



## Produção de biossurfactantes: análise do rendimento a partir de variáveis produtivas

**SANTOS, Pablo Omar Lubarino<sup>1</sup>; MENEZES, Millena de Souza<sup>1</sup>;  
SANTOS, Brenda Lohanny Passos<sup>2</sup>; PRADO, Aline Alves Oliveira Santos<sup>3</sup>;  
RUZENE, Denise Santos<sup>1,2,4</sup>; SILVA, Daniel Pereira<sup>1,2,4,5\*</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe

<sup>2</sup> Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal de Sergipe

<sup>3</sup> Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, Sergipe, Brasil

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Sergipe

<sup>5</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, Universidade Federal de Sergipe

\* Autor de correspondência. E-mail: silvadp@hotmail.com

### RESUMO

Os surfactantes são compostos com ampla aplicação industrial, contudo, apresentam certa toxicidade a diversos ecossistemas. Dessa forma, os biossurfactantes vêm sendo utilizados como substitutos para os tensoativos sintéticos. Entretanto, essas biomoléculas possuem um alto custo quando comparada aos compostos sintetizados, tornando inviável a sua utilização em larga escala. Neste sentido, há um grande esforço em reduzir os custos atrelados à produção dos biossurfactantes, visando torná-los competitivos em relação aos surfactantes sintéticos. Um dos fatores que tornarão os biossurfactantes mais competitivos é o aumento do rendimento do processo produtivo, adotando para isso diferentes tipos de microrganismos. Desta forma, este trabalho utiliza de uma análise na literatura para discutir a produtividade associada a diferentes microrganismos na produção de biossurfactante, demonstrando a viabilidade econômica desses compostos.

**Palavras-chave:** Biossurfactantes; Produção; Microrganismos; Otimização.

### Production of biosurfactants: yield analysis from productive variables

### ABSTRACT

Surfactants are compounds with a wide range of industrial applications; however, they present certain toxicity to various ecosystems. Therefore, biosurfactants have been used as substitutes for synthetic surfactants. Nevertheless, these biomolecules are costly compared to synthesized compounds, making their large-scale utilization unfeasible. In this regard, there is a great effort to reduce the production costs of biosurfactants in order to make them competitive with synthetic surfactants. One of the factors that will contribute to the biosurfactants' competitiveness is increasing the yield of the production process by employing different types of microorganisms. Hence, this study analyzes the literature to discuss the productivity associated with different microorganisms in biosurfactant production, demonstrating the economic viability of these compounds.

**Keywords:** Biosurfactants; Production; Microorganisms; Optimization.

## 1 Introdução

Os surfactantes são moléculas anfifílicas que possuem simultaneamente uma parte hidrofóbica e outra hidrofílica na mesma estrutura, possuindo amplas aplicações industriais e, portanto, estando presentes em diversos setores, como o alimentício, saneante, cosmético e farmacêutico (FRACCHIA *et al.*, 2014; DE *et al.*, 2015; AKBARI *et al.*, 2018; BANAT *et al.*, 2000; AL-DHABI *et al.*, 2020). Este vasto uso se deve às propriedades apresentadas por essas moléculas, com destaque para a capacidade de produzir emulsões e reduzir a tensão superficial e interfacial (DE *et al.*, 2015; KUMAR *et al.*, 2022).

A despeito da sua presença essencial em diversas áreas industriais, os surfactantes sintéticos e seus subprodutos tendem a ser tóxicos, logo devem ser utilizados com cautela, visto que apresentam um risco para diversos ecossistemas, sendo responsáveis por diversas alterações no meio e nos organismos, como a eutrofização de ambientes aquáticos e inibição enzimática em organismos vivos (LAVORGNA *et al.*, 2016; ARORA *et al.*, 2022; NAGTODE *et al.*, 2023).

Como compostos oriundos de bioprocessos realizados por microrganismos como fungos, bactérias e leveduras, os biossurfactantes, ou surfactantes naturais, vêm ganhando espaço como substitutos dos tensoativos sintéticos devido a suas características de melhor biocompatibilidade, além de serem biodegradáveis e menos tóxicos ao meio ambiente se comparadas aos surfactantes tradicionais, o que os torna mais atrativos do ponto de vista ecológico (BJERK *et al.*, 2021; FERNANDES *et al.*, 2023; SARUBBO *et al.*, 2022; VIEIRA *et al.*, 2021a).

Apesar das vantagens vinculadas à sua utilização, os biossurfactantes apresentam uma baixa participação de mercado devido aos seus altos custos de produção, deste modo, diversas alternativas vêm sendo estudadas para reverter esse cenário, dentre elas podem ser citadas a busca por matéria-prima de baixo custo, como resíduos agroindustriais, otimização dos meios de cultura, desenvolvimento de tecnologias de extração e purificação e busca por microrganismos com alto rendimento produtivo (BANAT *et al.*, 2010; SINGH *et al.*, 2019; FARIAS *et al.*, 2021; VIEIRA *et al.*, 2021a; SARUBBO *et al.*, 2022; GANESAN; RANGARAJAN, 2022).

Diante do que foi exposto, este trabalho busca realizar um levantamento acerca do potencial produtivo de biossurfactantes e da otimização de condições fermentativas, tendo como principal abordagem apresentação de alguns exemplos referente ao tipo de microrganismo utilizado no bioprocessos.

## 2 *Acinetobacter* sp.

*Acinetobacter* é um gênero de bactérias com a capacidade de produzir biossurfactantes dos tipos poliméricos, fosfolipídios e ramnolipídios (HOŠKOVÁ *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014; RAWAT *et al.*, 2020; SARUBBO *et al.*, 2022). Pirog *et al.* (2021) produziram biossurfactantes a partir da cepa bacteriana *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 e utilizando óleo de girassol residual como fonte de carbono em meios contendo cátions monovalentes, obtendo como melhores resultados a produção de  $6,1 \pm 0,30$  g/L e  $7,7 \pm 0,35$  g/L de biossurfactantes nos meios contendo NaCl a 1 g/L e KCl a 1 g/L, respectivamente. Ambos os meios não apresentavam a presença de cátions.

Hošková *et al.* (2013) produziram ramnolipídios a partir de *A. calcoaceticus* B-59190, utilizando diferentes fontes de carbono e alcançando o seu rendimento máximo em citrato de sódio, com uma produção de 0,59 g/L. Meios contendo óleo de girassol ou glicerina também foram estudados, mas apresentaram concentrações finais bem menores.

## 3 *Rhodococcus* sp.

Outro gênero de microrganismos capazes de sintetizar biossurfactantes é o *Rhodococcus*, com destaque para a espécie *Rhodococcus erythropolis*, os quais são responsáveis pela produção de biossurfactantes do tipo glicolipídios e lipopeptídios (WHITE *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014).

Pirog *et al.* (2013) utilizaram óleo residual de girassol, borra de óleo e glicerol como fontes de carbono para produção de biossurfactantes com *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, além disso, os autores conseguiram uma concentração de  $6.8 \pm 0.34$  g/L de biossurfactantes a partir da associação de glicose a 0,1% em meio fermentativo, cuja fonte de carbono principal foi óleo de girassol residual a 2% em volume.

*Rhodococcus erythropolis* AQ5-07 foi utilizada por Ibrahim *et al.* (2020) para produção de surfactantes naturais. Para isso os autores utilizaram óleo de canola como fonte de carbono, analisando fatores como concentração do óleo de canola, temperatura e pH na produção de biossurfactante, obtendo como melhores parâmetros para essa cepa temperatura de 15°C, pH de 7,5 e 3% como a concentração de óleo em volume.

#### 4 *Candida* sp.

Diversos fungos do gênero *Candida* apresentam capacidade de produzir biossurfactantes, como o *C. bombicola*, *C. lipolytica* e *C. albicans*, os quais se destacam na produção de soforolipídios e biossurfactantes poliméricos (CAMPOS *et al.*, 2014; FELIPE; DIAS, 2017; WINTERBURN; MARTIN, 2012). *Candida bombicola* ATCC 22214 foi utilizada por Minucelli *et al.* (2017) para a produção de soforolipídios. Durante as fermentações, os autores combinaram melão de cana-de-açúcar, suco de cana-de-açúcar, sacarose ou glicose (fontes hidrofílicas) com uma fonte hidrofóbica, que variou entre gordura de frango e óleo de girassol, em concentrações de 100 g/L. Nessa concentração a melhor combinação em termos de rendimento foi glicose com gordura de frango, alcançando uma produção de 16,83 g/L. Ainda utilizando esses substratos, os autores conseguiram aumentar a produção para 41,63 g/L, a partir da alteração da composição do meio fermentativo, o qual passou a ser constituído de 75 g/L de gordura de frango e 100 g/L de glicose.

Campos *et al.* (2014) utilizaram 4 espécies diferentes da levedura para produção de biossurfactantes, *Candida lipolytica* (UCP 0988), *Candida guilliermondii* (UCP 0922), *Candida tropicalis* (UCP 0996) e *Candida utilis* (UFPEDA 1009), dentre esses microrganismos, os autores decidiram estudar a influência da fonte de carbono na produção de biossurfactante por *C. utilis*, devido a ensaios iniciais com essa levedura apresentarem menor tensão superficial comparada a das outras espécies. Desta forma, a produção de biossurfactantes foi otimizada em 12,52 g/L, utilizando um meio fermentativo contendo óleo de canola residual (6%, p/v) e glicose (6%, p/v).

#### 5 *Starmerella* sp.

Conhecidas pela produção de soforolipídios, biossurfactantes da classe dos glicolipídios, as leveduras do gênero *Starmerella* têm sido estudadas quanto ao seu potencial de produção de surfactantes naturais, especialmente a *Starmerella bombicola* (DE GRAEVE *et al.*, 2018; RAWAT *et al.*, 2020; COSTA *et al.*, 2021; SARUBBO *et al.*, 2022).

Costa *et al.* (2021) utilizaram a cepa *Starmerella bombicola* ATCC 22214 para produzir soforolipídios a partir de azeite de dendê (75 g/L) e glicose (150 g/L), obtendo uma produção de 7,6 g/L. Wadekar *et al.* (2012) também estudaram a produção de biossurfactantes por *Starmerella bombicola* ATCC 22214, porém, utilizando substratos diferentes, como uma combinação de glicose (10%, p/v) com diferentes tipos de óleo na mesma concentração como fonte de carbono, obtendo, desta forma, os rendimentos de  $11,98 \pm 0,72$  g/L (óleo de girassol),

6,00 ± 0,25 g/L (óleo de jatrofa), 7,66 ± 0,31 g/L (óleo de karanja) e 2,63 ± 0,26 g/L (óleo de nim).

Jadhav *et al.* (2019) utilizaram *S. bombicola* MTCC191 para produção de biossurfactantes, cuja fonte de carbono adotada pelos autores foi uma combinação de glicose (10%, p/v) com um substrato lipídico (10%, p/v), o qual pode ter sido óleo de girassol, ácido oleico ou óleo ácido de girassol, os quais apresentaram rendimento de, respectivamente, 10,2 ± 0,25 g/L, 55,2 ± 0,82 g/L e 41,6 ± 0,52 g/L de soforolipídios.

## 6 Considerações sobre otimização

Com base nos dados presentes na literatura, é notória a possibilidade de melhoria no rendimento dos processos de produção de biossurfactantes. Constatou-se que a modificação dos parâmetros fermentativos gera uma variação expressiva na produtividade do processo, como em Jadhav *et al.* (2019), onde os autores demonstraram a influência da fonte de carbono no rendimento, aumentando o rendimento em mais de 400% ao realizar a fermentação com ácido oleico em comparação ao óleo de girassol.

Além da influência do tipo de substrato, a literatura também demonstrou que a concentração do mesmo é outro parâmetro importante para a otimização da produção de biossurfactantes. Minucelli *et al.* (2017) conseguiram produzir 7,24 g/L de biossurfactante em um meio fermentativo contendo 75 g/L de gordura de frango e 10 g/L de glicose, mas ao alterarem a concentração de glicose para 100 g/L, mantendo a gordura em 75 g/L, a produção de soforolipídios aumentou para 41,63 g/L, demonstrando a influência da concentração do substrato.

Os parâmetros nutricionais não são os únicos fatores que irão influenciar na produção de bioprodutos. A escolha da espécie fermentadora a ser utilizada, ou até mesmo a variação da cepa do mesmo microrganismo, irá modificar o rendimento do bioprocessamento (WADEKAR *et al.*, 2012; JADHAV *et al.*, 2019).

A partir disso, pode-se afirmar que o processo de otimização da produção de biossurfactantes é complexo e depende de diversos parâmetros, desde o tipo de microrganismo fermentador até a concentração dos nutrientes no meio fermentativo, os quais influenciam largamente os processos (VIEIRA *et al.*, 2021b; SANTOS *et al.*, 2023; YOSHIMURA *et al.*, 2022; GAUR *et al.*, 2022). Desta forma, é provável que a busca de condições ótimas para a produção de biossurfactantes possa tornar esse processo viável, reduzindo o custo de produção dos mesmos e aumentando sua participação de mercado.

## 7 Considerações finais

A crescente conscientização global acerca da redução dos impactos ambientais vem fomentando o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias que tragam resultados sustentáveis. Dito isso, a presente revisão buscou demonstrar que existe uma grande mobilização em prol do desenvolvimento de técnicas que aumentem a competitividade dos biossurfactantes, como a utilização de meio de cultura alternativos, a busca de condições ideais para determinado microrganismo e até mesma a busca por novas cepas com alto desempenho produtivo. Com base no que foi discutido, torna-se evidente que a otimização da produção de biossurfactantes vem sendo estudada, com resultados promissores, visto que a alteração de diversos fatores vem gerando resultados positivos no rendimento dos processos fermentativos, o que leva a crer que esses compostos em breve poderão se tornar uma alternativa verdadeiramente viável em relação aos surfactantes sintéticos.

## 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 Inovações (MCTI), Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) e a Universidade Federal de Sergipe pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/UFS).

## Referências bibliográficas

AKBARI, S.; ABDURAHMAN, N. H.; YUNUS, R. M.; 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, 2018.

AL-DHABI, N. A.; ESMAIL, G. A.; ARASU, M. V. Enhanced Production of Biosurfactant from *Bacillus subtilis* Strain Al-Dhabi-130 under Solid-State Fermentation Using Date Molasses from Saudi Arabia for Bioremediation of Crude-Oil-Contaminated Soils. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.17, n.22, 2020.

ARORA, U.; KHUNTIA, H. K.; CHANAKYA, H. N.; KAPLEY, A. Surfactants: combating the fate, impact, and aftermath of their release in the environment. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v.28, 2022.

BANAT, I. M.; FRANZETTI, A.; GANDOLFI, I.; BESTETTI, G.; MARTINOTTI, M. G.; FRACCHIA, L.; SMYTH, T. J.; MARCHANT, R. Microbial biosurfactants production, applications and future potential. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.87, n.2, p.427–444, 2010.

BANAT, I. M.; MAKKAR, R. S.; CAMEOTRA, S. S. Potential commercial applications of microbial surfactants. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.53, n.5, p.495–508, 2000.

BJERK, T. R.; SEVERINO, P.; JAIN, S.; MARQUES, C.; SILVA, A. M.; PASHIROVA, T.; SOUTO, E. B. Biosurfactants: Properties and Applications in Drug Delivery, Biotechnology and Ecotoxicology. **Bioengineering**, v.8, n.8, p.115, 2021.

CAMPOS, J. M.; STAMFORD, T. L. M.; SARUBBO, L. A. Production of a Bioemulsifier with Potential Application in the Food Industry. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.172, n.6, p.3234–3252, 2014.

COSTA, N. J. A.; CARETTA, T. DE O.; BALDO, C.; CELLIGOI, M. A. P. C. Aplicação de sofrorolípídios produzidos por *Starmerella bombicola* em filmes ativos para revestimento de morangos / Application of sophorolipids produced by *Starmerella bombicola* in active films for strawberries coating. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.9, p.88834–88849, 2021.

DE GRAEVE, M.; DE MAESENEIRE, S. L.; ROELANTS, S. L. K. W.; SOETAERT, W. *Starmerella bombicola*, an industrially relevant, yet fundamentally underexplored yeast. **FEMS Yeast Research**, v.18, n.7, 2018.

DE, S.; MALIK, S.; GHOSH, A.; SAHA, R.; SAHA, B. A review on natural surfactants. **RSC Advances**, v.5, n.81, p.65757–65767, 2015.

FARIAS, C. B. B.; ALMEIDA, F. C. G.; SILVA, I. A.; SOUZA, T. C.; MEIRA, H. M.; SOARES DA SILVA, R. D. C. F.; LUNA, J. M.; SANTOS, V. A.; CONVERTI, A.; BANAT, I. M.; SARUBBO, L. A. Production of green surfactants: Market prospects. **Electronic Journal of Biotechnology**, v.51, p.28–39, 2021.

FELIPE, L. DE O.; DIAS, S. DE C. Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens. **Química Nova na Escola**, v.39, n.3, 2017.

FERNANDES, N. DE A. T.; SIMÕES, L. A.; DIAS, D. R. Biosurfactants Produced by Yeasts: Fermentation, Screening, Recovery, Purification, Characterization, and Applications. **Fermentation**, v.9, n.3, p.207, 2023.

FRACCHIA, L.; CERESA, C.; FRANZETTI, A.; CAVALLO, M.; GANDOLFI, I.; VAN HAMME, J.; GKOREZIS, P.; MARCHANT, R.; BANAT, I. **Industrial Applications of Biosurfactants**. Em: [s.l: s.n.]. v.159p. 245–268, 2014.

GANESAN, N. G.; RANGARAJAN, V. A comparative study on surfactin production from various fruit juices for diverse applications. **Materials Today: Proceedings**, 2022.

GAUR, V. K.; GUPTA, P.; TRIPATHI, V.; THAKUR, R. S.; REGAR, R. K.; PATEL, D. K.; MANICKAM, N. Valorization of agro-industrial waste for rhamnolipid production, its role in crude oil solubilization and resensitizing bacterial pathogens. **Environmental Technology & Innovation**, v.25, p.102108, 2022.

HOŠKOVÁ, M.; SCHREIBEROVÁ, O.; JEŽDÍK, R.; CHUDOBA, J.; MASÁK, J.; SIGLER, K.; ŘEZANKA, T. Characterization of rhamnolipids produced by non-pathogenic *Acinetobacter* and *Enterobacter* bacteria. **Bioresource Technology**, v.130, p.510–516, 2013.

IBRAHIM, S.; ABDUL KHALIL, K.; ZAHRI, K. N. M.; GOMEZ-FUENTES, C.; CONVEY, P.; ZULKHARNAIN, A.; SABRI, S.; ALIAS, S. A.; GONZÁLEZ-ROCHA, G.; AHMAD, S. A. Biosurfactant Production and Growth Kinetics Studies of the Waste Canola Oil-Degrading Bacterium *Rhodococcus erythropolis* AQ5-07 from Antarctica. **Molecules**, v.25, n.17, p.3878, 2020.

JADHAV, J. V.; PRATAP, A. P.; KALE, S. B. Evaluation of sunflower oil refinery waste as feedstock for production of sophorolipid. **Process Biochemistry**, v.78, p.15–24, 2019.

KUMAR, V. et al. Emerging challenges for the agro-industrial food waste utilization: A review on food waste biorefinery. **Bioresource Technology**, v.362, p.127790, 2022.

LAVORGNA, M.; RUSSO, C.; D'ABROSCA, B.; PARRELLA, A.; ISIDORI, M. Toxicity and genotoxicity of the quaternary ammonium compound benzalkonium chloride (BAC) using *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia* as model systems. **Environmental Pollution**, v.210, p.34–39, 2016.

MINUCELLI, T.; RIBEIRO-VIANA, R. M.; BORSATO, D.; ANDRADE, G.; CELY, M. V. T.; DE OLIVEIRA, M. R.; BALDO, C.; CELLIGOI, M. A. P. C. Sophorolipids Production by *Candida bombicola* ATCC 22214 and Its Potential Application in Soil Bioremediation. **Waste and Biomass Valorization**, v.8, n.3, p.743–753, 2017.

NAGTODE, V. S.; CARDOZA, C.; YASIN, H. K. A.; MALI, S. N.; TAMBE, S. M.; ROY, P.; SINGH, K.; GOEL, A.; AMIN, P. D.; THORAT, B. R.; CRUZ, J. N.; PRATAP, A. P. Green Surfactants (Biosurfactants): A Petroleum-Free Substitute for Sustainability—Comparison, Applications, Market, and Future Prospects. **ACS Omega**, v.8, n.13, p.11674–11699, 2023.

PIROG, T. P.; LUTSAI, D. A.; SHEVCHUK, T. A.; IUTYNSKA, G. O. Synthesis and Biological Activity of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 Surfactants Depending on Monovalent Cations Content in Cultivation Medium. **Mikrobiolohichnyi Zhurnal**, v.83, n.2, p.20–31, 2021.

PIROG, T.; SOFILKANYCH, A.; KONON, A.; SHEVCHUK, T.; IVANOV, S. Intensification of surfactants' synthesis by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* K-8 on fried oil and glycerol containing medium. **Food and Bioproducts Processing**, v.91, n.2, p.149–157, 2013.

RAWAT, G.; DHASMANA, A.; KUMAR, V. Biosurfactants: the next generation biomolecules for diverse applications. **Environmental Sustainability**, v.3, n.4, p.353–369, 2020.

SARUBBO, L. A.; SILVA, M. DA G. C.; DURVAL, I. J. B.; BEZERRA, K. G. O.; RIBEIRO, B. G.; SILVA, I. A.; TWIGG, M. S.; BANAT, I. M. Biosurfactants: Production, properties, applications, trends, and general perspectives. **Biochemical Engineering Journal**, v.181, p.108377, 2022.

SANTOS, C. V. M.; VIEIRA, I. M. M.; SANTOS, B. L. P.; SOUZA, R. R. DE; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P. Biosurfactant Production from Pineapple Waste and Application of Experimental Design and Statistical Analysis. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.195, p.386–400, 2023.

SILVA, R.; ALMEIDA, D.; RUFINO, R.; LUNA, J.; SANTOS, V.; SARUBBO, L. Applications of Biosurfactants in the Petroleum Industry and the Remediation of Oil Spills. **International Journal of Molecular Sciences**, v.15, n.7, p.12523–12542, 2014.

SINGH, P.; PATIL, Y.; RALE, V. Biosurfactant production: emerging trends and promising strategies. **Journal of Applied Microbiology**, v.126, n.1, p.2–13, 2019.

VIEIRA, I. M. M.; SANTOS, B. L. P.; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P. An overview of current research and developments in biosurfactants. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v.100, p.1–18, 2021a.

VIEIRA, I. M. M.; SANTOS, B. L. P.; SILVA, L. S.; RAMOS, L. C.; DE SOUZA, R. R.; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P. Potential of pineapple peel in the alternative composition of culture media for biosurfactant production. **Environmental Science and Pollution Research**, v.28, p.68957–68971, 2021b.

YOSHIMURA, I.; SALAZAR-BRYAM, A. M.; FARIA, A. U. DE; LEITE, L. P.; LOVAGLIO, R. B.; CONTIERO, J. Guava Seed Oil: Potential Waste for the Rhamnolipids Production. **Fermentation**, v.8, n.379, 2022.

WADEKAR, S. D.; KALE, S. B.; LALI, A. M.; BHOWMICK, D. N.; PRATAP, A. P. Jatropha oil and karanja oil as carbon sources for production of sophorolipids. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.114, n.7, p.823–832, 2012.

WHITE, D. A.; HIRD, L. C.; ALI, S. T. Production and characterization of a trehalolipid biosurfactant produced by the novel marine bacterium *Rhodococcus* sp., strain PML026. **Journal of Applied Microbiology**, v.115, n.3, p.744–755, 2013.

WINTERBURN, J. B.; MARTIN, P. J. Foam mitigation and exploitation in biosurfactant production. **Biotechnology Letters**, v.34, n.2, p.187–195, 2012.