originating in Canada. The country with the highest number of patents filed related to the production of biosurfactants was China, with more than half of the documents found, but the company with the highest number of filings is the North American Locus IP CO. The most observed form of production was through the cultivation of bacteria, mainly those of the genus *Bacillus*.

KEYWORDS: Prospecting, patent, biosurfactant.

1 | INTRODUÇÃO

Os biossurfactantes são agentes ativos de superfície que alteram a tensão superficial de um líquido. São produzidos extracelularmente ou como parte da membrana celular de microrganismos, como bactérias, leveduras e fungos, e compostos por moléculas complexas, abrangendo uma ampla variedade de estruturas químicas, como glicolipídios, lipoproteínas, e fosfolipídios, tendo como vantagem serem biodegradáveis e possuírem grande especificidade. (Kamal et al., 2017; Mota et al.; 2020)

O interesse em biossurfactantes vem crescendo devido à sua diversidade e potencial aplicação em variadas áreas, como processamento de alimentos, produtos farmacêuticos, proteção ambiental e recuperação de resíduos oleosos. Essa gama de aplicações deve-se a características desses compostos, a destacar sua baixa toxicidade, eficácia no aprimoramento da solubilização de compostos de baixa solubilidade, além da biodegradabilidade já mencionada. (Mota et al.; 2020)

Com o crescente esforço para utilização de sistemas biológicos como alternativas a produtos derivados fósseis, os biossurfactantes acabam por receber maior atenção científica devido às suas características ecológicas em relação aos surfactantes químicos. Atualmente, a produção industrial de biossurfactantes ainda é iniciante e os desafios apresentados a esse respeito estão relacionados ao alto custo envolvido em cultivo microbiano para recuperação de biossurfactante (cultivo, produção, purificação e recuperação). (Varjani e Upasani, 2019; Schultz e Rosado, 2020)

Um grande número de microrganismos foi relatado como produtores de biossurfactantes, porém tem sido difícil generalizar as propriedades bioquímicas, genes envolvidos ou seu papel na fisiologia microbiana. (Mishra et al., 2020) Houve revisões mencionando os vários aspectos das funções dos biossurfactantes e potenciais aplicações. Além disso, patentes em biossurfactantes aumentaram exponencialmente desde então, de cerca de 250 em 2006 para mais de 850 em 2019 (Markande, et al., 2021; EPO, 2021).

No presente artigo, a produção de biossurfactantes será estudada através do mapeamento tecnológico de documentos de patentes depositados acerca desse assunto.

2 | METODOLOGIA

Para a pesquisa de documentos de patentes referente à produção de biossurfactantes, foi desenvolvida uma estratégia de busca combinando os códigos da Classificação Internacional de Patentes, nas quais os documentos estariam classificados, com um conjunto de palavras-chave que correspondem aos possíveis meios de obtenção de biossurfactantes. Com base nesse método, foi feita a pesquisa nas bases de dados *on line* do escritório europeu Espacenet (EP), uma vez que este abrange patentes depositadas e publicadas em mais de 80 países, contendo pedidos de patentes depositadas no Brasil (Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI), nos Estados Unidos (*United States Patent and Trademark Office* - USPTO) e via *Patent Cooperation Treaty* (PCT). (Machado et al., 2012)

A prospecção foi realizada mediante coleta, tratamento e análise das informações extraídas dos documentos de patentes encontrados, destacando aquelas que descrevem a invenção, para gerar gráficos que apresentem os resultados de quais países e empresas são detentoras desta tecnologia, bem como, a evolução anual dos depósitos e formas de produção desses biossurfactantes.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Pesquisa dos documentos de Patentes

A busca dos registros de documentos de patentes foi executada mediante combinação das palavras-chave, associadas a produção de biossurfactantes e seus meios de obtenção, e os códigos da Classificação Internacional de Patentes. Assim, foram escolhidas como palavras-chave “biosurfactant* product*”, “bactéria*”, “fung*”, “yeast*” e “microalgae*” e os códigos C12N1/20, referente a bioprocessos envolvendo cultivo de bactérias, C12N1/12, relativo a bioprocessos envolvendo cultivo de algas unicelulares, e C12N1/38, que se relaciona a estimulação de crescimento por adição ou remoção de um composto químico. Como resultado da pesquisa, encontrou-se um total de 396 registros disponíveis.

Na Tabela 1 é apresentado o número de documentos de patentes depositadas na base de dados europeia, Espacenet (EP) a partir da pesquisa com diferentes palavras-chave e códigos da Classificação Internacional de Patentes.

Palavras-chave e/ou códigos	Número de patentes depositadas
Biosurfactant* product*	259
Biosurfactant* product* and bactéria*	54
Biosurfactant* product* and fung*	10
Biosurfactant* product* and yeast*	16
Biosurfactant* product* and microalgae*	0
Biosurfactant* product* and C12N1/20	54
Biosurfactant* product* and C12N1/12	2
Biosurfactant* product* and C12N1/38	1

Tabela 1 – Resultado da pesquisa de patentes usando associação de palavras-chave e códigos da Classificação Internacional de Patentes na base de dados Espacenet – EP.

Fonte: Aatoria Própria (2022)

A partir desses dados, vale ressaltar que este número total de 396 registros acaba sendo reduzido devido a mesma patente poder ser depositada em mais de um país ou aparecer em diferentes dessas buscas realizadas, além de poder não ter relação com o objetivo da pesquisa. Dessa forma, após exclusão das patentes repetidas e daquelas que não abordam a produção de biossurfactantes, restou 142 documentos a serem analisados, os quais são analisados a partir de então.

3.2 Códigos mais relevantes

Uma patente pode estar inserida em mais de um código de classificação, desse modo, os resultados da busca apresentam outros códigos referentes as inovações na produção de biossurfactante. Observa-se que, entre os códigos de classificação das patentes mais relevantes obtidos pela pesquisa, além do mais encontrado, 51 registro de C12N1/20, o qual fez parte da estratégia de busca, encontram-se os código C12P19/44, C12P19/45, C12P19/46, C12P19/47, C12P19/48, C12P19/49, C12P19/50, C12P19/51 e C12P19/52, os quais referem-se a processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar compostos contendo radicais sacarídeos, todos com 10 ou mais aparições entre os registro da busca.

Os códigos de classificação das patentes mais relevantes obtidos pela pesquisa estão representados na Figura 1.

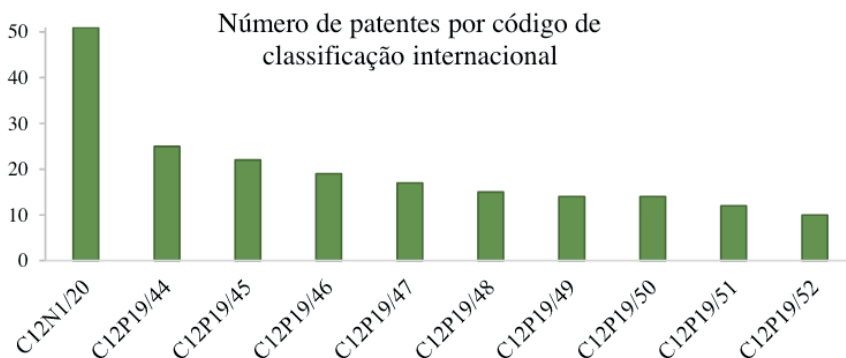


Figura 1 – Distribuição das patentes relacionadas a produção de biossurfactantes por códigos da classificação internacional mais relevantes obtidos na busca.

Fonte: Autoria Própria (2022)

3.3 Origem da Tecnologia

O primeiro registro de patente acerca da produção de biossurfactantes data de 1979, do Canadá, pelos pesquisadores James E. Zajic, Donald F. Gerson, Richard K. Gerson e Chandra Panchal. A invenção (CA1125683A) refere-se à produção microbiológica de novos materiais tensoativos (biossurfactantes) e a microrganismos capazes de produzir tais materiais. Nas décadas de 1980 e 1990, essa área de estudo apresentou poucos depósitos, contando apenas com pesquisas com produção por *Bacillus subtilis* por centros de pesquisa canadenses, por *Arthrobacter* pela empresa japonesa Nikko Bio Technica e por *Pseudomonas* nas universidades do Arizona, nos Estados Unidos, e Simon Bolivar, na Venezuela, além de um estudo sobre a produção em sistema contínuo de um centro de pesquisa francês.

Somente a partir da década de 2000, os depósitos ano a ano passaram a ser frequentes, fato associado a maior preocupação nos últimos anos em buscar alternativas de produtos de fontes renováveis que não agridam o meio ambiente, características dos biossurfactantes. Nesse contexto, pode-se observar a grande quantidade de estudos na área, e consequente depósito de patentes, aplicados principalmente pelo Canadá, Estados Unidos, Japão, República da Coreia e, em destaque, a China, país responsável por mais da metade dos depósitos nessa área.

Com o crescimento no número de depósitos de patentes ano a ano, o pico foi observado em 2019, com 18 patentes. Apesar da redução para 10 depósitos em 2020 e apenas 3 em 2021, isso ainda não pode ser interpretado como uma diminuição no interesse nessa área nem como impacto da pandemia de COVID-19 nas pesquisas, uma vez que o período de sigilo é de 18 meses após o depósito para que os documentos sejam publicados, podendo aumentar futuramente o número real de patentes nos últimos 2 anos.

Na Figura 2 é apresentada a evolução anual no depósito de patentes relacionados a produção de biossurfactantes de 1979 até 2021, já na Figura 3 é apresentada a evolução cumulativa destes depósitos no mesmo intervalo de tempo. Além disso a Figura 4 apresenta a distribuição dos depósitos de patentes por país de origem dos depositantes.

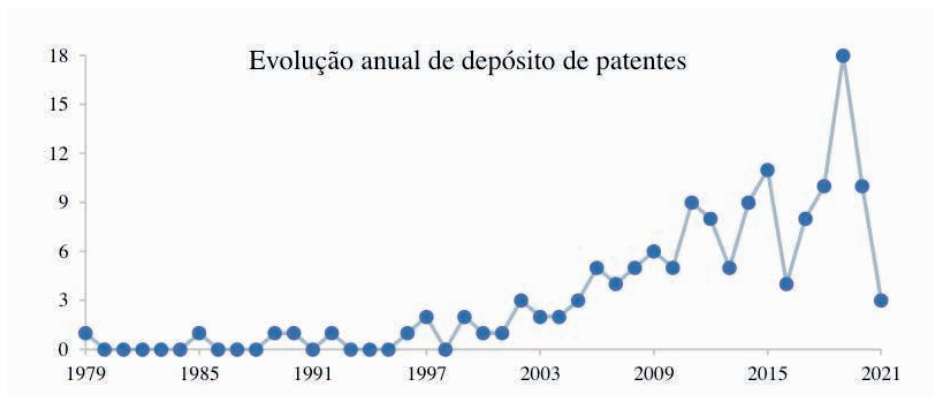


Figura 2 – Evolução anual de depósitos de patentes sobre produção de biossurfactantes entre os anos de 1979 e 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

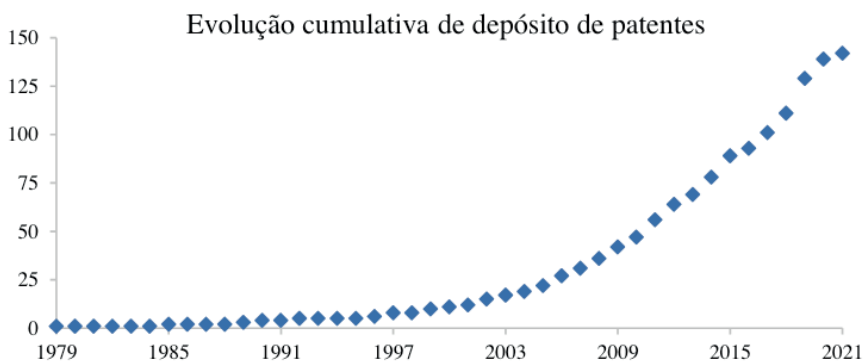


Figura 3 – Evolução anual cumulativa de depósitos de patentes sobre produção de biossurfactantes entre os anos de 1979 e 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

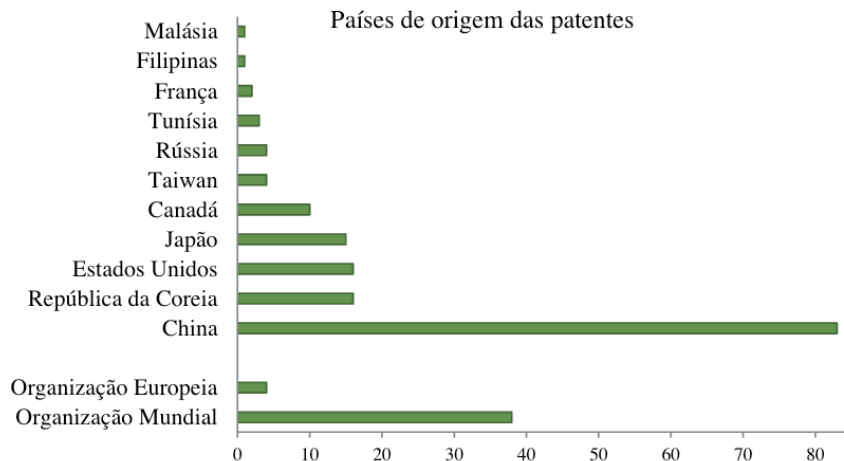


Figura 4 – Distribuição de depósitos de patentes relacionadas a produção de biossurfactantes por país de origem dos depositantes entre os anos de 1979 a 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

Apesar do Brasil não figurar entre os países depositantes, a empresa Petróleo Brasileiro SA tem registrado um pedido internacional publicado sob tratado de cooperação, sendo assim incluso entre as patentes referentes a Organização Mundial. A patente da Petrobras (WO2012079138A1) trata de um sistema para obtenção de bioprodutos em larga escala, onde um biorreator é integrado a diferentes processos com finalidade de separar e fornecer oxigênio para células microbianas, esterilizar o meio, reduzir formação de espuma e concentrar produtos de interesse, dentre eles os biossurfactantes.

3.4 Detentoras da tecnologia

A análise dos documentos de patente propiciou a elaboração de um perfil dos setores da sociedade responsáveis pelos depósitos. Observou-se que universidades e empresas são os setores sociais que mais depositam patentes sobre a produção de biossurfactantes, com 58 e 53 depósitos, respectivamente, o que correspondem percentualmente a 34% e 32% do total de patentes analisadas.

Na sequência aparecem os centros de pesquisa, com 29 depósitos, e pesquisadores, com 25 depósitos, sendo respectivamente 17% e 15% do total das patentes. Além destas, ainda aparecem 3 patentes que foram depositadas pelos governos do país de origem, representando apenas 2% dos documentos analisados. Esse perfil de depositantes é apresentado na Figura 5.

Setores da sociedade desenvolvedores das patentes

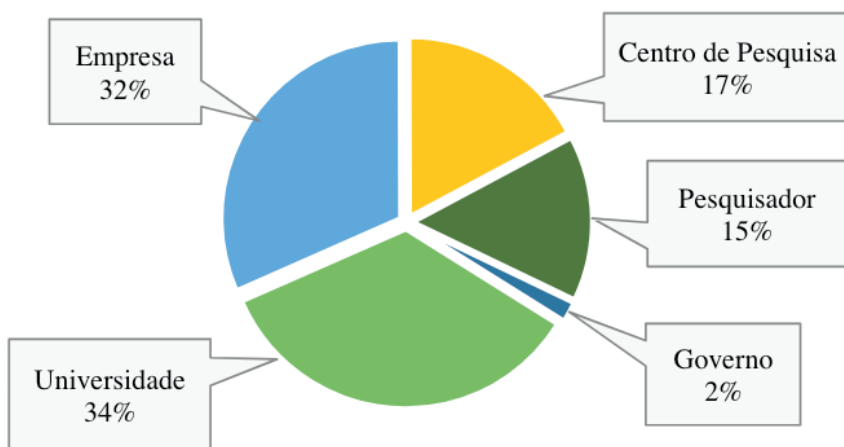


Figura 5 – Perfil dos setores da sociedade responsáveis pelos depósitos de patentes sobre a produção de biossurfactantes entre os anos de 1979 a 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

Quando é observado o resultado da análise dos detentores da tecnologia em relação ao número de depósito dos aplicantes, observa-se que a empresa norte-americana Locus IP CO se destaca com 13 depósitos. A Locus IP CO é uma empresa que trabalha com microrganismos e seus metabólitos, nas áreas de agricultura, óleos, processos fermentativos e soluções alternativas, tendo tecnologia de fermentação patenteada e amplo conhecimento de aplicações de biossurfactantes. A seguir, aparece o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Industrial Avançada (AIST), do Japão, centro de pesquisa responsável por 9 depósitos.

Sendo a China o país com maior número de depósitos, era previsto que empresas e universidades chinesas aparecessem como grandes depositantes. Dentre os depositantes com 3 ou mais depósitos é observado 4 instituições chinesas, as empresas Toyo Boseki e Daqing CO LTD e as universidades de Nanjing e a de Ciência e Tecnologia do Leste da China. Depositantes com 3 ou mais patentes aplicadas estão explicitados na Figura 6.

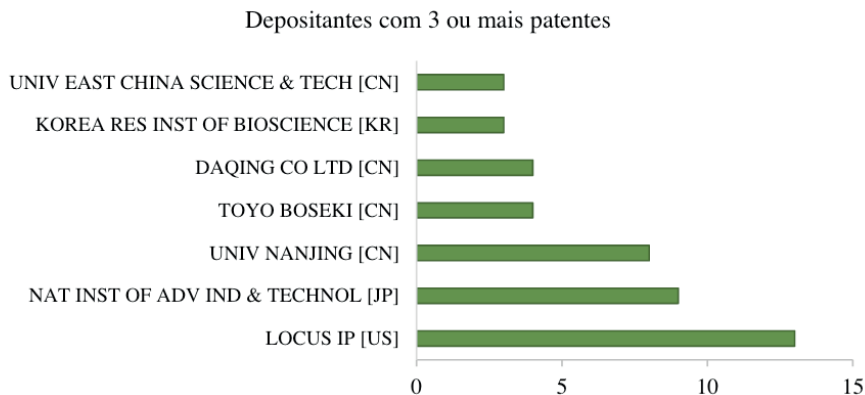


Figura 6 – Instituições com 3 ou mais depósitos de patentes relacionados a produção de biossurfactantes entre os anos de 1979 a 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

3.5 Meios de obtenção do biossurfactante

Com os documentos de patente selecionados, também foi possível fazer uma análise sobre as diferentes maneiras como são produzidos os biossurfactantes nessas patentes. Em 95% das patentes analisadas, os microrganismos são os responsáveis pela produção.

Dentre os microrganismos, destaca-se a utilização de bactérias, correspondendo a 64% dos documentos, ou 96 dos 151 registros. Vale ainda ressaltar que em mais da metade destes, 57 depósitos, a bactéria utilizada foi do gênero *Bacillus*, em especial a *Bacillus subtilis*, e em outras 29 dessas patentes a bactérias era do gênero *Pseudomonas*. Outro tipo de microrganismo utilizado que foi explicitado pelos depósitos foram os fungos. Em 31 patentes, eles foram os responsáveis pela produção do biossurfactante, sendo as dos gêneros *Candida* e *Pseudozyma* as mais encontradas.

Ainda em relação aos microrganismos utilizados, pode-se constatar que em algumas patentes não era especificado o grupo ao qual eles pertenciam ou era apenas era mencionado um consórcio de microrganismos sem a identificação dos grupos ou mesmo os gêneros e as espécies encontrados. A Figura 7 apresenta os grupos de microrganismos utilizados enquanto a Figura 8 apresenta a especificação destes.

Foi possível classificar também os depósitos em relação ao processo utilizado na obtenção dos biossurfactantes. A grande maioria, 57% das patentes, utilizou-se do processo fermentativo padronizado, enquanto em outros 24% o processo fermentativo teve um substrato alternativo, como nos métodos de degradação de óleos, petróleo e graxas, purificação de águas poluídas e tratamento de lodo ativado. Ainda foram observados processos com uso de hidrólise, de tecnologia recombinante (com mutações no DNA ou RNA dos microrganismos utilizados) e por ação de pesticidas. A Figura 9 apresenta as formas de obtenção dos biossurfactantes.

Grupos dos microrganismos utilizados

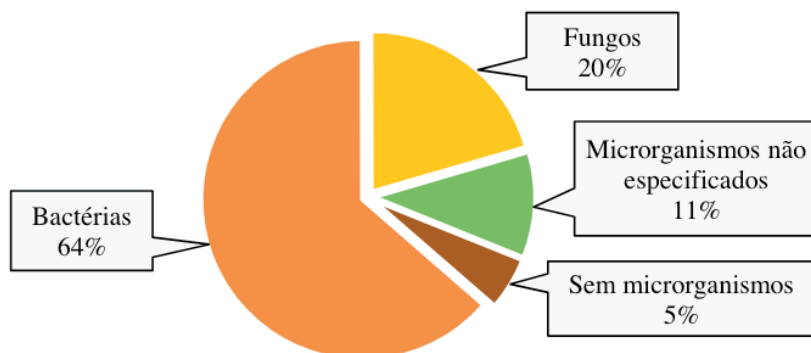


Figura 7 – Grupos de microrganismos utilizados para produção de biossurfactantes nas patentes depositadas entre os anos de 1979 e 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

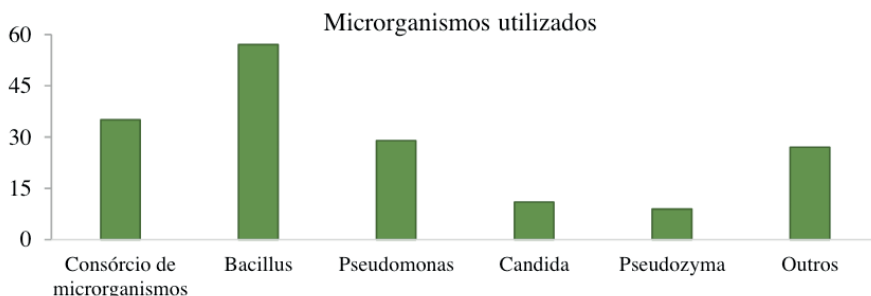


Figura 8 – Especificação dos gêneros de microrganismos utilizados para produção de biossurfactantes nas patentes depositadas entre os anos de 1979 e 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

Forma de obtenção do biossurfactante

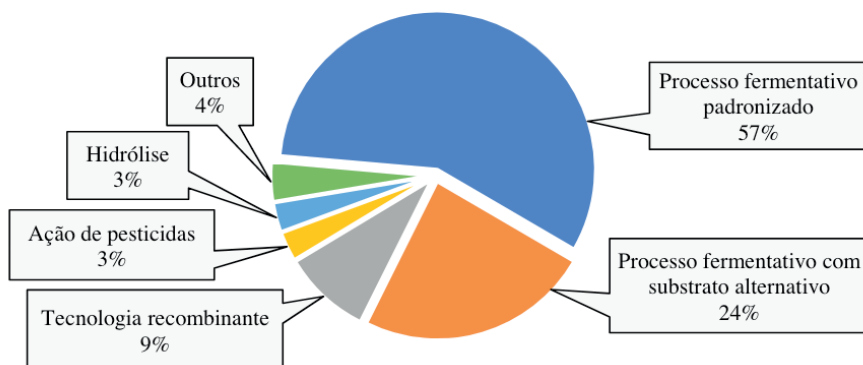


Figura 9 – Formas de obtenção dos biossurfactantes nas patentes depositadas entre os anos de 1979 e 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

3.6 Tipo de biossurfactante obtido

Apesar de o tipo de biossurfactante obtido não ser explicitado em todas as patentes ou ser referido apenas como a fração lipídica do meio, foi possível destacar algumas estruturas que foram bastante encontradas nos processos de produção descritos pelas patentes. Em 37 dos documentos analisados, o biossurfactante lipopeptídico foi o obtido. Tal obtenção está relacionada a ser o tipo predominante produzido pelas bactérias do gênero *Bacillus*, a mais utilizada pelas patentes estudadas.

Outro biossurfactante bastante obtido foi o do tipo ramnolipídico, em 30 dos depósitos, relacionado principalmente aos processos que utilizaram as *Pseudomonas*. Além desta, a obtenção dos glicolipídicos também foi um destaque, em 23 das patentes, muitas das vezes sendo obtido juntamente com outro tipo de biossurfactante. A figura 10 apresenta os principais tipos de biossurfactante obtidos.

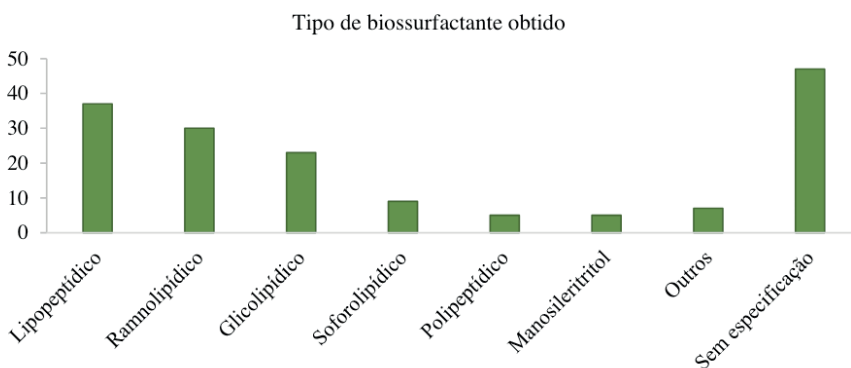


Figura 10 – Tipos de biossurfactantes obtidos nas patentes depositadas entre os anos de 1979 e 2021.

Fonte: Autoria Própria (2022)

4 | CONCLUSÕES

Novos métodos para produção de biossurfactantes vem sendo cada vez mais estudados, além da descoberta da produção do mesmo como coproduto de outros processos, como foi confirmado pela pesquisa de patentes e pelo número cada vez maior de depósitos nos últimos anos. O processo fermentativo é a forma de obtenção mais utilizada, seja ele padronizado ou com uso de substrato alternativo, mas ainda se destaca a obtenção através de métodos como a tecnologia recombinante, hidrólise e ação de pesticidas.

Os biossurfactantes tem como sua principal forma de produção a utilização de microrganismo, 95% das patentes, em destaque o uso de bactérias que corresponde a mais da metade das patentes depositadas entre 1979 e 2021. Destas, a utilização de *Bacillus* e *Pseudomonas* foi bastante relevante, relacionando-se a também expressiva quantidade de patentes com produção de biossurfactante do tipo lipopeptídico e ramnolipídico.

A China aparece com o maior número de depósitos de documentos relacionados a produção de biossurfactantes, 83 entre os analisados, mostrando-se ser a maior interessada na proteção da tecnologia pesquisada. A China também é o único país com mais de 1 instituição com número de patentes igual ou superior a 3, apesar da empresa com mais depósitos ser a norte-americana Locus IP CO com 13 patentes. Empresas, inclusive, ao lado de universidades são os setores da sociedade que mais depositam patentes acerca da produção de biossurfactantes. Juntas representam mais de 66% dos documentos.

A empresa Petróleo Brasileiro SA aparece entre os aplicantes pelo depósito de uma patente acerca de um sistema de obtenção de bioprodutos em larga escala, entre eles os biossurfactantes. O Brasil, porém, não conta entre os países depositantes uma vez que o registro dessa patente foi realizado como tratado de cooperação internacional.

Essa pesquisa ainda mostrou a possibilidade de novos estudos pra especificação dos microrganismos utilizados nos processos, bem como dos tipos de biossurfactante obtidos.

REFERÊNCIAS

EPO, 2019. European Patent Office: Espacenet Patent Search Platform. Munich, The Hague, Berlin, Vienna, Brussels [WWW Document]. URL <http://worldwide.espacenet.com/?locale=enEP>

Kamal, M.S.; Hussein, I.A.; Sultan, A.S. Review on Surfactant Flooding: Phase Behavior, Retention, IFT, and Field Applications. *Energy Fuels*, v. 31, n. 8, p. 7701-7720, 2017.

Machado, B.A.S., Reis, J.H.O., Figueiredo, T.V.B., Druzian, J.I. Mapeamento tecnológico da goma xantana sob enfoque em pedidos de patentes depositados no mundo entre 1970 a 2009. *Revista GEINTEC – ISSN: 2237-0722. São Cristovão/SE – 2012. Vol. 2/n. 2/p. 154-165.*

Markande, A.R., Patel, D., Varjani, S. A review on biosurfactants: properties, application and current developments. *Bioresource Technology* 330 (2021) 124963. <https://doi.org/10.1177/0958305X19896781>

Mishra, B., Varjani, S., Agarwal, D.C., Mandal, S.K., Ngo, H.H., Taherzadeh, M.J., Chang, J.S., You, S., Guo, W., 2002b. Engineering biocatalytic material for the remediation of pollutants: A comprehensive review. *Environ. Technol. Innovation* 20, 101063.

Mota, R.; Vidal, R.; Pandeirada, C.; Flores, C.; Adessi, A.; Philippis, R.; Nunes, C.; Coimbra, M.A.; Tamagnini, P. Cyanoflan: A cyanobacterial sulfated carbohydrate Polymer with emulsifying properties. *Carbohydrate Polymers*, v. 229, 115525, 2020.

Schultz, J., Rosado, A.S., 2020. Extreme environments: a source of biosurfactants for biotechnological applications. *Extremophiles* 24, 189–206. <https://doi.org/10.1007/s00792-019-01151-2>

Varjani, S.J., Upasani, V.N., 2019. Evaluation of rhamnolipid production by a halotolerant novel strain of *Pseudomonas aeruginosa*. *Bioresour. Technol.* 288, 121577 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121577>