



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS
AMBIENTAIS

ANA PAULA BARBOSA CAVALCANTI

**FORMULAÇÃO DE UM COSMÉTICO *ECOFRIENDLY*
INOVADOR PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (*PETS*)
CONTENDO BIOSURFACTANTE**

Recife, 05 de agosto de 2025

ANA PAULA BARBOSA CAVALCANTI

**FORMULAÇÃO DE UM COSMÉTICO *ECOFRIENDLY*
INOVADOR PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (*PETS*)
CONTENDO BIOSURFACTANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

Área de Concentração: Desenvolvimento em Processos Ambientais

Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Leonie Asfora Sarubbo

Coorientadora: Dra. Rita de Cássia Freire Soares da Silva

Recife, 05 de agosto de 2025

Ficha Catalográfica

Cavalcanti, A. P. B.

Formulação de um cosmético *ecofriendly* inovador para animais de estimação (*pets*) contendo biossurfactante.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2025.

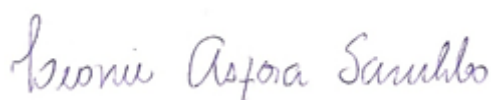
1. Surfactante microbiano. 2. Formulação. 3. Xampu sólido.

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Escola de Tecnologia e Comunicação.

FORMULAÇÃO DE UM COSMÉTICO *ECOFRIENDLY* INOVADOR PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (*PETS*) CONTENDO BIOSSURFACTANTE

ANA PAULA BARBOSA CAVALCANTI

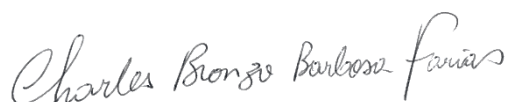
Examinadores:



Profa. Dra. Leonie Asfora Sarubbo (Orientadora)
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP



Profa. Dra. Raquel Diniz Rufino (Titular Interno)
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP



Dr. Charles Bronzo Barbosa Farias (Titular Externo)
Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI)

Defendida em: 05/08/2025.

Coordenador: Prof. Dr. Sérgio Mendonça de Almeida

Dedico este trabalho de dissertação a todos os professores que conheci desde a época da alfabetização, até o Mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a Jurema Sagrada e a toda minha espiritualidade.

Agradeço especialmente à minha orientadora do mestrado Prof^a Dra^a Leonie Asfora Sarubbo por ter me ajudado a realizar o sonho de fazer o Mestrado, tornando minha vida melhor e com mais esperanças, sem ela, nada se realizaria.

Agradeço à minha coorientadora Dra. Rita de Cássia Freire Soares da Silva por ter me dado forças em momentos que me senti frágil.

Ao Coordenador da Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais, o Prof. Dr. Sérgio Mendonça de Almeida por toda ajuda.

Ao Técnico de Laboratório da UNICAP, Lucas Ferreira da Costa, pela ajuda em todos os momentos, a meu amigo Israel Gonçalves pela força e incentivo.

A minha mãe que é o grande amor da minha vida, a minha grande amiga e avó Irene (*in memoriam*), meu grande amigo e avô Armando (*in memoriam*), e aquele que foi um exemplo de família na minha vida, meu padrasto Carlos Joaquim (*in memoriam*).

Aos meus irmãos, Danielle, Ricardo, Gracinha e Kátia (*in memoriam*), por todo o apoio e amor e a toda minha família.

Ao meu grande amigo Ricardo Pedro, Zoé Morés e Manuela Simões.

Ao meu Juremeiro Caio Renato, Fábio Jean, Valeska Barbedo e Janaína Janssen.

A Gleice pelo grande e valioso apoio, a Kaio, Renata, Alexandre Paredes e Yslla.

Às professoras Dra. Eliana Barreto, Dra. Raquel Rufino e Dra. Juliana Luna.

Ao meu primeiro professor de química, Luís Carlos e à professora Tângela, ambos da Escola Técnica Itu em Bento Ribeiro, no Rio de Janeiro.

Aos meus melhores amigos, Eduardo Costa e Célio Maia do Rio de Janeiro.

Aos meus amigos de Engenharia Química da UNICAP, Katarina Bruno, Joana Studart, Elayne Santana, Rodolfo Melo, Bruno Wanderley e Marcos Paulo.

À Universidade Católica de Pernambuco, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI) pelo suporte financeiro nos laboratórios da UNICAP e do IATI.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	21
2.1. Objetivo Geral	21
2.2. Objetivos Específicos	21
3. REVISÃO DA LITERATURA	22
3.1 SURGIMENTO DOS COSMÉTICOS	22
3.2. COSMÉTICOS NATURAIS, ORGÂNICOS E VEGANOS	24
3.2.1. Cosméticos do tipo xampu sólido	28
3.3. SURFACTANTES EM COSMÉTICOS	29
3.3.1. Surfactantes químicos	31
3.3.2. Surfactantes de base natural (<i>biobased surfactants</i>)	31
3.3.3. Biossurfactantes	32
3.3.3.1. Biossurfactantes produzidos pela levedura <i>Starmerella bombicola</i>	40
3.3.3.2. Aplicação de biossurfactantes na indústria de cosméticos.....	41
3.3.3.3. Mercado de biossurfactantes na indústria de cosméticos	43
3.4. MERCADO DO SETOR COSMÉTICO BRASILEIRO	46
3.5. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO DO SETOR COSMÉTICO NO BRASIL 49	
3.6. PERSPECTIVAS DO MERCADO DE COSMÉTICOS SUSTENTÁVEIS	59
3.7. COSMÉTICOS SUSTENTÁVEIS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (<i>PETS</i>)	63
3.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

CAPÍTULO II

1. INTRODUÇÃO	83
2. ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS COSMÉTICOS	85
3. COSMÉTICOS NATURAIS, ORGÂNICOS E VEGANOS	87
4. MERCADO DO SETOR COSMÉTICO BRASILEIRO	92
5. CRESCIMENTO E EMPREGOS NO SETOR DE HIGIENE PESSOAL	93
6. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO DO SETOR COSMÉTICO NO BRASIL	94
7. NOVIDADES NO MERCADO DA COSMÉTICA	98

7.1. Xampu sólido	98
7.2. Cosméticos para animais de estimação (pets)	99
8. PERSPECTIVAS DO MERCADO DE COSMÉTICOS SUSNTENTÁVEIS	100
9.CONCLUSÕES	103

CAPÍTULO III

1. Introdução	135
2. Materiais e Métodos	144
2.1. <i>Produção do biossurfactante</i>	144
2.2. <i>Isolamento do biossurfactante</i>	145
2.3. <i>Determinação da Tensão Superficial e Concentração Micelar Crítica (CMC)</i>	146
2.4. <i>Determinação da carga iônica do biossurfactante</i>	146
2.5. <i>Determinação da atividade de emulsificação</i>	146
2.6. <i>Determinação do balanço hidrofílico-lipofílico (HLB)</i>	147
2.7. <i>Teste de formação de espuma e de dispersão de sujeira do biossurfactante</i>	148
2.8. <i>Teste de toxicidade (teste da membrana corioalantóide do ovo embrionado) ...</i>	149
2.9. <i>Caracterização estrutural do biossurfactante</i>	150
2.10. <i>Formulação do xampu sólido para Pet contendo o biossurfactante</i>	150
2.11. <i>Caracterização do xampu sólido</i>	153
2.12. <i>Determinação do pH do xampu sólido</i>	153
2.13. <i>Análises visuais do xampu formulado (controle de qualidade)</i>	153
2.14. <i>Determinação do teor de água do xampu sólido</i>	154
2.15. <i>Alcalinidade livre no xampu sólido</i>	154
2.16. <i>Teste de formação de espuma e de dispersão de sujeira do xampu sólido</i>	155
2.17. <i>Determinação do percentual de conteúdo sólido do xampu.....</i>	156
2.18. <i>Ação de limpeza do xampu sólido (lavagem do pelo)</i>	156
2.19. <i>Análise microbiológica do xampu sólido</i>	157
2.20. <i>Teste de prateleira do xampu sólido (shelf life)</i>	158
2.21. <i>Viabilidade econômica do xampu sólido</i>	159
2.22. <i>Embalagem e rótulo do xampu sólido</i>	159
2.23. <i>Análises estatísticas dos dados obtidos durante os experimentos</i>	159
3. Resultados e Discussão	160
3.1. <i>Produção do biossurfactante</i>	160

3.2. Capacidades de emulsificação, espumação, dispersão de sujeira e balanço hidrofílico-lipofílico do biossurfactante	164
3.3. Citotoxicidade do biossurfactante	167
3.4. Caracterização do biossurfactante	169
3.5. Formulação do xampu sólido	173
3.6. Caracterização do xampu sólido	181
3.7. Análise microbiológica do xampu sólido	183
3.8. Potencial de Irritação ocular do xampu sólido	184
3.9. Vida de prateleira do xampu sólido	185
3.10. Avaliação dos custos de venda do xampu sólido	185
3.11. Embalagem e rótulo do xampu sólido	187
4. Conclusão	188

CAPÍTULO IV

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	199
2. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	201
3. Apêndice	202
3.1 Normas da revista	223
3.2 Comprovante de Submissão	229
3.3 Normas da revista	230
3.4 Comprovante de Submissão	248

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Empresas de higiene pessoal, perfumaria e cosmético no Brasil em 2023.....	46
Figura 2. Panorama mundial do setor de higiene pessoal, perfumaria e cosmético em 2022.....	47
Figura 3. Selo vegano da Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB).....	58
Figura 4. Selo vegano da People for the Ethical Treatment of Animals (PETA)	58

CAPÍTULO II

Figura 1. Empresas de higiene pessoal, perfumaria e cosmético no Brasil em 2023 (ABIHPEC 2023)	127
Figura 2. Panorama mundial do setor de higiene pessoal, perfumaria e cosmético em 2023 (ABIHPEC 2024)	128
Figura 3. Selo vegano da Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB).....	129
Figura 4. Selo vegano da People for the Ethical Treatment of Animals (PETA)...	130

CAPÍTULO III

Figura 1. Representação molecular de duas formas de soforolipídios. A) Forma lactônica e B) Forma ácida.....	142
Figura 2. Concentração Micelar Crítica (CMC) do biossurfactante de <i>Starmerella bombicola</i> ATCC 22214 produzido em meio mineral contendo óleo de soja e glicose.....	163
Figura 3. Emulsificação do óleo de côco (a) e do óleo de Neem (b) pelo biossurfactante de <i>Starmerella bombicola</i> ATCC 22214.....	165
Figura 4. Aspecto da dispersão do biossurfactante de <i>S. bombicola</i> ATCC 22214 em água.....	166
Figura 5. Aspecto da dispersão de tinta nanquim pela espuma do surfactante cocil isetionato de sódio (a) e do biossurfactante de <i>S. bombicola</i> ATCC 22214 (b).....	167

Figura 6. Interação do biossurfactante de <i>Starmerella bombicola</i> ATCC 22214 com Cloreto de Bário (+) e Dodecil Sulfato de sódio (-) reagiu com o cloreto de bário, indicando caráter aniônico.....	170
Figura 7. Espectro FTIR do biossurfactante de <i>Starmerella. bombicola</i> ATCC 22214.....	171
Figura 8. Espectro de RMN do ¹ H do biossurfactante de <i>Starmerella bombicola</i> ATCC 22214 (DMSO- <i>d</i> ₆ , 400 MHz)	172
Figura 9. Espectro de RMN do ¹³ C do biossurfactante de <i>S. bombicola</i> ATCC 22214 (DMSO- <i>d</i> ₆ , 100 MHz)	173
Figura 10. Ilustração dos xampus obtidos.....	180
Figura 11. Capacidade de geração de espuma (a) e de dispersão de sujeira (b) do xampu sólido para <i>Pets</i>	182
Figura 12. Ilustração de mechas de pelos de <i>Pets</i> (a) antes e (b) após lavagem com o xampu sólido.....	183
Figura 13. Ilustração das Placas de <i>Petri</i> contendo os meios ágar Caseína-soja e ágar Sabouraud-dextrose mantidos a 25, 35 e 47 °C.....	184

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Preços de biossurfactantes em comparação ao surfactante sintético dodecil sulfato de sódio (SDS).....	44
Tabela 2. Biossurfactantes produzidos em larga escala por diferentes empresas com aplicação na indústria de cosméticos.....	45
Tabela 3. Critérios definidos por diferentes organismos de certificação.....	55
Tabela 4. Classificação dos Cosméticos Sustentáveis.....	59

CAPÍTULO II

Tabela I. Definição das matérias-primas para produção de cosméticos.....	120
Tabela II. Critérios definidos por diferentes organismos de certificação.....	121

CAPÍTULO III

Tabela 1. Lista de ingredientes utilizados na formulação do xampu sólido para <i>Pets</i>	151
Tabela 2. Ingredientes da formulação de xampu sólido.....	151
Tabela 3. Emulsificação de substrates hidrofóbicos pelo biossurfactante de <i>Starmarella bombicola</i> ATCC 22214 produzido em meio mineral contendo óleo de soja e glicose.....	164
Tabela 4. Resultados do teste da membrana corioalantóide do ovo de galinha aplicado ao xampu sólido para <i>Pets</i>	184
Tabela 5. Preço aproximado dos componentes em reais.....	186

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Equação de Griffin.....	147
Equação 2. Índice de irritação.....	149
Equação 3. Percentual de umidade.....	154
Equação 4. Teor de alcalinidade livre.....	155
Equação 5. Teor de acidez livre	155
Equação 6. Remoção de sebo.....	157

LISTA DE SIGLAS

ABIHPEC: Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos

ABIHPEC: Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos

ANN-GA: Inteligência Neural Artificial acoplada a Algoritmo Genético

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ATCC: American Type Culture Collection

A/O: água em óleo

BHA: 2,3-terc-butil-4-hidroxianisol

BHT: di-terc-butil-hidroxitolueno

BPA: bisfenol A

CAGR: taxa de crescimento anual composto

CMC: Concentração Micelar Crítica

FTIR: Fourier Transform Infrared

HET-CAM: Hen's Egg Test – Chorioallantoic Membrane

HLB: Hydrophilic-Lipophilic Balance

HPLC: High performance liquid chromatography

HPPC: Higiene Pessoal, Cosmética e Perfumaria

IA: Inteligência Artificial

INCI Nomenclatura Internacional de Ingredientes Cosméticos

LAS: Sulfonatos de alquilbenzeno lineares

LESS: Lauril Éter Sulfato de Sódio

LSS: Lauril Sulfato de Sódio

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MEL: Lipídios Manosileritritol (mannosylerythritol lipids)

MS: Ministério da Saúde

RMN: Ressonância Magnética Nuclear

O/A: Óleo em água

PBS: Tampão fosfato salino

SDS: Dodecil sulfato de sódio

SUS: Sistema Único de Saúde

RESUMO

Atualmente, o desenvolvimento de processos ecológicos está direcionando as pesquisas para obtenção de novos compostos verdes, na tentativa de reduzir a dependência de recursos fósseis. Nesse contexto, o desenvolvimento de cosméticos sustentáveis, ou biocosméticos, tem sido cada vez mais explorada. Diante da perspectiva de fornecer um cosmético inovador para o crescente mercado de animais de estimação (*Pets*), este trabalho propôs o desenvolvimento de um xampu sólido (em barra) inovador, para uso em *Pets*, formulado exclusivamente com ingredientes naturais, incluindo um surfactante microbiano como tensoativo da formulação. Nesse sentido, um biossurfactante foi inicialmente produzido pela levedura *Starmerella bombicola* ATCC 22214 cultivada em meio mineral contendo 10% de óleo de soja, 5% de glicose. O biossurfactante reduziu a tensão superficial da água de 72,0 mN/m para 33,0 mN/m após 8 dias de fermentação, com um rendimento de 53,35 g/L e Concentração Micelar Crítica (CMC) de 1 g/L. O biossurfactante se mostrou um bom emulsificante de óleos usados em formulações cosméticas. O índice HLB (balanço lipofílico-hidrofílico) mostrou a capacidade umectante do biossurfactante e sua tendência de formar emulsões do tipo óleo em água (O/A), com 50% de capacidade espumante. O ensaio de avaliação do potencial irritante indicou que o biossurfactante não induziu resposta irritante. A caracterização do biossurfactante, submetido a análises de FT-IR e RMN demonstrou a natureza glicolípida e aniônica da biomolécula. Após obtenção do biossurfactante, o mesmo foi utilizado na formulação do xampu sólido, em combinação com outros surfactantes obtidos a partir de matérias-primas renováveis, o cocoil isetionato de sódio, também aniônico, e o coco glucosídeo, não iônico. O amido de milho e o álcool cetosteárilico foram usados para aumentar a viscosidade e a consistência da formulação. Este último também foi adicionado como agente condicionador, juntamente com óleo de côco, manteiga de Karité, glicerina, lactato de sódio e vitamina E, todos com efeito nutritivo e antioxidante. O lactato de sódio também foi utilizado como estabilizante e regulador do pH da formulação. O caprililglicol foi adicionado como conservante. Após o processo de obtenção do xampu, conduzido em cinco etapas pela mistura dos ingredientes agrupados de acordo com suas características, em banho aquecido sob agitação constante (150-250 rpm) e controle de temperatura (35-85°C), as amostras do xampu foram moldadas e submetidas a diferentes análises. O pH foi monitorado ao longo de 20 dias e manteve-se estável, na faixa de 6,5-7,0, com baixo nível de umidade (9%), e sem alcalinidade livre. O xampu sólido apresentou 50% capacidade espumante e excelente conteúdo em sólidos (96,5%). O processo de lavagem de pelos de *Pets* sujos com sebo artificial demonstrou que o xampu foi capaz de remover 85% da gordura retida, deixando os pelos brilhosos e macios. A análise microbiológica não mostrou crescimento de unidades formadoras de colônias, bolores e leveduras. As amostras do xampu foram analisadas mensalmente, durante 6 meses, apresentando coloração estável, fragrância suave, coesão, ausência de rachaduras e aparência uniforme, além de uma rigidez aceitável na sua estrutura. O xampu também demonstrou baixo potencial de irritação ocular. A avaliação preliminar dos custos da formulação possibilitou o cálculo do preço do produto, que se mostrou abaixo dos preços praticados nas formulações líquidas tradicionalmente encontradas no mercado para *Pets*. Tendo em vista que não há nenhum produto similar no mercado, o xampu sólido produzido nesta pesquisa se mostra como uma inovação tecnológica e ambientalmente compatível, na medida em que é inédita, eficiente, natural e atóxica, e contribui com a redução do uso de embalagens plásticas e com o consumo de água.

Palavras-chave: surfactante microbiano; micro-organismos; biocosméticos; xampu sólido; formulação comercial.

ABSTRACT

Currently, the development of ecological processes is directing research towards obtaining new green compounds to reduce dependence on fossil resources. In this context, the development of sustainable cosmetics, or biocosmetics, has been increasingly explored. Given the prospect of providing an innovative cosmetic for the growing pet market, this work proposed the development of an innovative solid shampoo (bar) for use in pets, formulated exclusively with natural ingredients, including a microbial surfactant as a surfactant in the formulation. In this sense, a biosurfactant was initially produced by the yeast *Starmerella bombicola* ATCC 22214 cultivated in mineral medium containing 10% soybean oil and 5% glucose. The biosurfactant reduced the surface tension of water from 72.0 mN/m to 33.0 mN/m after 8 days of fermentation, with a yield of 53.35 g/L and a Critical Micellar Concentration (CMC) of 1 g/L. The biosurfactant proved to be a good emulsifier of oils used in cosmetic formulations. The HLB index (lipophilic-hydrophilic balance) showed the wetting capacity of the biosurfactant and its tendency to form oil-in-water (O/W) emulsions, with 50% foaming capacity. The irritant potential assessment test indicated that the biosurfactant did not induce an irritant response. The characterization of the biosurfactant, subjected to FT-IR and NMR analyses, showed the glycolipidic and anionic nature of the biomolecule. After obtaining the biosurfactant, it was used in the formulation of the solid shampoo, in combination with other surfactants obtained from renewable raw materials, sodium cocoyl isethionate, also anionic, and coco glucoside, nonionic. Cornstarch and cetostearyl alcohol were used to increase the viscosity and consistency of the formulation. The latter was also added as a conditioning agent, along with coconut oil, shea butter, glycerin, sodium lactate, and vitamin E, all with nourishing and antioxidant effects. Sodium lactate was also used as a stabilizer and pH regulator of the formulation. Caprylyl glycol was added as a preservative. After the shampoo production process, conducted in five stages by mixing the ingredients grouped according to their characteristics, in a heated bath under constant agitation (150-250 rpm) and temperature control (35-85°C), the shampoo samples were molded and subjected to different analyses. The pH was monitored over 20 days and remained stable, in the range of 6.5-7.0, with a low level of humidity (9%), and without free alkalinity. The solid shampoo presented 50% foaming capacity and excellent solids content (96.5%). The process of washing the fur of pets soiled with artificial sebum demonstrated that the shampoo was able to remove 85% of the retained fat, leaving the fur shiny and soft. The microbiological analysis showed no growth of colony-forming units, molds, or yeasts. The shampoo samples were analysed monthly for 6 months, showing stable colour, mild fragrance, cohesion, absence of cracks, and uniform appearance, in addition to an acceptable rigidity in their structure. The shampoo also demonstrated low potential for eye irritation. The preliminary evaluation of the formulation costs made it possible to calculate the price of the product, which was lower than the prices charged for liquid formulations traditionally found on the market for pets. Considering that there is no similar product on the market, the solid shampoo produced in this research is shown to be a technological and environmentally compatible innovation, as it is unprecedented, efficient, natural, and non-toxic, and contributes to the reduction of the use of plastic packaging and water consumption.

Keywords: microbial surfactant; microorganisms; biocosmetics; bar shampoo; commercial formulation

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade leva em consideração aspectos sociais, ambientais e econômicos em toda a cadeia produtiva de um produto para garantir um impacto totalmente positivo (Bom *et al.*, 2019) Quando se trata de cosméticos naturais, sustentabilidade não se refere apenas à forma como os ingredientes são obtidos ou como o produto é produzido, mas também aos materiais utilizados durante sua produção e pós-produção. Para um cosmético sustentável, a sustentabilidade faz parte do DNA do produto, desde a idealização até o descarte (Bezerra *et al.*, 2018; Sarubbo *et al.*, 2022).

Os cosméticos sustentáveis — também conhecidos como biocosméticos — vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado. Elaborados sem o uso de substâncias químicas agressivas ou estabilizantes artificiais, esses produtos seguem critérios rigorosos de produção, que priorizam práticas ambientalmente responsáveis desde a escolha das matérias-primas até sua entrega ao consumidor final (Isaac, 2016).

A crescente preocupação global com as mudanças climáticas, o desmatamento e a perda da biodiversidade têm impulsionado a busca por alternativas mais sustentáveis, entre elas, a biocosmética. Essa vertente representa uma escolha consciente para consumidores que desejam cuidar do corpo sem comprometer o meio ambiente. Por serem formulados com ingredientes naturais — como extratos vegetais e compostos orgânicos —, os biocosméticos evitam o uso de substâncias potencialmente nocivas, como parabenos, ftalatos, BHA, BHT, silicones, álcool, triclosan, mercúrio, sulfatos, derivados de petróleo, entre outros. Com isso, esses produtos oferecem menor impacto ambiental, tanto na geração de resíduos tóxicos quanto na emissão de poluentes atmosféricos (ECYCLE, 2024).

Dentro desse cenário, o setor brasileiro de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC) apresenta um ritmo acelerado de crescimento. O Brasil ocupa atualmente a quarta posição no mercado global, com 5% de participação, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Japão — os três maiores mercados do mundo, conforme dados da ABIHPEC (2023).

O setor de higiene e cosméticos na área de animais de estimação (*pets*), em especial, tem crescido intensamente. Segundo a agência Euromonitor Internacional, as vendas globais de produtos de *pet care*, atingiram US\$ 50,6 bilhões em 2023, com

variação de 6,07% em relação ao ano de 2022, e um prevê crescimento de quase 34% nos próximos 5 anos, devendo ultrapassar R\$ 67,8 bilhões em 2028 (COSMETIC INNOVATION, 2024).

A maioria dos produtos cosméticos, como os xampus, consiste basicamente numa solução contendo agentes tensoativos primários e secundários com propriedades emulsificantes em suas formulações, responsáveis por remover a gordura superficial e a sujeira dos fios ou da pele, e outros aditivos adequados para gerar benefícios à pele e tornar a aparência e consistência do produto atrativas (Couteau *et al.*, 2019).

Os tensoativos ou surfactantes são compostos químicos anfipáticos que se particionam preferencialmente na interface de fases fluidas com diferentes graus de polaridade (Sarubbo *et al.*, 2022). Dentre as principais propriedades dos surfactantes estão a capacidade de formar emulsões, espumas, suspensões, micro emulsões, propiciar umectação, formação de filmes líquidos e detergência de superfícies. Essas propriedades fazem com que os tensoativos possuam uma gama de aplicações que vai além da indústria de limpeza e cosméticos, ocupando espaço também nas indústrias petroquímicas/petróleo, têxteis, agrícolas, de tintas, farmacêuticas, de couro e de papel (Santos *et al.*, 2016).

Na ação de limpeza do cabelo e pele, os tensoativos agem rompendo as interações intermoleculares entre a sujeira e o substrato, transportando-a para o meio aquoso (D'Souza; Rathi, 2015). Entretanto, a maioria dos surfactantes disponíveis comercialmente não é biodegradável e é tóxica ao ser humano e meio ambiente (Pires-Oliveira; Joekes, 2014). Os surfactantes sintéticos de origem sulfatada estão entre os mais utilizados em formulações de xampus; dentre eles estão o Lauril Sulfato de Sódio (LSS), Lauril Éter Sulfato de Sódio (LESS) e o Lauril sulfato de amônio. Com a popularização da informação de que os produtos “sulfatados” podem ser prejudiciais à saúde, a busca dos consumidores por formulações sem estes tensoativos tem aumentado, e em alguns rótulos já é possível encontrar o termo *sulfate-free*, se referindo a ausência de tensoativos sulfatados na composição (Draelos, 2013).

Sendo assim, a procura por surfactantes naturais como alternativa aos sintéticos torna-se necessária, visto que os surfactantes naturais possuem alta taxa de biodegradabilidade, toxicidade reduzida, compatibilidade com o meio ambiente, estabilidade térmica e resistência a condições extremas de salinidade e pH. Além disso, o aumento da preocupação ambiental entre os consumidores, combinada com

as novas legislações de controle ambiental são outros fatores que incentivam o desenvolvimento de produtos com componentes naturais, a exemplo dos surfactantes verdes (Sarubbo *et al.*, 2015).

Os surfactantes verdes são sintetizados por uma variedade de organismos vivos, como os micro-organismos, as plantas e os sais biliares produzidos pelos animais, além dos sintetizados a partir de matérias-primas renováveis (Farias *et al.*, 2021).

Os micro-organismos, em especial, são capazes de produzir surfactantes com diferentes estruturas moleculares e atividades surfactantes usando diversos substratos como fonte de carbono, tais como carboidratos, hidrocarbonetos, gorduras e óleos (Campos *et al.*, 2016). Esses surfactantes verdes são mais conhecidos cientificamente como biossurfactantes e são considerados uma das biomoléculas mais promissoras do século XXI (Santos *et al.*, 2016).

A classificação dos biossurfactantes de origem microbiana é feita de acordo com a composição química e o tipo de micro-organismo produtor. As maiores classes incluem glicolipídeos, lipopeptídeos, surfactantes poliméricos, ácidos graxos, surfactantes particulados e fosfolipídeos (Santos *et al.*, 2016). Vecino *et al.* (2017) afirmam que biossurfactantes microbianos exibem propriedades de superfície adequadas para aplicações cosméticas, especialmente incorporadas com as suas atividades biológicas.

O desenvolvimento de formulações utilizando biossurfactantes como ativos e/ou ingredientes é uma possibilidade promissora e o investimento em pesquisas para o desenvolvimento dessas biomoléculas tem grandes chances de resultar na aplicabilidade direta dos biossurfactantes em formulações inovadoras e seguras no mercado (Bezerra *et al.*, 2018).

No mercado atual de xampus, as novas versões sólidas do produto estão ganhando cada vez mais destaque em função da praticidade e da possibilidade de serem formulados com ingredientes mais naturais e de alta performance, reduzindo o uso de ingredientes tóxicos e de embalagens plásticas (Bezerra *et al.*, 2018). O xampu sólido é uma versão em barra do xampu líquido. A principal diferença é a apresentação do produto, que ao invés de estar contido em embalagens plásticas, vem em formato de uma barra seca. Os xampus sólidos não são produzidos pelo processo de saponificação, o qual leva soda cáustica, deixando o pH do cabelo alcalino, ao contrário do pH natural dos fios, o qual é ácido. Os xampus sólidos também se

diferenciam dos líquidos com relação à concentração dos ingredientes ativos, que é muito maior que na versão líquida, uma vez que as barras não levam água na composição. Como consequência, o crescimento de microrganismos é muito menor, reduzindo ao máximo a inclusão de alguns componentes químicos em sua produção para evitar a contaminação microbiana, que são normalmente tóxicos e persistentes no ambiente (Urbina *et al.*, 2016).

Nesse contexto, os cosméticos sustentáveis — ainda pouco desenvolvidos no mercado nacional e carentes de regulamentação específica — despontam como uma oportunidade promissora para o setor no Brasil. Com alta valorização no mercado internacional, esses produtos têm potencial para impulsionar a criação de uma base sólida de consumidores engajados e fiéis aos cosméticos naturais brasileiros, contribuindo para a consolidação de um nicho de mercado alinhado às tendências globais de consumo consciente e responsabilidade ambiental.

Desta forma, baseado nos conceitos, tendências e perspectivas atuais de mercado, neste projeto foi desenvolvida uma formulação cosmética sustentável de xampu sólido contendo biossurfactante para uso em animais de estimação (*pets*).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Produzir um xampu sólido para uso animal utilizando biossurfactante com vistas ao fornecimento de um produto inovador, prático e sustentável para o mercado.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir um biossurfactante microbiano a partir da levedura *Starmerella bombicola* ATCC 22214 utilizando substratos de primeira geração.
- Caracterizar o biossurfactante quanto às propriedades tensoativas e emulsificantes.
- Testar o biossurfactante quanto a propriedades cosméticas.
- Avaliar a segurança do biossurfactante para uso em formulações cosméticas.
- Elucidar a estrutura molecular do biossurfactante.
- Utilizar o biossurfactante como ingrediente da formulação de um xampu em barra inovador.
- Selecionar compostos naturais como antioxidante, conservante, extratos aquosos como ingredientes da formulação.
- Formular um cosmético do tipo xampu sólido constituído pelos agentes naturais e biodegradáveis previamente selecionados.
- Avaliar o perfil de estabilidade da formulação inovadora, estabelecendo o potencial de ação e seu caráter de toxicidade.
- Avaliar o potencial de comercialização do produto formulado.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. SURGIMENTO DOS COSMÉTICOS

Os cosméticos são preparações contendo ingredientes naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, com o objetivo exclusivo ou principal de limpar, perfumar, alterar a aparência e ou corrigir odores corporais ou protegê-lo, ou mantê-lo em bom estado (ANVISA, 2004).

Os cosméticos têm sua história ligada à evolução cronológica cultural e científica, tendo uma relação com o ser humano, a qual se manifestou em diferentes formas através dos tempos (Corrêa, 2012).

O uso de cosméticos pelos humanos surgiu desde os tempos primitivos, sendo usados com o propósito de pintar o corpo humano com finalidades de práticas religiosas ou ornamentais (SEBRAE/ESPM, 2008).

Os registros mais antigos do uso de cosméticos remontam ao Egito Antigo. Em túmulos com cerca de 5 mil anos foram encontrados recipientes contendo substâncias utilizadas para fins estéticos. Além disso, sarcófagos e tumbas datadas de aproximadamente 1400 a.C. revelaram preparações semelhantes a cremes, além de incensos e óleos diversos, indicando uma cultura já bastante desenvolvida nesse aspecto. Os egípcios utilizavam substâncias como a malaquita verde para realçar os olhos e o extrato de Henna, obtido da planta *Lawsonia inermis* L., para colorir os cabelos (ABDI, 2009).

Na Grécia Antiga, por volta de 400 a.C., já se observava a presença de normas voltadas à higiene pessoal, aos banhos e ao uso de produtos cosméticos. Há registros do uso de máscaras faciais feitas à base de argila com finalidades estéticas (Isaac, 20216; CIC, 2010).

Em Roma, por volta de 180 d.C., a cosmetologia se desenvolveu fortemente sob influência dos conhecimentos gregos. Um dos destaques desse período foi Claudius Galeno, que realizou importantes pesquisas sobre formulações cosméticas, sendo o responsável pela criação do “Cold Cream”, além de contribuir significativamente para os conhecimentos em higiene e cosmética (SEBRAE/ESPM, 2008; ABDI, 2009; CIC, 2010).

Durante a Idade Média, no início do século V, o Cristianismo passou a condenar a valorização da aparência física, reprimindo o uso de cosméticos. Esse cenário só começou a mudar com as Cruzadas, a partir do século IX, quando o cuidado com a estética voltou a ganhar espaço (SEBRAE/ESPM, 2008).

O Renascimento, a partir do século XV, marcou o ressurgimento do interesse pela beleza e pelos cosméticos. Contudo, devido à negligência com a higiene pessoal, os perfumes ganharam destaque como forma de disfarçar odores corporais, facilitando a convivência social (SEBRAE/ESPM, 2008; ABDI, 2009; CIC, 2010).

Nos séculos XVII e XVIII, durante a Idade Moderna, o uso de cosméticos se tornou símbolo de status social. Perucas volumosas e rostos extremamente pálidos estavam em voga, impulsionando o desenvolvimento de produtos clareadores. Simultaneamente, a indústria de perfumes se consolidou, especialmente na França, onde ganhou importância econômica desde o reinado de Luís XIV (ABDI, 2009; CIC, 2010).

Ao final do século XVIII, o Parlamento Inglês considerou o uso de cosméticos como prática de feitiçaria, e os usuários desses produtos eram passíveis de punição (SEBRAE/ESPM, 2008).

Na Idade Contemporânea, especialmente no século XIX, com o avanço da emancipação feminina, houve uma crescente demanda por produtos cosméticos variados, o que incentivou a criação de indústrias voltadas ao fornecimento de insumos e à produção de cosméticos. Nesse contexto, os homens também passaram a se destacar como consumidores, principalmente de fragrâncias (CIC, 2010; ABDI, 2009).

No século XX, o setor cosmético registrou grande crescimento, sobretudo em países desenvolvidos. A expansão dos meios de comunicação contribuiu significativamente para a divulgação e comercialização desses produtos, além de impulsionar inovações tecnológicas. Ao final do século, a indústria cosmética já se encontrava consolidada como um segmento de grande relevância econômica (CIC, 2010).

Com o avanço do mercado, surgiram novas tecnologias e preocupações. O setor passou a investir no aprimoramento de matérias-primas, equipamentos, embalagens e técnicas de formulação, como microemulsões, lipossomas, nanotecnologia, biotecnologia e práticas sustentáveis. A atenção à qualidade, segurança, estabilidade e eficácia dos produtos também se intensificou, sendo aspectos fundamentais para a inovação no setor (Isaac, 2016; CIC, 2010).

Além disso, a crescente valorização da sustentabilidade levou as indústrias a priorizarem práticas voltadas à preservação dos recursos naturais, à avaliação dos impactos ambientais dos cosméticos e à utilização de embalagens biodegradáveis. Nesse cenário, os cosméticos sustentáveis — também chamados de cosméticos verdes ou fitocosméticos — vêm ganhando espaço, refletindo a tendência de consumo por produtos orgânicos e naturais.

3.2 . COSMÉTICOS NATURAIS, ORGÂNICOS E VEGANOS

No Brasil, bem como na maioria dos países, não há uma regulamentação oficial para produtos cosméticos naturais, orgânicos ou veganos. Isso ocorre porque o tema é relativamente novo e bastante controverso, ou seja, a definição de “cosmético natural” é muito ampla e tem diversos entendimentos (Flor *et al.*, 2019).

No contexto dos cosméticos naturais, há uma visão entre alguns consumidores e empresas de que, para que um produto possa realmente ser classificado como tal, ele deve ser composto exclusivamente por matérias-primas de origem natural, com raras exceções permitidas. Não apenas a procedência dos ingredientes é avaliada, mas também os métodos utilizados em seu processamento. Muitos tipos de processos químicos e físicos são considerados inadequados por não se alinharem com os princípios de sustentabilidade exigidos na produção de cosméticos naturais (Cosmos Standard, 2018).

Apesar disso, ainda é comum encontrar no mercado produtos que utilizam o termo "natural" como estratégia de marketing, mesmo quando a quantidade de ingredientes naturais presentes em sua formulação é mínima — em alguns casos, inferior a 1%. Essas formulações são classificadas como tendo apenas um "apelo verde", ou seja, exploram uma imagem ecologicamente responsável sem, de fato, sustentá-la de forma concreta (Flor *et al.*, 2019).

Diante da falta de regulamentação oficial unificada, diferentes entidades nacionais e internacionais têm buscado padronizar os conceitos associados a cosméticos naturais, estabelecendo critérios específicos para a certificação desses produtos. Tais critérios abrangem desde a origem das matérias-primas até aspectos como toxicidade, biodegradabilidade, processos de síntese e etapas da fabricação. Embora existam exigências comuns entre essas certificadoras — como a proibição do uso de conservantes específicos ou de insumos derivados do petróleo —, cada organização segue um conjunto próprio de normas, que deve ser rigorosamente cumprido pelos fabricantes que almejam a certificação (Girardello *et al.*, 2021).

A variedade de interpretações sobre o que constitui um cosmético natural pode ser visualizada como uma escala. Em uma extremidade, encontram-se os produtos que apenas utilizam a imagem de "verde", enquanto, na outra, estão os cosméticos que obedecem integralmente aos critérios das certificadoras. Entre esses dois polos, há produtos formulados majoritariamente com ingredientes naturais, mas que também

incluem substâncias sintéticas ou de origem não renovável, especialmente quando não existem alternativas naturais com desempenho equivalente (Flor *et al.*, 2019).

No que diz respeito aos cosméticos veganos, a situação é semelhante à dos produtos naturais e orgânicos: ainda não existe um órgão regulador oficial que defina regras específicas para essa categoria. Contudo, diversas organizações não governamentais oferecem certificações e selos próprios para os produtos que seguem suas diretrizes. Diferente do que ocorre com os cosméticos naturais, há maior consenso entre as entidades certificadoras quanto à definição de cosmético vegano: são aqueles que não contêm ingredientes de origem animal e que não foram — nem seus componentes — testados em animais (Brilhante, 2018).

Os cosméticos naturais não devem conter aditivos químicos em sua composição. Portanto, são fabricados, quase que totalmente, por substâncias naturais, como água, minerais e ingredientes de origem vegetal ou animal. Produtos que possuem uma parcela de materiais permitidos e outra de materiais proibidos, são considerados apenas como cosméticos à base de matérias-primas naturais, ou seja, sua propriedade não é 100% natural (IBD-NATRUE, 2023).

No caso dos orgânicos, existem dois tipos: os cosméticos orgânicos e os feitos com matérias-primas orgânicas. Os primeiros, seguem a regra de 95%, no mínimo, de matérias-primas certificadas como orgânicas, enquanto os 5% restantes podem ser compostos por água e outros materiais naturais. Já no segundo caso, os cosméticos devem possuir, no mínimo, 70% e, no máximo, 95% de matérias-primas certificadas como orgânicas (IBD-NATRUE, 2023).

Em resumo, um cosmético natural não necessariamente é orgânico; porém, quando um produto é orgânico ele sempre será natural. Um cosmético à base de produtos naturais não pode ser considerado natural. E, o cosmético orgânico possui maior porcentagem de matéria-prima orgânica do que o cosmético apenas feito à base de matéria-prima orgânica (IBD-NATRUE, 2023)

De acordo com os dados da consultoria norte-americana *Grand View Research*, o mercado mundial de cosméticos orgânicos atingiria US\$ 25,11 bilhões agora em 2025. A pesquisa evidenciou que 84% das pessoas que utilizam estes produtos, o fazem em decorrência da saúde, e que o meio ambiente é a 6ª preocupação entre os consumidores brasileiros. O consumidor de orgânicos é consciente e quer produtos realmente naturais, com uma porcentagem significativa de matérias-primas orgânicas (Flor *et al.*, 2019).

Para que uma matéria-prima seja considerada aprovada em formulações cosméticas naturais, é necessário realizar uma pesquisa nos sites das certificadoras reconhecidas. É importante destacar que, para obter a certificação de um produto cosmético, deve-se fornecer ao órgão certificador a listagem completa das matérias-primas utilizadas, identificadas pelo nome comercial. A aprovação dependerá de uma análise criteriosa de diversos fatores, como a origem das matérias-primas, os processos de fabricação envolvidos e a rastreabilidade da cadeia produtiva.

Atualmente, existem diversos fornecedores que oferecem um amplo portfólio de ingredientes naturais certificados, o que garante aos formuladores maior liberdade na criação de produtos com apelo sustentável. Entre os insumos aprovados encontram-se emolientes, emulsionantes, tensoativos, agentes de viscosidade, condicionadores e proteínas, todos essenciais na estruturação de formulações eficazes e compatíveis com os princípios da cosmética natural.

Os emolientes, por exemplo, são componentes-chave no tratamento da pele e dos cabelos, conferindo maciez, suavidade ao toque e facilidade de espalhamento. A combinação de emolientes com diferentes níveis de espalhabilidade resulta no chamado efeito “cascata de emolientes”, que promove uma experiência sensorial mais agradável durante a aplicação (Flor, 2017). Entre os emolientes certificados, destacam-se:

- **Baixa espalhabilidade:** Cegesoft PS6 (Olus Oil) e Cegesoft PFO (óleo de semente de *Passiflora incarnata*);
- **Média espalhabilidade:** Myritol 318 (Triglicerídeo Caprílico/Cáprico) e Eutanol G (Octildodecanol);
- **Alta espalhabilidade:** Cetiol CC (Carbonato de Dicapríla) e Cetiol Ultimate (Undecano (e) Tridecano).

A lista de tensoativos permitidos em formulações naturais também é ampla, possibilitando a criação de produtos de limpeza eficazes e suaves. Entre os tensoativos aprovados por certificadoras estão:

- **Aniônico:** Texapon K 12 G (Sodium Lauryl Sulfate);
- **Anfóteros:** Dehyton AB 30 (Coco-Betaine) e Dehyton PK 45 (Cocamidopropyl Betaine);
- **Não iônicos:** Plantacare 818 UP (Coco-Glucoside), Plantacare 2000 UP (Decyl Glucoside) e Plantacare 1200 UP (Lauryl Glucoside) (Flor *et al.*, 2019).

A combinação desses diferentes tipos de tensoativos permite o desenvolvimento de produtos com espumação controlada e maior suavidade, atendendo às exigências do consumidor brasileiro por produtos mais naturais e menos agressivos.

Para emulsões, existem diversas opções de emulsionantes aprovados. Nas formulações óleo em água (O/A), destacam-se o Eumulgin VL 75 (Lauryl Glucoside, Polyglyceryl-2 Dipolyhydroxystearate e Glicerina) e o Emulgade Sucro Plus (Poliestearato de Sacarose e Palmitato de Cetila). Já nas emulsões água em óleo (A/O), o Dehymuls PGPH (Polyglyceryl-2 Dipolyhydroxystearate) é uma das opções recomendadas (Flor *et al.*, 2019).

No que diz respeito aos doadores de viscosidade, sua combinação é estratégica tanto para estabilizar a formulação quanto para ajustar a textura do produto. Entre os agentes aprovados figuram: Cutina CBS (Glyceryl Stearate, Cetearyl Alcohol, Cetyl Palmitate e Cocoglycerides), Cutina GMS V (Glyceryl Stearate), Lanette 16 (Cetyl Alcohol) e Lanette O (Cetearyl Alcohol) (Cosméticos naturais, orgânicos e veganos, 2019).

Apesar da grande variedade de matérias-primas orgânicas certificadas disponíveis internacionalmente, a oferta desses insumos no Brasil ainda é limitada. Esse fator contribui para o número reduzido de cosméticos orgânicos comercializados no país, indicando a necessidade de avanços na cadeia de suprimentos para que o segmento possa se desenvolver plenamente (Flor *et al.*, 2019).

Com relação aos produtos veganos, considerando que os requisitos necessários para a utilização de matérias-primas são: não terem origem animal e não terem sido testadas em animais, a oferta de matérias-primas é ampla. É possível desenvolver produtos veganos a custos equivalentes aos de produtos tradicionais não veganos e com a mesma eficácia destes (Flor *et al.*, 2019).

Ao optar pelo desenvolvimento de um produto que seja de fato natural, a restrição de ingredientes é o próximo desafio a ser superado. Corantes sintéticos, fragrâncias sintéticas, polietilenoglicóis (PEGs), quaternários de amônio, silicones, conservantes sintéticos, dietanolamidas e derivados de petróleo são ingredientes cujo uso em produtos naturais é proibido pelos principais órgãos certificadores (Cosmos-Standard, 2018; Natrue, 2017; 2019). Dessa forma, a lista de ingredientes permitidos para uso em produtos naturais é mais limitada, dificultando o processo de

desenvolvimento de formulações. As principais dificuldades encontradas por causa da proibição de ingredientes são a estabilização e o desempenho dos produtos.

O uso dos conservantes sintéticos usados tradicionalmente no mercado de cosméticos, como fenoxietanol (Phenoxyethanol), DMDM hidantoína (DMDM Hydantoin), metilcloroisotiazolinona (Methylchloroisothiazolinone) e metilisotiazolinona (Methylisothiazolinone), é proibido em produtos naturais. Para fazer a conservação desse tipo de produto, podem ser utilizados os seguintes compostos: ácido benzoico (Benzoic acid), ácido deidroacético (Dehydroacetic acid), álcool benzílico (Benzyl alcohol), benzoato de potássio (Potassium benzoate), benzoato de sódio (Sodium benzoate), sorbato de potássio (Potassium sorbate) e ácido sórbico (Sorbic acid). As especificidades a seguir devem ser consideradas para a utilização desses conservantes. A grande maioria desses conservantes é dependente do pH do meio, ou seja, sua eficácia depende do pH final do produto. A mistura de sorbato de potássio e benzoato de sódio, muito utilizada para a conservação de produtos cosméticos naturais, exige que o pH final da formulação esteja na faixa de 5,0–5,5. Dar atenção especial à qualidade da água utilizada no processo de fabricação dos produtos e ter rigor na aplicação das boas práticas de fabricação são fundamentais quando se trabalha com esses conservantes. O tipo de embalagem também deve ser um ponto de atenção. Quanto menor for o contato do produto com o meio externo, mais protegido ele estará de contaminação microbológica. Embalagens em potes devem ser evitadas, pois possibilitam maior superfície de contato do produto com o meio externo (Flor *et al.*, 2019).

A indústria cosmética necessitará sempre de ferramentas para aproximar os seus produtos das expectativas e preferências dos seus clientes cada vez mais exigentes, por isso é importante avaliar a aceitação do mercado e manter a qualidade num nível elevado. A maior parte das análises sensoriais é feita por pessoas e as avaliações dos produtos utilizam os sentidos da visão, olfato e tato. Esses atributos sensoriais tendem a ser percebidos pela aparência, cheiro e consistência. Nestes processos todos os sentidos estão envolvidos para decidir a qualidade da sensação que o produto provoca. Seguindo esse caminho, a qualidade sensorial é o resultado da interação entre o indivíduo e características do produto como textura, cheiro e cor que fazem interface com as condições psicológicas, sociológicas, fisiológicas desse indivíduo e, por esse motivo, a análise sensorial é uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento de um novo produto cosmético.

3.1.1. Cosméticos do tipo xampu sólido

Dentre os cosméticos, os xampus estão entre os mais utilizados, tendo como função primordial a limpeza do cabelo e do couro cabeludo. Os xampus consistem basicamente numa solução contendo agentes tensoativo primários e secundários responsáveis por remover a gordura superficial e a sujeira dos fios, e outros aditivos adequados para gerar benefícios ao cabelo e tornar a aparência e consistência do xampu atrativas (Couteau *et al.*, 2019).

No mercado atual de xampus, as novas versões solidas do produto estão ganhando cada vez mais destaque em função da praticidade e da possibilidade de serem formulados com ingredientes mais naturais e de alta performance, reduzindo o uso de ingredientes tóxicos e de embalagens plásticas (Bezerra *et al.*, 2018).

O xampu sólido é uma versão em barra do xampu líquido. A principal diferença é a apresentação do produto, que ao invés de estar contido em embalagens plásticas, vem em formato de uma barra seca. Os xampus sólidos não são produzidos pelo processo de saponificação, o qual leva soda cáustica, deixando o pH do cabelo alcalino, ao contrário do pH natural dos fios, o qual é ácido. Os xampus sólidos também se diferenciam dos líquidos com relação à concentração dos ingredientes ativos, que é muito maior que na versão líquida, uma vez que as barras não levam água na composição. Como consequência, o crescimento de microrganismos é muito menor, reduzindo ao máximo a inclusão de alguns componentes químicos em sua produção para evitar a contaminação microbiana, que são normalmente tóxicos e persistentes no ambiente (Urbina *et al.*, 2016).

Diante do exposto, a utilização de xampus sólidos poderá trazer vários benefícios aos ecossistemas e consumidores, como (i) economia, em virtude da alta concentração dos ingredientes ativos, o que permite uma vida de prateleira prolongada; (ii) praticidade, uma vez que a barra de xampu sólido pode ser facilmente guardada e transportada em situações de viagens; (iii) saúde, considerando que o xampu sólido utiliza menos aditivos químicos que o xampu líquido e principalmente (iv) sustentabilidade, pois os xampus sólidos utilizam pouca água e podem usar embalagens simples e biodegradáveis em sua comercialização, reduzindo totalmente o uso de plásticos.

3.2. SURFACTANTES EM COSMÉTICOS

Os surfactantes são compostos constituídos por porções hidrofílicas e hidrofóbicas que se particionam preferencialmente entre fases fluidas com diferentes graus de polaridade, formando um filme molecular ordenado que resulta da redução da tensão superficial/interfacial (Varjani; Upasani, 2017). A porção hidrofóbica é geralmente composta por cadeias hidrocarbônicas ou agliconas, enquanto que a porção hidrofílica pode ser constituída por um grupo éster, hidroxila, fosfato, carboxila ou açúcar (Kregiel *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2014).

Dentre as principais propriedades dos surfactantes estão a capacidade de formar emulsões, espumas, suspensões, micro emulsões, propiciar umectação, formação de filmes líquidos e detergência, possibilitando assim uma ampla gama de aplicações, como aditivos em cosméticos, formulações farmacêuticas, na indústria de alimentos, petróleo e detergentes (Bezerra *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2019).

A maioria dos surfactantes disponíveis comercialmente é sintetizada a partir de derivados do petróleo, uma fonte não renovável, não biodegradável e tóxica para o ser humano e meio ambiente (Vecino *et al.*, 2017). Por outro lado, surfactantes de origem natural apresentam alta taxa de biodegradabilidade e baixa toxicidade, além de possuírem alta atividade de superfície, estabilidade térmica e resistência a condições extremas de salinidade e pH. Tendo isso em vista, a procura por surfactantes naturais como alternativa aos surfactantes sintéticos tem aumentado nas últimas décadas (Olasanmi; Thring, 2018).

Os surfactantes possuem a capacidade de reduzir a tensão superficial da água, “solubilizando” água em óleo e/ou óleo em água, em função da característica de sua molécula, que tem uma parte hidrofílica e a outra hidrofóbica, permitindo englobar a água dentro de uma substância oleosa ou o inverso, formando uma estrutura conhecida como anfifílica (Almeida *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2022).

A maneira mais eficaz de caracterizar um surfactante é através da medição da força de atração entre as moléculas de líquidos; graduando, portanto, o surfactante em sua capacidade de afetar as tensões superficiais e interfaciais. Surfactantes eficazes reduzem as tensões superficiais, facilitando as interações entre moléculas de diferentes naturezas polares (Sarubbo *et al.*, 2022). A Concentração Micelar Crítica (CMC) é definida como a concentração mínima de surfactante necessária para atingir a menor tensão superficial. Ao atingir a CMC as moléculas anfipáticas são agregadas com as porções hidrofílicas posicionadas para fora da molécula e as porções

hidrofóbicas para dentro (Eras-Muñoz *et al.*, 2022). Depois de atingir os valores de CMC, nenhuma adição adicional de surfactante afetará uma redução adicional na tensão superficial. Dessa forma, surfactantes com uma CMC reduzida são preferencialmente usados em comparação com aqueles com valores mais altos de CMC (Silva *et al.*, 2022).

Os surfactantes são classificados em duas categorias: surfactantes químicos e surfactantes verdes. Os surfactantes verdes divididos em duas subclasses: os biossurfactantes e os surfactantes de base natural (*biobased surfactants*) (Farias *et al.*, 2021).

3.2.1. Surfactantes químicos

Os surfactantes químicos são originados de petroderivados e dominam o mercado mundial de surfactantes, representando 90% dos tensoativos comercializados (Ribeiro *et al.*, 2020). Como esses surfactantes são produzidos em larga escala, o seu valor é muito mais competitivo frente aos surfactantes naturais. Por outro lado, embora possuam elevado poder tensoativo e custo mais reduzido, acarretam diversos problemas em função do alto nível de toxicidade e um tempo de degradabilidade muito alto (Paulino *et al.*, 2016).

De acordo com a natureza do grupo hidrofílico, os surfactantes são classificados como aniônicos, catiônicos, não iônicos e anfotéricos (Sarubbo *et al.*, 2022).

Nos surfactantes aniônicos, os grupos hidrofílicos, na maioria dos casos, consistem em grupos sulfonato, sulfato ou carboxilato com sódio ou cálcio como contra-íon. Entre eles, os sulfonatos de alquilbenzeno lineares (LAS) são produzidos em grandes quantidades em todo o mundo como detergente de limpeza doméstica. O cálcio sulfonato de alquilbenzeno linear é empregado como adjuvante em muitas formulações agroquímicas (Hayes; Solaiman; Ashby, 2019).

Nos surfactantes não iônicos, o comportamento hidrofílico é causado por glicol éter polimerizado ou unidades de glicose (Cirelli *et al.* 2010). Eles são quase sintetizados exclusivamente pela adição de óxido de etileno ou óxido de propileno a alquilfenóis, álcoois graxos, ácidos, aminas ou amidas de ácidos graxos. Os surfactantes não iônicos encontraram aplicações importantes como detergentes, emulsificantes, agentes umectantes e agentes dispersantes. Grande parte deles é empregada como adjuvante em formulações agroquímicas.

Nos surfactantes catiônicos suas porções hidrofílicas são formadas por íons de amônio quaternário. Esta classe de surfactantes ganhou importância devido às suas propriedades bacteriostáticas, sendo aplicada como desinfetantes e antissépticos em produtos de cuidados pessoais. Devido a sua alta adsorvidade, eles são usados como amaciantes têxteis, agentes de flotação e inibidores de corrosão (Castro *et al.*, 2014).

Os surfactantes anfóteros são solúveis em água e compatíveis com outros surfactantes, pois possuem tanto grupos catiônicos quanto aniônicos em sua estrutura, sendo conhecidos como moléculas zwitteriônicas. A mudança de carga desses agentes ocorre em função do pH, afetando a detergência e a formação de espuma, dentre outras. As propriedades dos surfactantes anfotéricos se assemelham muito às dos não-iônicos. Eles são frequentemente usados em xampus e estão começando a ser usados em formulações agroquímicas (Hayes; Solaiman; Ashby, 2019).

3.2.2. Surfactantes de base natural (*biobased surfactants*)

O termo surfactante de base biológica geralmente se refere aos surfactantes verdes derivados quimicamente, ou seja, surfactantes sintetizados por processo químico ou enzimático usando substratos renováveis como matéria-prima. Os principais recursos utilizados para a síntese desse tipo de tensoativo são triacilglicerídeos de óleo vegetal, ésteres metílicos de ácidos graxos, álcool graxo, ácidos graxos, carboidratos, glicerol e aminoácidos. Os triglicerídeos formam a parte hidrofóbica, enquanto os açúcares ou aminoácidos e peptídeos atuam como a parte hidrofílica (Kandasamy *et al.*, 2019). Uma vez que os surfactantes de base natural são recentes, ainda não se baseia na sua real produtividade, mas os mesmos já apresentam ótimos resultados de aplicações em diversas áreas (De Medeiros *et al.*, 2020; Farias *et al.*, 2021; Hayes; Solaiman; Ashby, 2019).

3.2.3. Biossurfactantes

Os biossurfactantes constituem a subclasse dos surfactantes verdes de origem biológica, podendo ser obtidos de extratos de plantas, raízes, frutas ou por transformação metabólica de micro-organismos, especialmente bactérias e leveduras (Zahed *et al.*, 2022). Os biossurfactantes microbianos são os mais eficientes e amplamente estudados e possuem as mesmas especificações dos surfactantes

químicos, porém apresentam biodegradabilidade, toxicidade reduzida e biodisponibilidade (De Medeiros *et al.*, 2020; Rocha e Silva *et al.*, 2019).

Os biossurfactantes encontram aplicação em diversos seguimentos industriais, como o de petróleo, de produtos de limpeza, de cosméticos, têxtil, de alimentos e agrícola. Neste último, os biossurfactantes podem ser usados na formulação de biopesticidas, biofertilizantes e bioestimulantes (Silva *et al.*, 2022; Ribeiro *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2016).

A substituição de surfactantes sintéticos por biossurfactantes reduziria as emissões de CO₂ ao longo da vida em 8%, evitando a liberação de cerca de 1,5 milhão de toneladas de CO₂ na atmosfera. Atualmente, os biossurfactantes ocupam cerca de 10% da produção mundial total de surfactantes (aproximadamente dez milhões de toneladas por ano) (Kandasamy *et al.*, 2019; Sarubbo *et al.*, 2022).

Os primeiros estudos no campo da pesquisa de biossurfactantes microbianos ocorreram na década de 1960 e, desde então, as pesquisas permitiram o desenvolvimento e a comercialização de inúmeros produtos contendo essas biomoléculas. Na última década, os estudos voltados para a produção de biossurfactantes se intensificaram devido à eficiência e biocompatibilidade desses compostos (Silva *et al.*, 2022).

Apesar de extremamente eficientes, os biossurfactantes atualmente comercializados possuem um custo de produção mais elevado do que seus equivalentes sintéticos (Mohanty *et al.*, 2021). Isso, no entanto, pode ser reduzido dependendo dos substratos usados durante a fermentação e rendimentos de produção de diferentes cepas microbianas produtoras de biossurfactante (Fenibo *et al.*, 2019). Além disso, como a maioria das cepas microbianas produz uma mistura de diferentes compostos biossurfactantes, o grau de pureza necessário para algumas aplicações, como nas áreas farmacêutica e médica, pode ser um fator limitante para sua aplicação. Dessa forma, o desenvolvimento de estratégias que possibilitem a produção e consequente aplicação de biossurfactantes em escala industrial é de fundamental importância (Sivapathasekaran; Sen, 2017).

A estrutura molecular e a fonte microbiana de produção são os critérios mais importantes para a classificação de biossurfactantes. As principais classes de biossurfactantes são formadas pelos glicolipídios, lipopeptídeos, fosfolipídios, biossurfactantes poliméricos, biossurfactantes particulados e ácidos graxos. A massa molar média de um biossurfactante varia de 500 Da a 1500 Da. Os biossurfactantes

são amplamente agrupados em biossurfactantes de baixa massa molar e alta massa molar, com base em suas naturezas bioquímicas. Biossurfactantes de baixa massa molar são mais eficazes na redução da tensão superficial na interface ar-água e a tensão interfacial na interface óleo-água, enquanto os de maior massa molar são mais usados na estabilização de emulsões óleo-água (Sarubbo *et al.*, 2022).

Lipoproteínas, proteínas, polissacarídeos e lipopolissacarídeos são biossurfactantes de alta massa molar, muitas vezes referidos como bioemulsificantes (Rocha e Silva *et al.*, 2019). Glicolípídeos, lipopeptídeos e fosfolípídios são compostos de baixa massa molar e são classicamente chamados de biossurfactantes (Almeida *et al.*, 2017).

Os glicolípídeos são a classe de biossurfactantes mais amplamente investigada. A estrutura glicolípídica é composta por uma porção de carboidrato hidrofílica conectada a cadeias de ácidos graxos hidrofóbicos de comprimentos variáveis, através de um grupo éster (Abdel-Mawgoud *et al.*, 2010). Os biossurfactantes glicolípídicos são caracterizados com base na estrutura da fração carboidrato que possuem, sendo os raminolípídeos, trealolípídeos, lipídios manosileritritol e soforolípídios as subclasses mais investigadas.

Os raminolípídeos compreendem um ou dois ácidos graxos ligados a uma ou duas moléculas de açúcar de raminose. O principal produtor de raminolípídeos é a bactéria Gram-negativa *Pseudomonas aeruginosa*, embora pesquisas posteriores mostraram que outras espécies de bactérias estão produzindo ativamente biossurfactantes do tipo raminolípídeos (Twigg *et al.*, 2018). Os tipos de raminolípídeos produzidos dependerão da cepa, da fonte de carbono utilizada e das condições de cultivo. Os raminolípídeos constituem uma das classes mais interessantes de biossurfactantes devido às suas características. Diversos materiais renováveis, como óleos usados ou resíduos da indústria alimentícia, podem ser utilizados como fontes de carbono para a produção dessas biomoléculas. Os raminolípídeos são capazes de reduzir a tensão superficial água/ar de 72 mN/m para valores próximos a 30 mN/m, bem como a tensão de interface água/óleo de 43 mN/m para valores em torno de 1mN/m. A CMC de raminolípídeos puros e suas misturas depende em grande parte da composição química das várias espécies e varia de 50 a 200 mg/L (Santos *et al.*, 2016).

Os soforolípídeos consistem em uma soforose conectada por ligações β -1,2 e um ácido graxo (hidroxila de cadeia longa) conectado por uma ligação glicosídica.

Esses surfactantes são geralmente sintetizados por leveduras como *Starmerella bombicola* (Rawat *et al.*, 2020), como será detalhado seção 3.3.3.2 (Fei *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2019).

Os trealose lipídeos contêm dissacarídeos de trealose associados a um ácido graxo (ácido micólico), possuem alta diversidade estrutural e são produzidos principalmente por espécies dos gêneros *Rhodococcus*, *Nocardia*, *Mycobacterium* e *Corynebacterium* (Rawat *et al.*, 2020). Trealolipídios de *Arthrobacter* spp. e *Rhodococcus erythropolis* são capazes de diminuir as tensões superficiais e interfaciais em caldo de cultura para 25–40 e 1–5 mN/m, respectivamente (Santos *et al.*, 2016).

Os manosileritritol lipídios (MEL) são abundantemente produzidos a partir de óleos vegetais por *Pseudozyma antarctica*. Os MELs são caracterizados pelo açúcar manose ligado a um ácido graxo e são subdivididos de acordo com o comprimento da cadeia hidrofóbica (ácido graxo) e grau de saturação e/ou acetilação nas posições C4 e C6 do monossacarídeo (Ribeiro *et al.*, 2020).

Outras classes de biossurfactantes de baixa massa molar são os lipopeptídeos, fosfolipídios e surfactantes poliméricos. A bactéria Gram-positiva *Bacillus subtilis* produz um composto chamado Surfactina, um lipopeptídeo cíclico que consiste em sete aminoácidos hidrofóbicos de cadeia longa (13 a 15 carbonos de comprimento e uma mistura de sete aminoácidos como L-asparagina (Asn), L-leucina (Leu), ácido glutâmico (Glu), L-leucina (Leu), L-valina (Val) e duas D-leucinas conectadas via ligação lactona) (Drakontis; Amin, 2020). A surfactina é conhecida por ser um dos biossurfactantes mais potentes relatados. Devido às suas atividades antibacteriana, antiviral e antifúngica, a surfactina é amplamente utilizada em diferentes aplicações. Também atua como um eficiente emulsificante, estabilizador e modificador de superfície na indústria alimentícia (Sałek; Euston, 2019). A tensão superficial pode ser reduzida de 72 para 27 mN/m com uma concentração inferior a 5% em volume (Datta *et al.*, 2020) e apresenta baixa concentração micelar crítica (CMC) sendo, portanto, explorado em diferentes aplicações (Carolin *et al.*, 2021).

Os fosfolipídios são produzidos em grandes quantidades durante o crescimento de bactérias e leveduras em n-alcenos. *Acinetobacter* spp. e *Thiobacillus thiooxidans* são conhecidos por sintetizar biossurfactantes fosfolipídicos. Emulsan e liposan são biossurfactantes poliméricos. Esses compostos servem como agentes emulsificantes e podem ser sintetizados por bactérias e leveduras do gênero *Candida* (Rawat *et al.*,

2020; Ribeiro *et al.*, 2020). A literatura oferece relatos sobre a aplicação do liposan como emulsificante nas indústrias alimentícia e cosmética (Fenibo *et al.*, 2019).

Os biossurfactantes e os surfactantes sintéticos compartilham várias propriedades, como redução da tensão superficial, capacidade de formação de espuma, emulsificação, capacidade de estabilização, solubilidade e detergência. No entanto, os biossurfactantes apresentam algumas propriedades, listadas abaixo, que os tornam mais atraentes do que os seus similares sintéticos (Santos *et al.*, 2016):

- **Atividade de superfície:** como discutido anteriormente, a eficiência de um surfactante é medida por sua CMC. A CMC dos compostos biossurfactantes varia entre 1 e 2000 mg/L; isso muitas vezes depende da estrutura molecular do biossurfactante em questão (Sarubbo *et al.*, 2022). Um biossurfactante com ótima atividade superficial e interfacial é capaz de reduzir a tensão superficial da água de 72 para 30-35 mN/m, e reduzir a tensão interfacial (óleo/água) de 40 para 1 mN/m (Twiggs *et al.*, 2018). A maioria dos biossurfactantes tem valores de CMC, e de tensões superficial e interfacial mais baixos em comparação com seus equivalentes sintéticos, tornando-os mais eficientes e eficazes.
- **Tolerância à temperatura, pH e força iônica:** uma ampla gama de biossurfactantes mantém sua eficácia mesmo sob condições adversas. Essas moléculas naturais podem ser usadas em altas temperaturas e dentro de uma faixa de pH de 3 a 12, enquanto também toleram concentrações salinas de até 10% (p/v), enquanto os surfactantes sintéticos são inativados com $\geq 2\%$ de NaCl (Santos *et al.*, 2016).
- **Especificidade:** a alta diversidade de moléculas, cada uma com sua complexidade e grupos funcionais específicos, confere aos biossurfactantes atividades particulares/específicas. Como surfactantes sintéticos, os biossurfactantes têm a capacidade de se autoagregar e formar micelas. Isso permite que eles tenham estruturas morfológicamente diferentes umas das outras e aumenta sua especificidade. Micelas esféricas, semelhantes a bastonetes e semelhantes a vesículas podem ser formadas pelos biossurfactantes. Esta característica é de considerável interesse para aplicações nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica, bem como na desintoxicação de diferentes poluentes e na desemulsificação de emulsões industriais (Santos *et al.*, 2016).
- **Biocompatibilidade e digestibilidade:** a composição dos biossurfactantes os torna mais biocompatíveis e biodegradáveis em comparação com seus equivalentes

químicos. Estudos descreveram a biodegradabilidade de biossurfactantes sob variações de temperatura, pH e tempo de biodegradação (Rodríguez-López *et al.*, 2020). A presença de biossurfactantes também pode aumentar a biodegradabilidade solubilizando poluentes, como descrito por Silva *et al.* (2018), que simulou um processo de biorremediação em amostras de areia e água do mar. Em ambos os casos, as taxas de degradação do óleo foram superiores a 90% na presença do biossurfactante e da espécie produtora. A literatura também discute o papel dos biossurfactantes para uma melhor biodegradação de óleo de motor de solos contaminados, conforme descrito por Chaprão *et al.* (2018). Em relação à digestibilidade, a natureza química dos biossurfactantes, que inclui principalmente estruturas glicolípídicas e lipotéicas, torna os biossurfactantes importantes compostos para uso nas indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética (Adu *et al.*, 2020). Compostos tensoativos sintéticos são utilizados na remediação e no tratamento de efluentes. Como tal, podem ser liberados em águas residuais industriais. Quando este efluente industrial é lançado (propositalmente ou como resultado de um acidente), em um corpo de água natural, a presença desses surfactantes sintéticos pode representar uma ameaça aos ecossistemas naturais marinhos ou de água doce. O grau de dano causado por este fenômeno varia de acordo com a concentração de surfactante sintético, que aumenta com o tempo. Se as concentrações desses surfactantes liberados no ambiente atingirem altas concentrações, a toxicidade se acumulará nos animais através da cadeia alimentar, atingindo os humanos através do consumo de alimentos (Ivankovic; Hrenovic, 2010; Soares da Silva *et al.*, 2014). Em contraste, por serem produtos naturais da fermentação microbiana, os biossurfactantes são significativamente menos tóxicos para a flora e fauna aquática e são mais facilmente biodegradados por microrganismos em ambientes aquáticos e solos (Adu *et al.*, 2020). Essa maior biocompatibilidade é uma propriedade favorável às indústrias que estão substituindo cada vez mais os tensoativos sintéticos por biossurfactantes.

Os biossurfactantes são produzidos por excreção ou adesão às células. O principal papel fisiológico dos biossurfactantes é permitir que os microrganismos cresçam em substratos insolúveis através da redução da tensão superficial entre as fases, tornando o substrato mais disponível para absorção e metabolismo. Diferentes mecanismos de absorção desses substratos são descritos. A absorção direta de hidrocarbonetos dissolvidos na fase aquosa, o contato direto entre células e grandes

gotículas de hidrocarbonetos e a interação com gotículas emulsionadas (emulsão) foram descritos. Além da emulsificação da fonte de carbono, os biossurfactantes também estão envolvidos na adesão de células microbianas aos hidrocarbonetos. A adsorção de células de microrganismos a substratos insolúveis e a excreção de compostos surfactantes permitem o crescimento nessas fontes de carbono (Rocha e Silva *et al.*, 2019).

A obtenção do rendimento ideal do biossurfactante é um desafio, pois vários fatores exercem influência no crescimento microbiano e no metabolismo durante a produção fermentativa. Encontrar a combinação ideal de substratos para um meio de cultura definido para facilitar a difusão intracelular e a produção de compostos de interesse tem sido objeto de inúmeras investigações (Santos *et al.*, 2016). A fim de obter o rendimento ideal de produção de biossurfactante a partir da cepa de microrganismo selecionada, é importante definir as condições de cultura. Fatores a serem considerados incluem; fontes de carbono e nitrogênio; concentração do substrato lipofílico; micronutrientes; tamanho do inóculo; temperatura; pH; velocidade de aeração e agitação (Twiggg *et al.*, 2021). Embora a maioria dos microrganismos produtores de biossurfactantes gerem esses compostos sob condições mais restritivas, a fase de crescimento em que o maior rendimento é alcançado (fase exponencial ou estacionária) também deve ser investigada. Os parâmetros químicos e físicos do processo de fermentação podem ser otimizados usando métodos estatísticos, que proporcionam a oportunidade de estudar os efeitos das interações entre as diferentes variáveis em busca das condições ideais de cultivo para a máxima produção de biossurfactantes com os menores custos possíveis (Brasileiro *et al.*, 2015).

Assim, para produzir biossurfactantes economicamente, a produção precisa ser associada ao processamento *downstream* e explorar alternativas para melhorar sua produção usando abordagens estatísticas inovadoras (por exemplo, metodologia de superfície), técnicas baseadas em Inteligência Artificial (IA) como Inteligência Neural Artificial acoplada a Algoritmo Genético (ANN-GA), juntamente com o uso de mutantes de bactérias geneticamente modificadas. Cepas microbianas geneticamente modificadas, substratos econômicos, meios otimizados, processo de fermentação aprimorado e o processamento *downstream* e a purificação de produtos finais usando modelos estáticos bem desenvolvidos podem ser soluções biológicas e de engenharia

comercialmente viáveis para alcançar a produção econômica de biossurfactantes industriais em larga escala (Ambaye *et al.*, 2021).

A geração de subprodutos agroindustriais está crescendo rapidamente. Em 2019, as atividades industriais de produção de bioetanol, abate de animais, bem como o processamento de mandioca, dendê e leite juntos geraram mais de quatro bilhões de litros de águas residuais (Martinez-Burgos *et al.*, 2021). Urge, portanto, reduzir os impactos causados por esses e outros efluentes, utilizando-os em processos que podem gerar outros produtos. A indústria de produção de alimentos, em particular, deve ser explorada no que diz respeito ao aproveitamento de seus resíduos, efluentes e subprodutos (Santos *et al.*, 2016; Martinez-Burgos *et al.*, 2021). A produção de biossurfactantes via fermentação microbiana pode ser alcançada usando muitos desses resíduos industriais. Estudos demonstraram que os biossurfactantes podem ser produzidos a partir de uma variedade de substratos, incluindo misturas hidrofóbicas, solventes, hidrocarbonetos, óleos vegetais, produtos lácteos e resíduos cervejeiros. A literatura descreve uma série de produtos residuais empregados na produção de biossurfactantes, como óleos vegetais, efluentes oleosos, efluentes amiláceos, gordura animal, gordura vegetal, resíduos de óleo de cozinha vegetal, sabão em pó, melão, resíduos da indústria de laticínios (soro), licor de maceração de milho (milhocina), mandioca, efluentes de farinha, resíduos de destilaria de petróleo e glicerol (Santos *et al.*, 2016).

O aumento dos custos de produção associados aos biossurfactantes em comparação com seus equivalentes sintéticos pode ser mitigado pelo uso de matérias-primas de baixo custo derivadas de outros processos industriais (Jimoh; Lin, 2019). De fato, a implementação da produção de biossurfactantes em escala industrial pode se tornar economicamente viável com o uso de subprodutos agroindustriais (Santos *et al.*, 2016). É importante que matérias-primas de baixo custo obtidas de outros processos industriais atendam às necessidades nutricionais dos microrganismos, oferecendo um equilíbrio adequado de carboidratos e lipídios para o funcionamento do metabolismo microbiano, garantindo o sucesso da produção do biossurfactante de interesse. Matérias-primas que fornecem esse equilíbrio e contenham quantidades significativas de outros micronutrientes, como magnésio, manganês, fósforo, ferro e enxofre, podem reduzir ainda mais o custo de produção do biossurfactante. Além dos aspectos nutricionais, a disponibilidade de resíduos, transporte, custos de armazenamento, necessidade de pré-tratamento, grau de pureza e estado físico dos

resíduos devem ser considerados para orientar a seleção dos componentes mais adequados para a produção. Como cada matéria-prima possui suas particularidades, a atividade de cada microrganismo ocorre de forma específica, o que explica o fato de uma mesma matéria-prima ser adequada para a produção de um biossurfactante eficaz por um microrganismo, mas não por outro (Vieira *et al.*, 2012).

A reutilização de resíduos industriais na produção de compostos valiosos tem assumido uma grande importância nos últimos tempos, não só na economia de qualquer processo produtivo comercial, mas também na gestão de resíduos. Por outro lado, a utilização de resíduos industriais não pode ser sustentada apenas pelo baixo custo dessas matérias-primas, pois deve-se considerar a estabilidade, disponibilidade e variabilidade de cada componente. A variabilidade, em particular, representa uma grande limitação para o uso e a nível industrial, uma vez que as estruturas e propriedades das biomoléculas devem permanecer constantes e bem definidas, parâmetros que nem sempre podem ser garantidos a partir do uso desses substratos (Sarubbo *et al.*, 2022).

3.2.3.1. Biossurfactantes produzidos pela levedura *Starmerella bombicola*

Dentre os microrganismos produtores de biossurfactantes, a levedura *Starmerella bombicola* se destaca como uma das linhagens mais produtivas, sendo capaz de produzir grandes quantidades de glicolípídeos (300 g/L). A tensão superficial dessas biomoléculas apresenta valores em torno de 33 mN/m e tensão interfacial de 5 mN/m em n-hexadecano e água (Wang *et al.*, 2020).

A levedura *Starmerella bombicola* se destaca como boa produtora de soforolípídios, predominando a forma lactônica diacetilada (posição 6', 6''), com cadeia de ácidos graxo monoinsaturada (C18:1), quando usado o substrato hidrofóbico ácido oleico (Silveira *et al.*, 2019).

A produção de soforolípídios está relacionada com a composição do meio de cultura, com o microrganismo utilizado e as condições do processo fermentativo. A maioria das pesquisas sobre produção de soforolípídios utiliza substratos de primeira geração, como glicose e óleos vegetais, mas também tem um número crescente de pesquisas com substratos residuais de segunda geração (Drakontis; Amin, 2020).

Entre os fatores importantes para o rendimento e produção dos soforolípídios, além das condições de fermentação, as etapas de purificações e caracterizações são necessárias para as futuras aplicações. A separação dos soforolípídios do meio

fermentativo tem sido feita utilizando solventes orgânicos (acetato de etila e hexano) e quantificação por gravimetria (peso seco). A caracterização da molécula pode ser por Ressonância Magnética Nuclear (RMN) ou espectroscopia de massas, onde é possível a identificação das diferentes formas estruturais dos soforolipídios (Fontoura *et al.*, 2020).

Fan *et al.* (2012) estudaram a atividade antioxidante de soforolipídios de *S. bombicola* produzidos com óleo de soja e ácido oleico pelo método de DPPH (2,2-difenil1-picril-hidrazil). Os resultados mostraram uma atividade antioxidante de 15 a 60% com concentrações de 3,125 mg/mL até 50 mg/mL de soforolipídios. Hoa *et al.* (2017) realizaram a produção de soforolipídios utilizando óleo de peixe e avaliaram a atividade antioxidante pelo mesmo método, tendo com porcentagem de inibição 10 a 80% e a concentração inibitória de 4,45 mg/mL.

A atividade antimicrobiana dos soforolipídios está relacionada com as suas porções de açúcares e lipídios, causando mudanças ou ruptura da membrana celular, induzindo a lise e extravasamento do conteúdo citoplasmático das bactérias alvo. Assim, os soforolipídios, pelas suas características anfífilas, alteram as propriedades das membranas plasmáticas dos patógenos, apresentando assim características germicida contra bactérias Gram positivas e Gram-negativas (Silveira *et al.*, 2018; Fontoura *et al.*, 2020).

O uso do biossurfactante de *S. bombicola* na formulação de cosméticos também reflete uma tendência crescente em direção a produtos mais sustentáveis, alinhando-se com as demandas por soluções que minimizem o impacto ambiental, utilizando recursos renováveis e biodegradáveis. Estas aplicações ressaltam o potencial dos surfactantes da *Starmerella* como ingredientes essenciais para a indústria cosmética, proporcionando benefícios tanto para os consumidores quanto para o meio ambiente (Van Bogaert *et al.*, 2011; Morita *et al.*, 2015; Saerens *et al.*, 2011).

3.2.3.2. Aplicação de biossurfactantes na indústria de cosméticos

A tendência mundial da indústria cosmética está voltada para o desenvolvimento de produtos com princípios ativos mais naturais e renováveis para substituir ou reduzir o uso de matérias-primas sintéticas, como discutido anteriormente. As indústrias cosméticas também estão enfrentando desafios como alergias, queda de cabelo e irritação da pele e dos olhos causada por surfactantes químicos em algumas

formulações, que além de afetar os seres humanos, também afetam os solos e as águas subterrâneas, causando danos ao meio ambiente (COSMEFAR, 2024). Outro fator que fortalece essa tendência é o crescente movimento que propõe uma relação mais consciente com o cuidado estético, que, além de estar ligado ao bem-estar, é baseado na sustentabilidade e em fórmulas limpas, influenciando os consumidores e pressionando a beleza e higiene da indústria para reduzir e, sempre que possível, substituir os ingredientes que não atendem a esses critérios (Sarubbo *et al.*, 2015).

As grandes empresas do setor cosmético possuem em média cerca de 10.000 produtos cosméticos diferentes e reformulam de 25% a 30% desses produtos a cada ano. Cerca de 10% dessas reformulações dependem de novos princípios ativos para o mercado ou para a indústria. Essas empresas introduzem cerca de 80 novos ingredientes em seu portfólio de produtos a cada ano (Khondee *et al.*, 2015).

Nesse contexto, os biossurfactantes são uma opção para atender a demanda por novos ingredientes. Com sua natureza renovável, biodegradável, pouco tóxica ou não tóxica, os biossurfactantes apresentam riscos mínimos aos seres humanos e ao meio ambiente, o que vem ao encontro do interesse do emergente mercado consumidor e, conseqüentemente, da indústria cosmética.

Os investimentos na pesquisa aplicada dessas biomoléculas têm uma chance considerável de resultar em aplicabilidade direta em reformulações e no desenvolvimento de cosméticos inovadores mais seguros (Gudina *et al.*, 2013).

As propriedades inerentes aos biossurfactantes, como formação de espuma, umectação, dispersão e solubilização, são essenciais em cosméticos. A formação de espuma também é uma propriedade desejável para aplicações em xampus, sabonetes e cremes de barbear. A capacidade umectante permite que os cremes de água em óleo penetrem na pele com mais facilidade. A capacidade de dispersão e solubilização é necessária para incorporar pigmentos em vários produtos, como tinturas de cabelo e esmaltes (Câmara *et al.*, 2019).

Os biossurfactantes produzidos por microrganismos possuem propriedades aplicáveis à indústria cosmética, como propriedades hidratantes (manosileritritol lipídeos), ação antiviral e antibacteriana (trealose lipídeos), aumento da dissolução de compostos imiscíveis em água (soforolipídeos), propriedades hidratantes e estabilizantes (Emulsan), potencial fotoprotetor (aminoácidos como micosporina), formação de espuma (Surfactina) e reepitelização da mucosa (raminolípidios) (Sarubbo *et al.*, 2022).

A empresa química alemã Evonik, que conseguiu desenvolver métodos biotecnológicos para produzir biossurfactantes microbianos em escala industrial em 2010, atualmente desenvolve tecnologias para a produção de raminolípídeos para aplicação como promotores de espuma em produtos cosméticos, confirmando a aplicabilidade e o interesse do setor cosmético indústria no uso de biossurfactantes como novos ingredientes ativos em formulações (Mouafi *et al.*, 2016).

3.2.3.3. Mercado de biossurfactantes na indústria de cosméticos

Para serem economicamente competitivos no mercado, os biossurfactantes precisam têm preços iguais ou inferiores aos seus equivalentes sintéticos, atualmente avaliados em aprox. US\$ 2/kg (Santos *et al.*, 2016; Farias *et al.*, 2021).

Os altos custos necessários para obtenção de biossurfactantes são atribuídos à aquisição de matérias-primas e aos processos de recuperação de biomoléculas, estimados em cerca de 10% e 80% do custo total de produção. O *upstream processing* (seleção de cepas microbianas, meios de cultura e esterilização) e *downtream processing* (separação e purificação dos produtos) fazem parte do fluxo de obtenção de qualquer biomolécula de interesse comercial (Jimoh; Lin, 2019). No entanto, etapas de *downstream* são responsáveis pela maior parte do custo de produtos biotecnológicos. Custa de 10 a 12 vezes mais produzir a mesma quantidade de biossurfactantes em comparação com os surfactantes sintéticos, que dificulta o estabelecimento dessas biomoléculas no mercado surfactante e em mercados relacionados (Silva *et al.*, 2021).

Qualquer projeto de produção de produtos geralmente inclui uma avaliação econômica envolvendo o investimento de capital estimado, custos operacionais e análise de rentabilidade. Ao considerar biofármacos, o custo é muito alto (entre \$ 20 e US \$ 500 milhões), pois as despesas de P&D devem ser incluídas para todos os produtos sem sucesso e um alto grau de pureza é necessário. O custo operacional de uma planta bioquímica é a soma de todas as despesas, ou seja, matérias-primas, materiais, mão de obra, utilidades, eliminação de resíduos, despesas gerais, etc., divididos pelo custo operacional anual e a taxa de produção anual para obter o custo unitário de produção do bioproduto (em \$/kg). Na obtenção de biossurfactantes, alguns produtos custam US\$ 1,0/kg e outros custam mais de US\$ 10,000.000/kg, dependendo de diferentes variáveis inerentes ao processo de produção de cada biomolécula. O preço de mercado de raminolípídeos está entre US\$ 1,5 e US\$ 1500/g,

dependendo do nível de pureza e do fabricante. O custo dos biossurfactantes lipopeptídicos, que são produzidos em pequenas quantidades, mas têm aplicações potenciais nas indústrias farmacêutica e cosmética, é de aproximadamente US\$ 20 para \$ 130/mg (Sarubbo *et al.*, 2022).

Os preços atuais de alguns biossurfactantes em comparação com o surfactante derivado sinteticamente dodecil sulfato de sódio (SDS) é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Preços de biossurfactantes em comparação ao surfactante sintético dodecil sulfato de sódio (SDS)

Surfactantes	Quantidade	US\$ (2021)
Raminolipídeos, 90%	100 g	\$233,00
Surfactina de <i>Bacillus subtilis</i> , ≥ 98,0% (HPLC)	10 mg	\$223,00
Raminolipídeos, 95% (90% Di-Raminolipídeo)	10 mg	\$429,00
Fengycina ≥ 90%	5 mg	\$570,00
Iturina A de <i>Bacillus subtilis</i> ≥ 95% (HPLC)	5 mg	\$567,00
Saponina	250 g	\$398,00
dodecil sulfato de sódio (SDS)	100 g	\$146,00
ACS, ≥ 99,0%		

Fonte: Sarubbo *et al.*, 2022

Apesar do aumento dos custos associados aos biossurfactantes, o mercado de biossurfactantes representa atualmente 5% do mercado total de surfactantes e tem mostrado um aumento constante na última década. A taxa de crescimento anual composto (CAGR) é a taxa de retorno medida ao longo do período do investimento. De acordo com um novo relatório de pesquisa da Global Market Insights, Inc. (2019), para o mercado de biossurfactantes, espera-se que a receita registre mais de 5,6% CAGR até 2025, considerando que a segurança humana sustentará o crescimento desta indústria.

As principais empresas do mercado mundial produtoras de biossurfactantes com aplicações em cosméticos estão resumidas na Tabela 2.

Tabela 2. Biossurfactantes produzidos em larga escala por diferentes empresas com aplicação na indústria de cosméticos

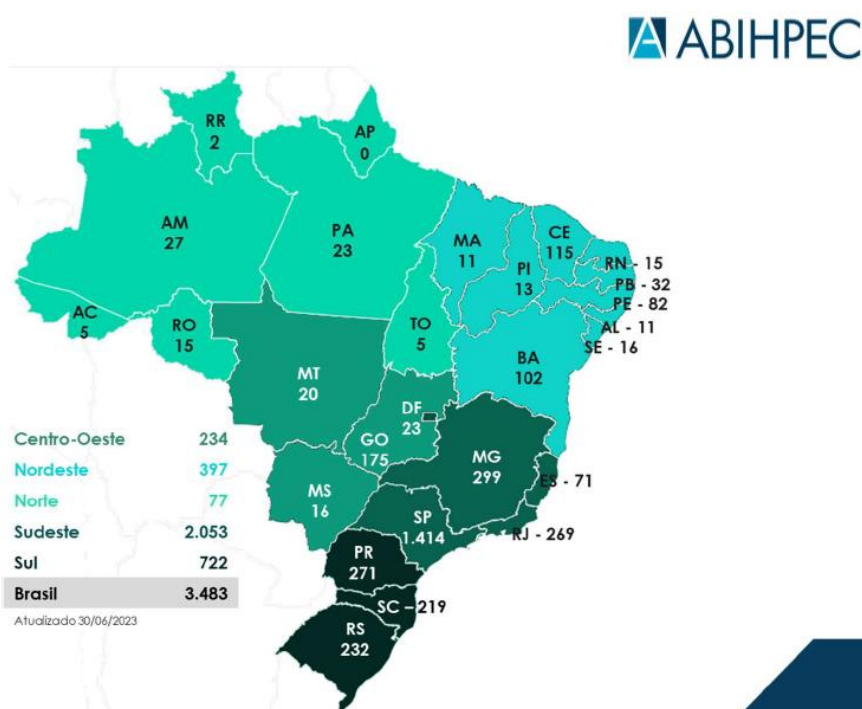
Empresa	site	Biossurfactante	Aplicação	País
AGAE Technologies	https://www.agaetech.com/	Raminolipídeos	Cosméticos, produtos de higiene pessoal, produtos farmacêuticos	USA
Rhamnolipid Companies	http://rhamnolipid.com/	Raminolipídeos	Produtos farmacêuticos	USA
Paradigm Biomedical Inc	http://www.akama.com/company/Paradigm_Biomedical_Inc_a7bcb2680775.html	Raminolipídeo	Produtos farmacêuticos	USA
Kanebo Cosmetics Inc.	http://www.kanebo.com/science/skincare/biosurfactants.	Manosileritritol lipídeo B (MEL-B)	Cosméticos	Japão
Kaneka Corporation	https://www.kaneka.co.jp/en/business/qualityoflife/nbd_002.html	Soforolipídeo	Cosméticos	Japão
Saraya Co. Ltd.	http://worldwide.saraya.com/	Soforolipídeos	Produtos de higiene pessoal	Japão
Groupe Soliance	http://www.soliance.com/dtproduit.php?id=42	Sopholiance S (Soforolipídeo)	Cosméticos, produtos farmacêuticos	França
Lipofabrik	http://www.lipofabrik.com/	Lipopeptídeos	Produtos farmacêuticos	França
TeeGene Biotech	http://www.teegene.co.uk/	Raminolipídeos e lipopeptídeos	Produtos farmacêuticos, cosméticos	Reino Unido
Sabo S.P.A.	www.sabo.com/sabo/home.php	Surfactina sódica	Cosméticos	Itália
Ecover Eco-Surfactant	https://www.ecover.com/	ACS-Soforolipídeo	Produtos com ação detergente	Bélgica
Fraunhofer IGB	https://www.igb.fraunhofer.de/	Glicolipídeo e celobiose lipídico	Cosméticos	Alemanha
Evonik	https://household-care.evonik.com/	Raminolipídeos, soforolipídeos	Cosméticos	Alemanha
MG Intobio Co. Ltd.	http://www.intobio.com	Sopholine (Soforolipídeos)	Cosméticos	Coréia do Sul

Fonte: adaptado de Faias *et al.*, 2021

3.3. MERCADO DO SETOR COSMÉTICO BRASILEIRO

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) existem no Brasil 3.483 empresas atuando no mercado de produtos de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC), sendo que 73,0% do faturamento total do setor fica a cargo de 20 empresas, classificadas como de grande porte, as quais detêm um faturamento líquido de impostos acima dos R\$ 100 milhões. A região sudeste brasileira possui 2.053 empresas, sendo que 1.414 delas encontram-se no Estado de São Paulo, o qual possui 40,59% das empresas de HPPC do país (Figura 1) (ABIHPEC, 2023).

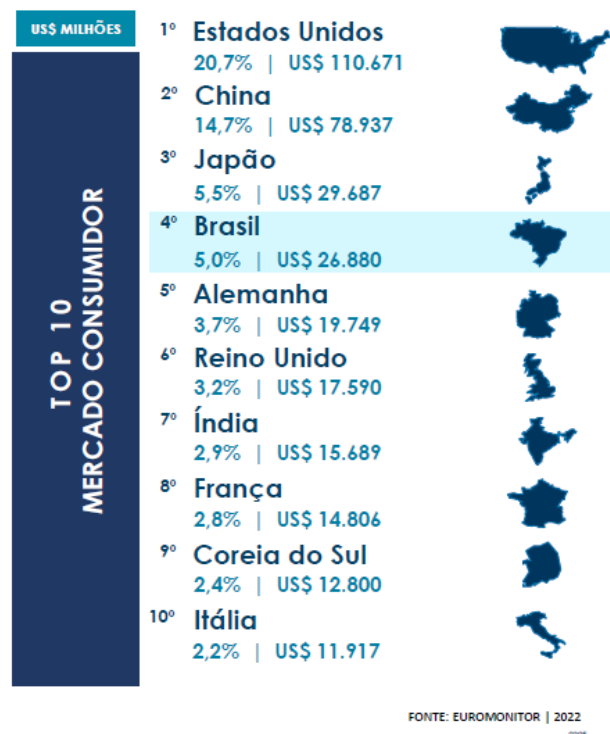
Figura 1. Empresas de higiene pessoal, perfumaria e cosmético no Brasil em 2023.



Fonte: ABIHPEC, 2023

Conforme dados do Euromonitor (2022), o Brasil ocupa a quarta posição em relação ao mercado mundial de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, com 5% de participação no mercado de consumo mundial, conforme a Figura 2, atrás apenas dos EUA, China e Japão, primeiro, segundo e terceiros colocados, respectivamente (ABIHPEC, 2023).

Figura 2. Panorama mundial do setor de higiene pessoal, perfumaria e cosmético em 2022.



Fonte: ABIPHEC, 2023

De acordo com a ABIHPEC (2023), em 2022 o Brasil ocupava posições de destaque em diversas categorias do mercado cosmético mundial: segundo lugar em desodorantes, fragrâncias, protetores solares, produtos masculinos e depilatórios; terceiro lugar em produtos infantis, capilares e de higiene oral; quarto lugar em itens para banho; sexto em maquiagem e oitavo em cuidados com a pele. Apesar desses resultados expressivos, o país perdeu posições em relação aos dados de 2015, quando era o líder mundial em desodorantes, fragrâncias e protetores solares, além de ocupar a segunda posição em produtos infantis, masculinos, capilares, de banho e depilatórios; terceira em higiene oral e maquiagem; e sexta em cuidados com a pele (ABIHPEC, 2015).

Segundo o *Caderno de Tendências* da ABIHPEC (2014), o Brasil também se destacou como líder no segmento de cosméticos de massa, voltado principalmente para o público jovem da Geração Y (teens), representando um nicho estratégico para as empresas do setor. Um dos fatores que explicam a força do mercado brasileiro nesse cenário é o clima predominantemente quente

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

e úmido, que contribui para a cultura de múltiplos banhos diários — hábito que inclui a higienização frequente dos cabelos. Isso impulsiona o consumo elevado de produtos como shampoos, sabonetes, desodorantes e perfumes, categorias que figuram entre as mais relevantes do setor.

O segmento de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos passou por uma retração no número de empregos diretos entre 2015 e 2016. No entanto, entre 2017 e 2020, houve uma recuperação expressiva, com crescimento de 14,4% em relação a 2016. Em 2021, após os impactos mais severos da pandemia, o setor voltou a sofrer retração de 1,6% em comparação a 2020. Já em 2022, apresentou uma leve recuperação, com crescimento de 0,6% em relação ao ano anterior, totalizando 134,4 mil empregos diretos. Ainda refletindo os efeitos da pandemia, o ano de 2021 foi marcado por retração nas oportunidades de trabalho em quase todos os canais de distribuição, culminando em uma queda geral de 1,7%. Em 2022, no entanto, o cenário voltou a melhorar, com aumento de 4,8% nas oportunidades de emprego em comparação ao ano anterior (ABIHPEC, 2023).

No campo do comércio exterior, o setor também obteve resultados positivos. As exportações brasileiras de cosméticos, higiene pessoal e perfumaria atingiram US\$ 776,5 milhões em 2022, representando um aumento de 10,9% em relação aos US\$ 700 milhões exportados em 2021. Os principais produtos exportados foram itens para cuidados com os cabelos (23,7%), sabonetes (19,1%) e produtos de higiene oral (11,6%) (ABIHPEC, 2023).

Os principais destinos das exportações brasileiras foram: Argentina (18,7%), México (11,1%), Colômbia (10,7%), Chile (10,1%) e Paraguai (6,6%). Além desses países, Estados Unidos, Portugal, Emirados Árabes Unidos e Holanda também se destacaram por apresentarem os maiores crescimentos em valor e volume, com produtos capilares liderando as exportações para esses mercados (ABIHPEC, 2023).

Pelo terceiro ano consecutivo, as exportações superaram as importações no setor, algo que não ocorria com frequência desde 2010. Em 2022, o saldo da balança comercial foi positivo em US\$ 35,5 milhões, representando um crescimento de 206% em relação ao superávit de US\$ 11,6 milhões registrado em 2021 (ABIHPEC, 2023).

Em termos de mercado interno, o setor movimentou R\$ 124,5 bilhões em 2021 e as projeções indicam que esse valor pode ultrapassar os R\$ 130 bilhões até 2026. Os segmentos que mais se destacam nesse cenário são fragrâncias, produtos voltados para o público masculino, desodorantes, cuidados capilares, produtos infantis, protetores solares, maquiagem, itens para banho, cuidados com a pele e produtos depilatórios (SEBRAE, 2023).

Os cosméticos antifadiga são uma tendência que vem chamando a atenção do consumidor. De 2016 a 2020, as vendas aumentaram cerca de 4% ao ano. O mercado de beleza e cosmético é rápido em apontar tendências para os problemas que enfrentamos; e o estresse e a fadiga definitivamente afetam a beleza e o sono de qualquer um. Assim, é esperado que o mercado de cosméticos antifadiga alcance a marca de US \$25,1 milhões até 2031, de acordo com o relatório do Fact.MR. O crescimento de produtos e tratamentos antifadiga é atribuído ao aumento dos níveis de estresse e fadiga, combinado com a falta de sono adequado, fatores que foram muito mais comuns durante os últimos anos (SEBRAE, 2023).

3.4. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO DO SETOR COSMÉTICO NO BRASIL

Os produtos cosméticos estão sujeitos às legislações e regulamentações sanitárias brasileiras para a produção, envase, comercialização, importação e exportação, conforme Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, sob autorização da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), criada e instituída pela Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999, vinculada ao Ministério da Saúde (MS) e integrada ao Sistema Único de Saúde (SUS), sendo também responsável pela coordenação do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS). Segundo disposto na Lei nº 9.782/99, a ANVISA é o órgão responsável pela autorização e licenciamento de produção e comercialização de cosméticos em todo o território brasileiro (Corrêa, 2012; Coelho, 2013). A definição mais ampla para produtos cosméticos é definida e oficializada para todo o território nacional na Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 07, de 10 de fevereiro de 2015, a seguir (ANVISA, 2015):

“Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes: são preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e ou corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado”. (ANVISA, 2015, p.7)

Sendo assim, todo e qualquer produto que se enquadre na definição acima é classificado, no Brasil, como produto de higiene pessoal, cosmético ou perfume, seja de origem ou constituição sintética ou natural, total ou em parte (ANVISA, 2015).

Os produtos cosméticos são classificados em dois graus, os critérios utilizados para esta classificação foram definidos em função da probabilidade de efeitos não desejados decorrente do uso inadequado do produto, sua formulação, finalidades de uso, áreas do corpo a que se destinam e cuidados que se devem ter ao utilizá-los. Os produtos de Grau 1, são os que apresentam risco mínimo e os de Grau 2 são produtos com risco potencial (ANVISA, 2015).

As amostras de produtos acabados devem ser armazenadas em suas embalagens originais ou em recipientes equivalentes àqueles utilizados para comercialização. Além disso, devem ser mantidas sob as condições de armazenamento recomendadas, em quantidade suficiente para possibilitar, no mínimo, duas análises completas (ANVISA, 2015).

As amostras de retenção devem possuir rótulo contendo identificação, lote e data de validade (ANVISA, 2015).

INCI é a sigla para INTERNACIONAL NOMENCLATURE OF COSMETIC INGREDIENTS, ou seja, Nomenclatura Internacional de Ingredientes Cosméticos. Consiste em um sistema internacional de codificação para designar os ingredientes utilizados em produtos cosméticos, reconhecido e adotado mundialmente (ANVISA, 2020).

A definição do “nome” de uma substância segue regras específicas estabelecidas por um comitê internacional de nomenclatura. Esse comitê é composto por representantes de importantes órgãos reguladores, como o FDA (Food and Drug Administration), a Comissão Europeia, o Ministério da Saúde do Canadá e o Japão (ANVISA, 2020).

O Brasil não possui, até o presente momento, um regulamento oficial para os cosméticos orgânicos e naturais certificados, sendo assim, para que a certificação de cosméticos no país seja possível, adotam-se as diretrizes da empresa certificadora contratada, a qual deve exigir que os produtores estejam em conformidade com a regulamentação nacional vigente para produtos cosméticos e de higiene pessoal, além de se certificar que a empresa é legalmente constituída e autorizada pela ANVISA, para a produção e comercialização de produtos cosméticos e de higiene pessoal (ECOCERT, 2023; IBD CERTIFICAÇÕES, 2022).

Dessa forma, como os cosméticos orgânicos e naturais são definidos, acima de tudo, como produtos cosméticos, e devem obedecer às regulamentações oficiais vigentes para a produção, controle de qualidade, registro, comercialização e acondicionamento para os produtos cosméticos no Brasil, em sobreposição às exigências da empresa certificadora contratada. Deste modo, os cosméticos orgânicos e naturais são definidos, a priori, com base na Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 07, de 10 de fevereiro de 2015 e devem atender primeiramente a todas as regulamentações do setor de cosméticos e de higiene pessoal.

A princípio, para que um cosmético orgânico ou natural seja certificado, deve obedecer a normas rígidas de certificação, incluindo os ingredientes da formulação, que devem ser originados de cultivos orgânicos, que proíbem a utilização de agrotóxicos pesticidas, exigem a conservação e manutenção dos recursos naturais e meio ambiente, além de garantir condições adequadas de trabalho e proteção aos produtores, consumidores e meio ambiente da contaminação com agrotóxicos (ABIHPEC, 2011).

O termo certificação, popularmente conhecido e amplamente utilizado na agricultura orgânica, tem seu significado na garantia da origem ou procedência de um produto além de sua qualidade orgânica. A certificação orgânica ou natural é um selo de garantia emitido por uma empresa certificadora garantindo um processo de auditoria de origem e trajetória de produtos agrícolas e industriais, indicando que o produto foi cultivado e obtido em conformidade com rigorosas diretrizes de produção e qualidade, possibilitando seu rastreamento desde sua fonte de origem, região produtora e os produtores envolvidos no processo, até o ponto final de comercialização. Em geral, a contratação da

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

empresa certificadora e os custos da certificação são de responsabilidade do produtor (EMBRAPA/SOJA, 2011; Mello; Callebaut, 2011).

Devido à inexistência de normas, leis ou diretrizes, de caráter nacional ou internacional, para a regulamentação de certificação orgânica e natural para produtos de beleza, as diretrizes apresentadas pelas certificadoras sofrem constantes aperfeiçoamentos e adaptações, principalmente face às realidades e necessidades nacionais e internacionais, em um processo transparente e acessível (IBD CERTIFICAÇÕES, 2022).

Estas normas e diretrizes sofrem adaptações com a finalidade de atender a Lei nº 10.831/2003 e o Decreto nº 6.323/2007 quanto aos critérios de concentração mínima para ingredientes orgânicos. Embora não exista uma regulação nacional oficial, existem vários organismos de certificação globais que realizam inspeções e garantem que os produtos cosméticos são realmente naturais e orgânicos, de acordo com os critérios definidos.

As principais certificadoras de produtos orgânicos e naturais incluem:

a) *Cosmetic Organic Standard (Cosmos)*: é um referencial europeu de caráter privado, criado a partir da colaboração de cinco importantes entidades certificadoras: BDIH (Alemanha), Cosmebio (França), Ecocert Greenlife SAS (França), ICEA (Itália) e Soil Association (Reino Unido). O objetivo dessa iniciativa foi estabelecer critérios mínimos comuns e padronizar, em escala global, as normas para certificação de cosméticos naturais e orgânicos (Ecocert, 2019). Para que um produto esteja em conformidade com os padrões do Cosmos, é necessário atender a diversas exigências relacionadas à origem dos ingredientes, aos processos de fabricação e à sustentabilidade da cadeia produtiva como um todo. Assim, antes de optar por essa certificação, é fundamental que o fabricante analise cuidadosamente todas as diretrizes previstas no referencial. Embora ainda não seja amplamente difundida no Brasil, a certificação Cosmos é altamente reconhecida em diversos países, especialmente na Europa, o que a torna uma excelente oportunidade para empresas brasileiras com foco em exportação. No cenário nacional, o número de cosméticos certificados como **Cosmos Natural** e **Cosmos Organic** tem crescido progressivamente, sendo a Ecocert a entidade responsável por essa certificação no Brasil.

b) *Ecocert*: para a empresa francesa, Ecocert®, seu referencial de certificação é o resultado de um trabalho em parceria entre a própria Ecocert e profissionais do setor de cosméticos, e tem por objetivo apoiar os fabricantes de produtos cosméticos que adotam o respeito ao meio ambiente e prezam pela qualidade das substâncias de origem natural utilizadas em seu processo produtivo. A necessidade do desenvolvimento de um referencial próprio deve-se ao fato de inexistir referenciais oficiais relativos à produção de cosméticos e de insumos de origem natural com certificação orgânica, bem como à existência de variados referenciais privados europeus, o que pode comprometer ou dificultar para o consumidor o reconhecimento de produtos que sejam fabricados com ingredientes de origem natural e orgânica, obedecendo a processos sustentáveis (Ecocert, 2012).

Para a Ecocert (2023), um cosmético natural é assim classificado e certificado se possuir no mínimo 50% de ingredientes vegetais e de origem vegetal oriundos da produção orgânica sobre o total de ingredientes vegetais, em razão de massa, além de um mínimo de 5% de ingredientes certificados orgânicos sobre o total dos ingredientes que compõem o produto acabado, também em razão de massa, respeitando também os critérios de classificação de ingredientes, assim como as listas de ingredientes autorizados e lista de ingredientes proibidos, anexos ao seu Referencial de Certificação vigente. Ainda segundo a Ecocert (2023), um cosmético orgânico é assim classificado e certificado se possuir no mínimo 95% de ingredientes vegetais e de origem vegetal oriundos da produção orgânica sobre o total de ingredientes vegetais, em razão de massa, além de um mínimo de 10% de ingredientes certificados orgânicos sobre o total dos ingredientes que compõem o produto acabado, também em razão de massa, respeitando também os critérios de classificação de ingredientes, assim como as listas de ingredientes autorizados e lista de ingredientes proibidos, anexos ao seu Referencial de Certificação vigente.

Quanto à certificação, para a Ecocert (2023), os produtos cosméticos que estejam em conformidade com seu referencial “beneficiam-se das menções obrigatórias “COSMÉTICO ECOLÓGICO” ou “COSMÉTICO ECOLÓGICO E ORGÂNICO”, conforme as regras sobre os ingredientes e a composição do produto final.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

c) *Natrue*: é uma associação internacional sem fins lucrativos fundada na Europa, em 2007, com o propósito de promover e harmonizar globalmente o desenvolvimento de cosméticos naturais e orgânicos (Natrue, 2019). Assim como o padrão Cosmos, a Natrue estabelece critérios rigorosos que devem ser seguidos pelos fabricantes que desejam obter sua certificação. Suas exigências abrangem desde a origem e o tipo das matérias-primas até o processo de fabricação do produto final. No Brasil, o selo Natrue é mais comumente encontrado em produtos importados ou em itens desenvolvidos para exportação. Para produtos voltados ao mercado interno, é usual a utilização do selo do **Instituto Biodinâmico (IBD)**.



d) *Instituto Biodinâmico (IBD)*: reconhecido como a maior certificadora de produtos orgânicos da América Latina, o IBD possui forte presença no mercado nacional. Desde 2014, a entidade segue os padrões estabelecidos pela Natrue para certificar cosméticos naturais e orgânicos. Há um acordo de reconhecimento mútuo entre ambas as instituições: produtos brasileiros certificados pelo IBD podem receber o selo Natrue quando destinados à exportação, enquanto cosméticos importados com certificação Natrue podem utilizar o selo IBD no Brasil (IBD, 2019). O IBD aguarda que o governo se pronuncie a respeito de uma política e regulação de certificação para o mercado interno; enquanto isso, sua política tem por base promover a certificação de cosméticos com selo “Natural” e o selo de “Ingredientes Naturais” (IBD CERTIFICAÇÕES, 2022). Quanto à rotulagem, para o IBD Certificações (2022), os rótulos de cosméticos classificados e certificados como naturais ou orgânicos devem, a princípio, atender as disposições legais quanto às normas de rotulagem e classificação de produtos cosméticos estabelecidas pela Resolução RDC nº 211/2005 e suas atualizações, para então receberem uma rotulagem específica com o selo de “Natural” ou “Orgânico”. Ainda para a IBD Certificações (2022), “independentemente da classificação, todos os rótulos deverão especificar as porcentagens totais de ingredientes naturais e orgânicos”.

A Tabela 3 resume os critérios definidos pelos principais organismos de certificação.

As fórmulas de cosméticos veganos, por sua vez, não contêm matérias-primas de origem animal, como lanolina, colágeno, gelatina, mel, cera de abelha e outras (ECYCLE, 2024).

Para o seguimento de produtos veganos, algumas empresas optam por desenvolver sua própria sinalização para identificar os cosméticos que são livres de testes em animais e/ou de matérias-primas de origem animal. Esses produtos costumam ser identificados pela presença de um selo com a letra V, pelo desenho de um coelho, pela inscrição *cruelty-free*, ou por qualquer outro símbolo definido pela empresa. Ainda assim, existem diversas certificadoras que regulamentam cosméticos com esse apelo. A seguir, estão destacadas duas certificadoras que têm grande representatividade no Brasil:

Tabela 3. Critérios definidos por diferentes organismos de certificação.

SELOS	CERTIFICADORA
	<p>ECOCERT Fundada na França em 1951, é uma organização independente e uma das mais confiáveis certificações internacionais para produtos orgânicos. Seus princípios são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A utilização de ingredientes biodegradáveis e recicláveis derivados de recursos renováveis e produzidos através de processos ecológicos. • Ausência de organismos geneticamente modificados (OGM), parabenos, nanopartículas, silício, PEG, perfumes e corantes sintéticos, fenoxietanol, ingredientes de origem animal. • Conter uma quantidade mínima de ingredientes naturais nos produtos obtidos na agricultura biológica. <p>Segundo a ECOCERT, os ingredientes naturais e orgânicos são divididos em 2 rótulos distintos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rótulo de Cosméticos Naturais e Orgânicos: Um mínimo de 95% de todos os ingredientes vegetais e um mínimo de 10% de todos os ingredientes da fórmula devem provir da agricultura orgânica. • Rótulo de Cosméticos Naturais: Um mínimo de 50% de todos os ingredientes vegetais e um mínimo de 5% de todos os ingredientes da fórmula devem provir da agricultura orgânica.
	<p>SOIL ASSOCIATION ORGANIC Os padrões do maior organismo de certificação orgânica do Reino Unido baseiam-se em princípios que visam maximizar a proporção de ingredientes orgânicos, minimizar ingredientes sintéticos, processamento mínimo de ingredientes e rotulagem clara, para que os consumidores possam fazer uma escolha informada sobre o produto que estão comprando. Existe também um critério para os produtos biológicos que devem ser considerados como não prejudiciais à saúde humana e ao ambiente em sua produção e utilização e não devem ser testados em animais. De acordo com a Soil Association Organic, os cosméticos são divididos em 2 categorias diferentes:</p> <p>Feito com xx% de ingredientes orgânicos: Deve conter pelo menos 70% de ingredientes orgânicos.</p> <p>Orgânico: Deve conter mais de 95% de ingredientes orgânicos.</p>
	<p>COSMOBIO Uma das associações mais importantes da França que certifica produtos ecológicos e cosméticos orgânicos que estão divididos em 2 rótulos:</p>

	<p>Rótulo BIO (Bio Label): Contém pelo menos 95% de ingredientes naturais ou criados a partir de fontes naturais. Contém pelo menos 95% de ingredientes vegetais orgânicos. Pelo menos 10% do produto é proveniente da agricultura orgânica.</p> <p>Etiqueta ecológica (ECO Label): Contém pelo menos 95% de ingredientes naturais ou criados a partir de fontes naturais. Contém pelo menos 50% de ingredientes vegetais orgânicos. Pelo menos 5% do produto é proveniente da agricultura orgânica.</p>
	<p>COSMOS O Padrão COSMOS (COSMetic Organic Standard) foi desenvolvido a nível europeu pela BDIH (Alemanha), Cosmebio & Ecocert (França), ICEA (Itália) e Soil Association (Reino Unido). De acordo com a norma Cosmos, foi acordado que se um ingrediente, tecnologia ou processo puder representar um risco para a saúde ou para o ambiente, não será permitido. Por esta razão, não são permitidos nanomateriais, OGM, irradiação e testes em animais.</p> <p>Produtos cosméticos com certificação orgânica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pelo menos 95% dos agro-ingredientes fisicamente processados têm de ser de produção biológica. Após um período transitório de 36 meses após a entrada em vigor desta norma (Janeiro de 2010), os restantes agroingredientes fisicamente processados deverão ser de produção biológica se estiverem disponíveis (em quantidade e qualidade); • Após um período de transição de 60 meses após a entrada em vigor desta norma, pelo menos 30% dos agroquímicos processados quimicamente deverão ser de origem orgânica. • Pelo menos 20% do produto total deverá ser orgânico; • Excepcionalmente, para produtos de enxágue, produtos aquosos não emulsionados e produtos com pelo menos 80% de minerais ou ingredientes minerais, pelo menos 10% do produto total deverá ser orgânico. <p>Cosméticos sob certificação natural: Não há exigência de uso de um nível mínimo de ingredientes orgânicos.</p> <p>Esta norma define ainda um conjunto de requisitos ao nível do armazenamento, produção e acondicionamento e exige a existência de um Plano de Gestão Ambiental que abranja todo o processo produtivo e resíduos resultantes e resíduos, efetivamente implementado. A utilização de materiais de limpeza cujos ingredientes cumpram esta norma também é obrigatório.</p>
	<p>IBD Para que a certificação seja conferida pelo IBD, os produtos cosméticos devem apresentar as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ser formulado e desenvolvido com ingredientes orgânicos e naturais, considerando o máximo possível de sua composição; • preservar, sempre que possível, os ingredientes, evitando modificar as suas qualidades originais ou seu estado natural; • promover a redução do impacto ao ambiente, tanto no processo produtivo quanto no uso e descarte de materiais; • objetivar a alta qualidade dos produtos; • apresentar uma rotulagem clara aos consumidores; • elaborar produtos cosméticos que não utilizam testes em animais, sendo vetado o uso de testes em animais, tanto para o produto cosmético final quanto para seus ingredientes em separado; • nenhum ingrediente poderá ser obtido por meio de processos que promovam o sacrifício de animais vertebrados; • é permitido o uso de ingredientes que sejam obtidos por coleta em

 	<p>animais vivos, como o mel e o leite, porém, o processo deverá ser por meio de sistema orgânico de produção;</p> <ul style="list-style-type: none"> • o uso de organismos geneticamente modificados (OGM) é proibido; • ser inócuo aos seres humanos. <p>Para o IBD Certificações (2022), “um cosmético pode ser classificado como sendo natural e ser certificado como tal se sua formulação contiver uma formulação composta por água e ingredientes naturais não-certificados, ou ingredientes permitidos para formulações naturais”, respeitando critérios de classificação de ingredientes, porcentagem de composição de água, assim como as listas de Materiais Autorizados pelo IBD e Lista de Ingredientes Proibidos, anexos ao Referencial de Certificação vigente (IBD CERTIFICAÇÕES, 2022). Ainda segundo o IBD Certificações (2022), um cosmético poderá ser classificado e certificado como natural se contiver “(em relação à formulação total) um mínimo de 20% de substâncias naturais não modificadas quimicamente e um máximo de 15% de substâncias naturais derivadas”, respeitando também os critérios de classificação de ingredientes, porcentagem de composição de água, assim como as listas de Materiais Autorizados pelo IBD e Lista de Ingredientes Proibidos, anexos ao Referencial de Certificação vigente.</p>
	<p>NATRUE</p> <p>A NATRUE é uma associação internacional sem fins lucrativos fundada em 2007 em Bruxelas, comprometida com a promoção e a proteção de cosméticos naturais e biológicos à escala internacional. A NATRUE tem três níveis de certificação:</p> <p>Cosmética Natural: as matérias-primas naturais quimicamente não modificadas devem ser de preferência de qualidade biológica certificada. As substâncias processadas de origem natural só são permitidas quando nenhuma substância natural quimicamente não modificada pode substituir a sua função. As substâncias processadas de origem natural são sempre obtidas a partir de substâncias genuinamente naturais, com exclusão do petróleo.</p> <p>Cosmética Natural Parcialmente Biológica: para além dos requisitos básicos dos cosméticos naturais, o produto deve conter (porcentagem na fórmula completa) pelo menos 15% de substâncias naturais quimicamente não modificadas e não mais de 15% de substâncias processadas de origem natural. Pelo menos 70% das substâncias naturais de origem vegetal ou animal devem ser certificadas biológicas e/ou de colheita selvagem controlada, certificadas por um organismo ou autoridade de certificação devidamente reconhecido.</p> <p>Biocosméticos: para além dos requisitos básicos dos cosméticos naturais, o produto deve conter (porcentagens na fórmula completa) pelo menos 20% de substâncias naturais, quimicamente não modificadas e um máximo de 15% de substâncias processadas de origem natural, com exceção das barras de sabão. Pelo menos 95% das substâncias naturais de origem vegetal ou animal – e, quando aplicável, substâncias transformadas de origem natural – contidas no produto devem provir de cultivo biológico controlado e/ou de colheita selvagem controlada, certificada por um organismo ou autoridade de certificação devidamente reconhecido. O uso de embalagens deve ser limitado tanto quanto possível (Natruue, 2023).</p>

Fonte: adaptado de Brilhante, 2018

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

a) *Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB)*: desde 2013, a Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB) mantém um programa de certificação que concede o selo vegano a diversos tipos de produtos, incluindo alimentos, cosméticos e itens de higiene pessoal. Esse selo, amplamente reconhecido no Brasil, é atribuído a produtos que não contenham ingredientes de origem animal e cujas empresas, bem como os fabricantes das matérias-primas utilizadas, não realizam testes em animais (SVB, 2023).

Figura 3. Selo vegano da Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB).



Fonte: SVB, 2023

b) *People for the Ethical Treatment of Animals (PETA)*: fundada em 1980, a ONG PETA é uma das organizações internacionais mais atuantes na defesa dos direitos dos animais. Ela concede dois tipos de certificações a cosméticos: os selos *Cruelty-Free* e *Approved Vegan* (PETA, 2023). O selo *Cruelty-Free* indica que o produto não foi testado em animais e que nenhum de seus ingredientes passou por esse tipo de teste (Figura 4). No entanto, é importante destacar que esse selo não garante que o produto seja vegano, pois ele ainda pode conter ingredientes de origem animal, como mel ou queratina, desde que sua obtenção não envolva maus-tratos aos animais. Já o selo *Approved Vegan* assegura que o produto é inteiramente livre de testes em animais e também não possui, em sua formulação, nenhum ingrediente de origem animal. Produtos com esse selo são considerados veganos.

Figura 4. Selo vegano da People for the Ethical Treatment of Animals (PETA).

Fonte: PETA, 2023

A especificações citadas acima para os cosméticos sustentáveis estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação dos Cosméticos Sustentáveis

Classificação	Matérias-Primas	Testes em animais
Naturais	95% de matérias-primas naturais e o restante pode ser sintético	Não
Orgânicos	95% de matérias-primas orgânicas	Não
Veganos	Nenhum ingrediente de origem animal	Não

Fonte: a autora

3.5. PERSPECTIVAS DO MERCADO DE COSMÉTICOS SUSTENTÁVEIS

O relatório elaborado na Conferência de Estocolmo, conhecido como *Relatório de Brundtland*, foi responsável por alicerçar o princípio do desenvolvimento sustentável (Maniglia, 2012): “*Aquele que atende às necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações de terem suas próprias necessidades atendidas*”

O desenvolvimento sustentável teve seu sentido ampliado e seu impacto atinge não apenas os setores econômicos e indústrias, mas também o político,

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

repensando os métodos de exploração de recursos, as políticas institucionais e os focos do desenvolvimento tecnológico (Maniglia, 2012).

Um cosmético verde é, por definição, um cosmético, e assim deve ser abordado em todos os aspectos da cadeia produtiva, considerando as etapas de produção, controle de qualidade, registro, transporte, garantia, comercialização e cosmetovigilância, sendo necessária a adequação a todas as regulamentações vigentes relacionadas aos produtos de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, publicadas pela ANVISA (Thiesen, 2013).

Os cosméticos verdes podem, ainda, assumir a definição de cosméticos naturais ou *eco-friendly*, que remetem, além da substituição dos ingredientes de origem químico-sintética por ingredientes de origem vegetal, ao uso e processos de obtenção e produção limpos e sustentáveis. Porém, o termo “natural” ou “verde” também é associado ao produto cosmético que utiliza processos sustentáveis e material reciclável na produção de embalagens, já apresentando tendências quanto ao uso de embalagens biodegradáveis e desenvolvimento de insumos isentos de testes em animais, fatores que contribuem para o planejamento e desenvolvimento do setor cosmético nos próximos anos (ABIHPEC *et al*, 2014).

A linha de cosméticos produzidos pela *Stop The Water While Using Me!* (T.D.G. Vertriebs GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemanha) incentiva em suas embalagens a economia de água, pedindo a seus consumidores que parem de usar a água (fechem as torneiras!) enquanto utilizam o produto. Utiliza embalagens recicladas e biodegradáveis, não realiza testes em animais e, com exceção de um de seus produtos, o sabão com mel, os demais produtos são considerados veganos, segundo informações de seu website oficial (STOP THE WATER WHILE USING ME, 2015).

O mercado de cosméticos sustentáveis foi impulsionado principalmente pela demanda do mercado consumidor por produtos de composição não química e/ou não sintética, derivada tanto de uma maior atenção ao valor sustentável, conforme já contextualizado, quanto da preocupação com a própria saúde, além da consideração a outras questões sociais (Furtado; Sampaio, 2020).

O setor de beleza no Brasil também tem acompanhado tendências globais, com a saúde e a sustentabilidade ganhando destaque nas prioridades dos consumidores. Segundo a pesquisa *Green is The New Black*, conduzida pela

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Nielsen Brasil em 2020, cerca de 32% dos brasileiros já consideram esses aspectos como decisivos na hora da compra. O estudo aponta que a sustentabilidade deixou de ser um conceito abstrato e passou a influenciar diretamente o comportamento do consumidor (ECYCLE, 2024).

Diante da expansão desse mercado, há um movimento crescente de pesquisadores, químicos, farmacêuticos e profissionais da manipulação em analisar o impacto ambiental dos cosméticos. As investigações abrangem desde a produção até o pós-consumo — incluindo embalagens, frascos, caixas e sacolas — com foco na identificação de riscos associados ao uso contínuo desses produtos. A avaliação criteriosa da composição dos cosméticos se mostra essencial antes de sua comercialização, especialmente considerando a frequência com que são aplicados e os potenciais efeitos tóxicos ou sistêmicos ao organismo humano (Coelho, 2013; CIC, 2010).

Nesse contexto, a ABIHPEC (2014) destaca o crescente interesse das indústrias em desenvolver cosméticos naturais, enxergando nesse movimento uma oportunidade para o surgimento de novos produtos, marcas e nichos de mercado. Essa evolução se apoia na utilização responsável da biodiversidade e exige uma análise completa de toda a cadeia produtiva — desde a produção até a cosmetovigilância. Além disso, tais produtos precisam atender integralmente às normas e regulamentações estabelecidas pela ANVISA para itens de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (Thiesen, 2013).

Em um estudo de abordagem exploratória, Cerqueira *et al.* (2013) identificaram três fatores principais que influenciam o consumidor na compra de cosméticos: a marca, a fragrância e a recomendação de outras pessoas. Aspectos como publicidade, apresentação do produto, tipo de revendedor e embalagem tiveram peso menor na decisão de compra. O levantamento também revelou que a busca ativa por informações sobre o produto é a principal estratégia utilizada pelos consumidores durante esse processo (Cerqueira *et al.*, 2013).

O segmento de cosméticos naturais, segundo a pesquisa feita pela ABIHPEC e SEBRAE, tem crescido entre 8% e 25% em escala global. Este mesmo estudo (a partir do relatório de Varejo de Produtos de Beleza Mintel) apontou que 41% dos Brasileiros demonstram disposição pelo uso de HPPC com componentes naturais (ABIHPEC, 2019). Esses consumidores, ao decidirem por

produtos naturais ou orgânicos, consideram o preço como principal fator decisivo da compra (80%), seguido por *cruelty-free* (73%), livre de BPA (bisfenol A) ou isopropilenodifenol, composto orgânico sintético presente em plásticos e resinas (67%), e prazo de validade (63%) (ECYCLE, 2024).

Os cosméticos à base de produtos vegetais são atualmente um importante foco das pesquisas e desenvolvimento de produtos, buscando-se uma fonte de recursos renováveis, de ampla disponibilidade e obtidos através de processos sustentáveis. Responsável pela maior biodiversidade do planeta, o Brasil possui cerca de 50.000 espécies vegetais das 250.000 conhecidas, e utiliza apenas 2% de sua biodiversidade em exploração científica e comercial, o que contribui para um promissor mercado e uma elevada expectativa de descoberta de novos e promissores ativos cosméticos (Borges *et al*, 2013).

O mercado de cosméticos naturais apresenta um crescimento anual em torno de 11% e representa uma fatia de 18 a 22% do mercado cosmético brasileiro. Uma porcentagem elevada quando comparado aos apenas 3 a 4% do mercado norte-americano e os 2 a 3% do mercado europeu. Os produtos *skin care* destacam-se como a principal categoria de produtos cosméticos naturais, sendo representada por cerca da metade do percentual, seguidos por higiene pessoal e *hair care* (FACTOR/THE KLINE GROUP, 2009).

O crescimento médio anual do mercado de cosméticos naturais no Brasil, avaliado no período de 2003 a 2008, foi de 17,3%, impulsionado, principalmente, pelo grande número de empresas que adotaram o posicionamento natural, sendo a Natura® a maior representante em vendas no Brasil, e o uso intensivo de matérias-primas e produtos obtidos da biodiversidade brasileira para a produção de formulações cosméticas (FACTOR/THE KLINE GROUP, 2009).

É esse fator que atua como propulsor do mercado de cosméticos naturais no Brasil, pois o país detém aproximadamente 20% da biodiversidade do mundo, estimando-se que cerca de 10 mil espécies de plantas são candidatas a insumos de aplicação na área da saúde, dentre elas 135 espécies já têm seus princípios verificados para o uso e aplicação em cosmética. Muitas fórmulas cosméticas já utilizam da diversidade da Amazônia, como o açaí, o cupuaçu, o buriti, a copaíba, e também matérias-primas exóticas como a jaca, para o clareamento de pele, e o bambu, utilizado como *peeling* e esfoliação natural da pele (ABIHPEC, 2009; 2012).

Por apresentar a maior biodiversidade entre os 17 países que são considerados “megadiversos” e que juntos reúnem 70% das espécies vegetais e animais já conhecidas, se faz necessário o uso racional destas fontes, através de processos que garantam a manutenção e renovação desta biodiversidade paralelamente à sua exploração para o uso na cadeia produtiva cosmética, o que poderá contribuir para alavancar o setor cosmético brasileiro e elevar o país a um patamar econômico, comercial e social de impacto internacional, por meio do desenvolvimento de insumos e produtos inovadores (ABIHPEC, 2012; 2014).

O mercado cosmético mostra-se aquecido e em crescimento acelerado e o motivo deste panorama favorável do setor, em boa parte, é o aumento da riqueza global, que possibilita ao consumidor o acesso a uma maior diversidade de produtos cosméticos, seja em valor, seja em indicação de uso ou tratamento, intensificando, assim, o comércio do setor, em escalas internacionais, o que reflete no aumento da comercialização e consumo de produtos cosméticos em países como o Brasil, China e Rússia (SEBRAE/ESPM, 2008; ABIHPEC, 2010).

A segmentação do mercado cosmético, em formulações e embalagens, o crescimento potencial da variabilidade de matérias-primas disponíveis no mercado com ingredientes que possibilitam maior funcionalidade aos produtos e o rápido crescimento da disponibilidade dos extratos vegetais e produtos obtidos de forma natural promovem uma diversificação de produtos, que visam a atender consumidores cada vez mais específicos, preocupando-se, por exemplo, com a etnia, a faixa etária e o esporte praticado pelo consumidor (SEBRAE/ESPM, 2008).

É nesse cenário positivo que o mercado cosmético natural tem seu potencial, visto que, com a pesquisa científica de campo e o desenvolvimento tecnológico acelerado, obtêm-se insumos inovadores e específicos para o avanço de formulações cosméticas diferenciadas e com o apelo “natural”. É a busca do consumidor pela saúde e bem-estar físico que favorece seu conhecimento sobre o assunto, impulsionando o mercado a desenvolver novos e inovadores produtos que atendam às reais necessidades deste consumidor cada vez mais exigente, forçando as empresas a adotarem técnicas de fabricação mais sustentáveis, ampliando o uso de insumos naturais, o que poderá evoluir para a produção e certificação de cosméticos com selo orgânico (SEBRAE/ESPM, 2008; ABIHPEC, 2010).

3.6. COSMÉTICOS SUSTENTÁVEIS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (PETS)

O Brasil ocupa a 4ª posição no mundo em população total de animais de estimação, o que vem despertando o interesse de investimentos neste setor. No Brasil, quase 50% das residências possuem cães e/ou gatos (Wagemaker, 2019). A busca por produtos para higiene e beleza vem crescendo a cada dia e a indústria de produtos cosméticos veterinários tem conquistado cada vez mais evidência no mercado nacional (Cosendey *et al.*, 2021). Atualmente, é possível encontrar no mercado produtos cosméticos exclusivos para animais, tais como xampus, máscaras de tratamentos e banhos relaxantes, dentre outros (Wagemaker, 2019).

Para o desenvolvimento de formulações cosméticas para pets, entretanto, é fundamental considerar os aspectos fisiológicos da pele e dos pelos desses animais, bem como o valor de pH da pele, que é o maior órgão de todo o organismo, a qual apresenta inúmeras funções, como proteção química, fisiológica e microbiológica (Ferreira, 2010).

Embora a espessura da pele varie entre diferentes espécies, raças e faixas etárias, é comum que a pele de cães e gatos seja mais fina do que a humana. Essa característica está relacionada à densidade de pelos — quanto maior a concentração de pelos, mais delgada tende a ser a epiderme. Além disso, esses animais apresentam uma renovação celular cutânea mais lenta e menor quantidade de ceramidas na pele. Essa combinação de fatores favorece uma maior penetração de substâncias aplicadas topicamente, prolongando sua permanência no tecido e aumentando o risco de reações adversas, como irritações e descamações, especialmente quando se utilizam produtos inadequados (Wagemaker, 2019).

Os pelos, que são anexos da pele, cumprem funções essenciais, como proteção contra o frio e a radiação solar, além de atuarem como elementos sensoriais. Os folículos pilosos, estruturas onde os pelos se originam, estão associados a glândulas sebáceas, o que significa que essas glândulas estão presentes em praticamente toda a superfície corporal coberta por pelos. Um aspecto relevante, porém, pouco padronizado na literatura científica, é o pH da

pele de cães e gatos — que pode variar de acordo com a raça. Essa variação é importante porque alterações no pH cutâneo podem predispor os animais a dermatites e infecções (Souza *et al.*, 2009).

Outro ponto crítico é o pH do fluido lacrimal. Em produtos com enxágue, como shampoos e condicionadores, um pH inadequado pode causar sérias irritações oculares. Enquanto o pH lacrimal humano gira em torno de 7,4, o de cães saudáveis tende a ser mais alcalino, com valor médio de 8,06. Isso os torna mais sensíveis a produtos levemente ácidos, caso estes entrem em contato com os olhos (Cosendey *et al.*, 2021). Por isso, é essencial que os cosméticos destinados a pets sejam formulados com pH compatível tanto com a pele quanto com o fluido lacrimal desses animais, minimizando riscos de reações adversas.

Atualmente, o mercado pet tem ampliado significativamente seu portfólio cosmético, oferecendo produtos semelhantes aos utilizados por humanos: shampoos, condicionadores, máscaras de tratamento, banhos relaxantes, sprays desembaraçantes, protetores solares, entre outros (Cosendey *et al.*, 2021). Entre todos, os shampoos se destacam como a forma cosmética mais difundida. Nesse cenário, a escolha de um produto com pH apropriado se mostra crucial para preservar a barreira cutânea e a saúde dermatológica de cães e gatos, sendo preferíveis formulações com pH mais neutro e adaptadas às especificidades fisiológicas desses animais. Considerando que o pH da pele do animal, varia de 5,86 a 6,45, e o fluido lacrimal tem um pH em torno 8,09, quanto mais próximo a formulação estiver da neutralidade, mais chances ela terá de não irritar essas duas regiões. Já os condicionadores, devem ter um pH levemente ácido para proporcionarem o fechamento da cutícula do pelo, não devendo estar abaixo de 5,5 e por isso não devem ser utilizados em regiões próximas dos olhos por serem irritantes (Souza *et al.*, 2009).

O objetivo do xampu é promover a higiene do animal, removendo toda sujidade, que é formada tipicamente por substâncias hidrofóbicas como gorduras. Além de limpeza, espera-se que o xampu torne o pelo brilhante, hidratado, protegido e com vitalidade (Makino; Neves; Sousa, 2014). A função dos condicionadores, por outro lado, é propiciar brilho, maciez e suavidade aos fios dos pelos, reduzindo o efeito estático esvoaçante causado inicialmente pelo xampu. Isso é possível devido à interação das cargas negativas dos xampus

serem neutralizadas pelas cargas positivas dos condicionadores (Souza; Frasson, 2010).

As formulações de xampus e sabonetes destinados ao uso veterinário frequentemente contêm tensoativos como o Lauril Sulfato de Sódio (SLS) ou o Lauril Éter Sulfato de Sódio (LESS). No entanto, para evitar que a ação de limpeza agrida a pele dos animais, esses agentes geralmente são combinados com tensoativos mais suaves, equilibrando eficácia com tolerabilidade cutânea. Outro aspecto relevante no desenvolvimento desses produtos é a fragrância: como cães e gatos possuem um olfato muito mais sensível que o humano, é essencial que os aromas utilizados sejam sutis, evitando desconforto olfativo. Além disso, muitos desses cosméticos incluem aditivos com propriedades hidratantes e reparadoras, voltados à saúde e ao brilho dos pelos.

Entre os principais ativos presentes nas formulações cosméticas para pets, destacam-se os extratos vegetais. Esses ingredientes atuam como fontes naturais de vitaminas e antioxidantes. O óleo de Argan e o gel de *Aloe vera*, por exemplo, são ricos em vitamina E — conhecida por seu potencial antioxidante — e em outros compostos bioativos que auxiliam na nutrição dos pelos. Há também um interesse crescente na exploração de ingredientes oriundos da biodiversidade brasileira, como óleos e extratos de plantas nativas, considerados promissores por suas propriedades funcionais e sustentáveis (Wagemaker, 2019).

A regulamentação dos cosméticos destinados a animais é responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e esses produtos, atualmente, não exigem registro, apenas o cadastro junto ao órgão competente. Para os testes de estabilidade, é possível seguir as diretrizes da Instrução Normativa nº 15, de 9 de maio de 2005, que estabelece critérios técnicos para análise de estabilidade de produtos farmacêuticos de uso veterinário.

Contudo, ainda não há uma legislação específica do MAPA que defina diretrizes obrigatórias para testes de segurança e eficácia de cosméticos voltados ao público pet. Essa lacuna normativa representa um desafio

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

significativo para o desenvolvimento de formulações seguras e eficazes neste mercado em expansão.

A empresa de pesquisa de mercado global e consultoria *Fortune Business Insights* prevê que o mercado de *pet care* atingirá US\$ 368,88 bilhões até 2031, dando prioridade para produtos de cuidados que fornecem higiene e condicionamento suaves, com efetividade (FORTUNEBUSINESSINSIGHTS, 2024).

Os *Concentrated Shampoos Powder* da empresa americana Alzoo para cães com pele sensível, por exemplo, eliminam a necessidade de frascos descartáveis para criar um produto de higiene para cães mais sustentável. O shampoo concentrado é livre de sulfato, corante, parabeno e sabão. Outra empresa americana, a *Stepan Company*, desenvolveu dois blends, STEPAN-MILD® 30 SF e STEPANQUAT® Care Base, para facilitar o desenvolvimento de produtos para higiene e condicionamento dos pelos. O STEPAN-MILD® 30 SF é uma mistura concentrada de surfactantes livres de sulfatos, que pode ser usado em diferentes tipos de aplicações e proporciona excelente volume de espuma e fácil obtenção de viscosidade. e benefício foi comprovado através de testes de irritabilidade dérmica (HRIPT). Já o STEPANQUAT® Care Base é utilizado no desenvolvimento de condicionadores, máscaras de tratamento e cremes de pentear. A empresa alemã *Brenntag* oferece a linha Citropet, composta por ingredientes exclusivos de cuidados dedicados aos pets, sendo todos 100% vegetais, formados pela sinergia de óleos e manteigas, o que confere à linha características únicas (COSMETIC INNOVATION, 2024).

3.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MAWGOUD, A. M.; LÉPINE, F.; DÉZIEL, E. Rhamnolipids: diversidade de estruturas, origens microbianas e papéis. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 86, p. 1323-1336, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2498-2>.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo Prospectivo Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. – Brasília: Agência Brasileira de

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Desenvolvimento Industrial, 2009. Disponível em:
<<http://www.abdi.com.br/Estudo/XIII.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ABIHPEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Panorama do Setor**. 2014.

ABIHPEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Panorama do Setor**. 2023.

ABIHPEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Anuário 2009**. São Paulo: Public Projetos Editoriais, 2009. 252p.

ABIHPEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Do vegano ao sem perfume: indústria de cosméticos aposta em segmentação**. 2019. Disponível em: <https://abihpec.org.br/do-vegano-ao-sem-perfumeindustria-de-cosmeticos-aposta-em-segmentacao/>. Acesso em: 23 Fevereiro. 2022.

ABIHPEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Anuário 2012**. São Paulo: Public Projetos Editoriais, 3.ed. 2012. 289p.

ABIHPEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Panorama do Setor**. 2010.

ABIHPEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Panorama do Setor**. 2016.

ABIHPEC. **Notícias: Certificação Orgânica: o que é e como obter**. 2011.

ADU, S. A.; NAUGHTON, P. J.; MARCHANT, R.; BANAT, I. M. Microbial Biosurfactants in Cosmetic and Personal Skincare Pharmaceutical Formulations. **Pharmaceutics**, v. 12, n. 11, p. 1099, 2020. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12111099>.

AL BADI, K.; KHAN, S. A. Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, n. 4, p. 301-305, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.11.005>.

ALMEIDA, D.G.; DA SILVA, M. DA G.C.; DO NASCIMENTO BARBOSA, R.; DE SOUZA PEREIRA SILVA, D.; DA SILVA, R.O.; DE SOUZA LIMA, G.M.; DE GUSMÃO, N.B.; DE QUEIROZ SOUSA, M. DE F.V. Biodegradation of marine fuel MF-380 by microbial consortium isolated from seawater near the petrochemical Suape Port, Brazil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 116, p. 73–82, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.09.028>.

ALMEIDA, D. G.; DA SILVA, R. C. F. S.; DE LUNA, J. M.; RUFNO, R. D.;

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

SANTOS, V. A.; BANAT, I. M.; SARUBBO, L. A. Biosurfactants: promising molecules for petroleum biotechnology advances. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1718, 2016. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01718>.

AMBAYE, T. G.; VACCARI, M.; PRASAD, S.; RTIMI, S. Preparation, characterization and application of biosurfactant in various industries: A critical review on progress, challenges and perspectives. **Environmental Technology & Innovation**, v. 24, p. 102090, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2021.102090>.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos. In: Cosméticos**. 2004. Disponível em: <<https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/cosmeticos.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acesoainformacao/perguntasfrequentes/cosmeticos/nomenclatura-de-ingredientes>. Acesso em: 24 Fev 2024.

ANVISA. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Resolução RDC N° 07, DE 10 DE FEVEREIRO DE 2015.: Dispõe sobre os requisitos técnicos para a regularização de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 2015. 21 p.

BEZERRA, K. G. O.; RUFINO, R. D.; DE LUNA, J. M.; SARUBBO, L. A. Saponins and microbial biosurfactants: potential raw materials for the formulation of cosmetics. **Biotechnology Progress**, v. 34, n. 6, p. 1482-1493, 2018. <https://doi.org/10.1002/btpr.2682>.

BEZERRA, K. G. O.; GOMES, U. V. R.; SILVA, R. O.; SARUBBO, L. A.; RIBEIRO, E. The potential application of biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* TGC01 using crude glycerol on the enzymatic hydrolysis of lignocellulosic material. **Biodegradation**, v. 30, p. 351-361, 2019. <https://doi.org/10.1007/S10532-019-09883-w>.

BOM, S.; JORGE, J.; RIBEIRO, H. M.; MARTO, J. A step forward on sustainability in the cosmetics industry: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 225, p. 270-290, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.255>.

BORGES, R. C. G.; GARVIL, M. P.; ROSA, G. A. A.; Produção de fitocsméticos e cultivo sustentável da biodiversidade no Brasil. **e-RAC**, v. 3, n. 1, 2013.

BRASILEIRO, P. P. F.; DE ALMEIDA, D.G.; DE LUNA, J. M.; RUFINO, R. D.; DOS SANTOS, V. A.; SARUBBO, L. A.; Optimization of biosurfactant production from *Candida guilliermondii* using a Rotate Central Composed Design. **Chemical Engineering Transactions**, v. 43, p.1411-1416, 2015. <https://doi.org/10.3303/CET1543236>.

BRILHANTE, I. V. **Development of a Solid Organic Shampoo Formulation**. Dissertação. Instituto Superior Técnico, Mestrado em Engenharia Biológica, Lisboa, 2018. Disponível em:

<https://scholar.tecnico.ulisboa.pt/records/K1eDRVqk-tFibDi2449f_vPz_0ssfDPP8nto>. Acesso em: 12 de janeiro de 2024.

CÂMARA, J. M. D. A.; SOUSA, M. A. S. B.; BARROS NETO, E. L.; OLIVEIRA, M. C. A. Application of rhamnolipid biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* in microbial-enhanced oil recovery (MEOR). **Journal of Petroleum Exploration and Production Technology**, v. 9, p. 2333-2341, 2019.

<https://doi.org/10.1007/s13202-019-0633-x>.

CAMPOS, J. M.; SARUBBO, L. A.; LUNA, J. M.; RUFINO, R. D.; BANAT, I. M. Use of (bio) surfactants in foods. In: **Biotechnological Production of Natural Ingredients for food industry**. Bentham Science, 2016. p. 435-459. Disponível em: <https://pure.ulster.ac.uk/en/publications/use-of-bio-surfactants-in-foods-3>. Acesso em: 02 set. 2024.

CAROLIN, C. F.; KUMAR, P. S.; CHITRA, B.; JACKULIN, C. F.; RAMAMURTHY, R. Stimulation of *Bacillus* sp. by lipopeptide biosurfactant for the degradation of aromatic amine 4-Chloroaniline. **Journal of Hazardous Materials**, v. 415, 125716, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125716>.

CASTRO, M. J. L.; OJEDA, C.; CIRELLI, A. F. Avanços em surfactantes para agroquímicos. **Environmental Chemistry Letters**, v. 12, p. 85-95, 2014. <https://doi.org/10.1007/S10311-013-0432-4/METRICS>.

CERQUEIRA, A. C.; DE OLIVEIRA, R. C. R.; HONÓRIO, J. B.; BERGAMO, F. Comportamento do consumidor de cosméticos: um estudo exploratório. **Revista Formadores**, v. 6, n. 1, p. 128-128, 2013. Disponível em: <https://adventista.emnuvens.com.br/formadores/article/view/292>. Acesso em: 02 set. 2024.

CHAPRÃO, M. J.; DA SILVA, R. C. F. S.; RUFINO, R. D.; DE LUNA, J. M.; SANTOS, V. A.; SARUBBO, L. A. Production of a biosurfactant from *Bacillus methylotrophicus* UCP1616 for use in the bioremediation of oil-contaminated environments. **Ecotoxicology**, v. 27, n. 10, p. 1310-1322, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1982-9>.

CIC, Comissão da Indústria Cosmética do CRF/PR. **Guia da Profissão Farmacêutica - Indústria de Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes**. 1ed., 2010. Disponível em: <http://www.crf-pr.org.br/uploads/comissao/6295/Guia_cosmetico.pdf>. Acessado em: 15 jan. 2024.

CIRELLI, A. F.; OJEDA, C.; CASTRO, M. J. L.; SALGOT, M. Surfactants in sludge-amended agricultural soils: a review. **Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants**, p. 227-251, 2010.

<https://doi.org/10.1007/s10311-008-0146-1>.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

COOPER, D. G.; GOLDENBERG, B. G. Surface-active agents from two *Bacillus* species. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 2, p. 224-229, 1987. <https://doi.org/10.1128/aem.53.2.224-229.1987>.

CORRÊA, M. A. **Cosmetologia: ciência e técnica**. São Paulo: Medfarma, p. 193-257, 2012.

COSENDEY, V. M. P.; DO NASCIMENTO, A. C. M.; FRANZINI, C. M. Desenvolvimento de cosméticos veterinários para higiene e beleza de cães de pelagem clara e análises macroscópica e microscópica dos fios. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 51859-51870, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-536>.

COSMEFAR. Indústria de Cosméticos: Tendências e Inovações Emergentes. Aparecida de Goiânia, 14 de outubro. 2024. Disponível em: <https://cosmefar.com/blog/industria-de-cosmeticos/#visao-geral-da-industria-de-cosmeticos>. Acesso em: 10 maio 2025.

COSMETIC INNOVATION. Disponível em: <https://cosmeticinnovation.com.br/mercado-brasileiro-de-pet-care-crescera-mais-de-55-nos-proximos-5-anos/>. Acesso em: 2 set. 2024.

COSMOS-STANDARD. Manual de Controle Referencial COSMOS Requisitos para acreditação e certificação, Versão 3. Brussels, 2018.

COUTEAU, C.; DIARRA, H.; SCHMITT, Z.; COIFFARD, L. Study of the composition of 140 shampoos: similarities and differences depending on the sales channel used. **European Journal of Dermatology**, v. 29, p. 141-159, 2019. <https://doi.org/10.1684/ejd.2019.3531>.

COELHO, C. S. Parabens: convergências e divergências científicas e regulatórias. 2013. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UJEL_ef31e0a6b099b4cf04dd4692d900374a. Acesso em: 02 set. 2024.

DATTA, P.; TIWARI, P.; PANDEY, L. M. Oil washing proficiency of biosurfactant produced by isolated *Bacillus tequilensis* MK 729017 from Assam reservoir soil. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 195, 107612, 2020. <https://doi.org/10.1016/J.PETROL.2020.107612>.

DAVEREY, A.; PAKSHIRAJAN, K. Production, characterization, and properties of sophorolipids from the yeast *Candida bombicola* using a low-cost fermentative medium. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 158, p. 663-674, 2009. <https://doi.org/10.1007/s12010-008-8449-z>.

DE MEDEIROS, A. O.; BARDONE, E.; MARZOCHELLA, BRAVI, M.; DA SILVA, M. G. C.; ALMEIDA, D.; BRASILEIRO, P. P. F.; SARUBBO, L. A. Incorporation of natural surfactants in natural resin-based coatings and analysis of rheological behaviour to obtain natural antifouling agents. **Chemical Engineering Transactions**, v. 79, 2020. <https://doi.org/10.3303/CET2079033>.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

DRAELOS, Z.D. Aging Skin: The Role of Diet: Facts and Controversies. **Clinics in Dermatology**, v. 31, p. 701-706, 2013.

<https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2013.05.005>.

DRAKONTIS, C.E.; AMIN, S. Biosurfactants: Formulations, Properties, and Applications. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v.48, p. 77-90, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2020.03.013>.

D'SOUZA, P.; RATHI, S. K. Shampoo and Conditioners: What a Dermatologist Should Know? **Indian Journal of Dermatology**, v. 60, n. 3, p. 248-254, 2015. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.156355>.

ECOCERT. **Referencial Cosmos para Cosméticos Naturais e Orgânicos**. On-line. Disponível em: <http://www.brazil.ecocert.com/referencial-cosmos-para-cosmeticos-naturais-e-organicos/index.html>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ECOCERT. **Referencial Ecocert para cosméticos naturais e orgânicos**. 2012. Disponível em: <<http://brazil.ecocert.com/system/files/Referencial-Cosmeticos-Naturais-e-Organicos-Ecocert.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ECYCLE. Cosméticos sustentáveis: o que são e como identificá-los. Disponível em: < <https://www.ecycle.com.br/cosmeticos-sustentaveis/>>. Acesso em: 02 jun. 2023.

EMBRAPA/SOJA. **Certificação**. 2011. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=16&op_page=102>. Acesso em: 24 nov. 2023.

ERAS-MUÑOZ, E.; FARRÉ, A.; SÁNCHEZ, A.; FONT, X.; GEA, T. Microbial biosurfactants: a review of recent environmental applications. **Bioengineered**, v. 13, n. 5, p. 12365-12391, 2022. <https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2074621>.

Euromonitor. 2022. Disponível em: <<https://go.euromonitor.com/white-paper-EC-2022-Top-10-Global-Consumer-Trends-PG.html>>. Acessado em: 10 out. 2023.

FACTOR/THE KLINE GROUP. **O mercado de global de cosméticos naturais: análise da situação atual e tendências**. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM COSMETOLOGIA. São Paulo: Tecnopress, 2009.

FARIAS, C. B. B.; DE ALMEIDA, F. C. G.; DA SILVA, I. A.; SOUZA, T. C.; MEIRA, H. M.; DA SILVA, R. C. F. S.; DE LUNA, J. M.; DOS 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. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2021.02.002>.

FEI, D.; WEI ZHOU, G.; QIANG YU, Z.; ZE GANG, H.; FENG LIU, J.; QIANG YE, R.; ZHONG YANG, S.; QIANG YE, R.; ZHONG MU, B. Low-toxic and

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

nonirritant biosurfactant surfactin and its performances in detergent formulations. **Journal of Surfactants and Detergents**, v. 23, n. 1, p. 109-118, 2020. <https://doi.org/10.1002/jsde.12356>.

FENIBO, E. O.; LIJOMA, G. N.; SELVARAJAN, R.; CHIKERE, C. B. Microbial surfactants: the next generation multifunctional biomolecules for applications in the petroleum industry and its associated environmental remediation. **Microorganisms**, v. 7, n. 11, p. 581, 2019. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110581>.

FERREIRA, D. R. M. S. **Estudo do pH da pele em cães saudáveis e cães com insuficiência renal crônica**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Técnica de Lisboa. Faculdade de Medicina Veterinária. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/2770>. Acesso em: 02 set. 2024.

FLOR, J. Produtos com proteção solar: escolha correta de ingredientes. **Cosmetics & Toiletries (Brasil)**, v. 26, p. 46-51, 2017.

FLOR, J.; MAZIN, M.R.; FERREIRA, L.A. Cosméticos Naturais, Orgânicos e Veganos. **Cosmetics & Toiletries (Brasil)**, v. 31, p. 30-36, 2019.

FONTOURA, I. C. C.; SAIKAWA, G. I. A.; SILVEIRA, V. A. I.; PAN, N. C.; AMADOR, I. R.; BALDO, C; ROCHA, S.; CELLIGOI, M. A. P. C. Antibacterial activity of sophorolipids from *Candida bombicola* against human pathogens. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, e20180568, 2020. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020180568>.

FORTUNEBUSINESSINSIGHTS. Disponível em: <https://www.fortunebusinessinsights.com/pet-care-market-104749>. Acesso em: 2 set. 2024.

FURTADO, B. A.; SAMPAIO, D. O. Cosméticos Sustentáveis: quais fatores influenciam o consumo destes produtos? **Internacional Journal of Business & Marketing (IJBMkt)**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 36-54, 2020.

GADHAVE, A. Determination of hydrophilic-lipophilic balance value. **International Journal of Science Research**, v. 3, p. 573–575, 2014.

GIRARDELLO, A. P. C.; THEODORO, V.; FRANZINI, C. M. Estudo sobre as características e produção de cosméticos orgânicos. **Revista Científica da FHO| Uniararas**, v. 9, n. 1, p. 112-121, 2021. Disponível em: http://ibd.com.br/pt/NoticiasDetalhes.aspx?id_conteudo=146. Acesso em: 24 nov. 2023.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

GLOBAL MARKET INSIGHTS, Inc. Biosurfactants Market Size By Product, Industry Analysis Report, Regional Outlook, Application Potential, Price Trends, Competitive Market Share & Forecast, 2019 – 2025. [S.l.]: Global Market Insights, 2019. Disponível em: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/biosurfactants-market>. Acesso em: 26 jun. 2025.

GUDINA, E. J.; PEREIRA, J. F. B.; COSTA, R.; COUTINHO, J. A. P.; TEIXEIRA, J. A.; RODRIGUES, L. R. Biosurfactant-producing and oil-degrading *Bacillus subtilis* strains enhance oil recovery in laboratory sand-pack columns. **Journal of Dangerous Materials**, v. 261, p. 106-113, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.06.071>.

HAYES, D. G.; SOLAIMAN, D. K.; ASHBY, R. D. **Biobased Surfactants Synthesis, Properties, and Applications**. 2ed. Academic Press and AOCS Press: Cambridge, 541p. 2019. ISBN: 9780128127056.

HOA, N.L.H.; LOAN; L.Q; SANG.V.T. Production and characterization os sophorolipids by *Candida bombicola* using catfish fat. **Natural sciences and technology**, v. 14, n. 9, p.152-159, 2017.

IBD CERTIFICAÇÕES. **Diretrizes para a certificação de produtos cosméticos e higiene pessoal**. 8.ed. Botucatu, 2022. Disponível em: <<https://www.ibd.com.br/guidelines-legislation/>>. Acesso em: 24 nov. 2023. IBD-NATRUE, 2023. Disponível em: <<https://www.ibd.com.br/natrue-certification/>>. Acesso em: 23 nov. 2023.

ISAAC, G.E.A. **O desenvolvimento sustentável do setor cosmético e o comportamento do consumidor frente aos cosméticos sustentáveis**. Dissertação de mestrado. Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino – FAE, 2016. 137p.

IVANKOVIC, T.; HRENOVIĆ, J. Surfaktanti u okolišu. **Arhiv za higijenu rada i toksikologiju**, v. 61, n. 1, p. 95-109, 2010.

JIMOH, A. A.; LIN, J. Biosurfactant: A new frontier for greener technology and environmental sustainability. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 184, p. 109607, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109607>.

KANDASAMY, R.; RAJASEKARAN, M.; KV, S.; UDDIN, M. New trends in the biomanufacturing of green surfactants: biobased surfactants and biosurfactants. In: **Next-generation Biomanufacturing Technologies**. American Chemical Society, p. 243-260.2019. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1329.ch011>.

KHONDEE, N.; TATHONG, S.; PINYAKONG, O.; MÜLLER, R.; SOONGLERDSONGPHA, S.; RUANGCHAINIKOM, C.; TONGCUMPOU, C.; LUEPROMCHAI, E. Lipopeptide biosurfactant production by chitosan-immobilized *Bacillus* sp. GY19 and their recovery by foam fractionation, **Biochemical Engineering Journal**, v. 93, p. 47–54, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2014.09.001>.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

KREGIEL, D.; BERLOWSKA, J.; WITONSKA, I.; ANTOLAK, H.; PROESTOS, C.; BABIC, M.; BABIC, L.; ZHANG, B. Saponin-based, biological-active surfactants from plants. In: **Application and Characterization of Surfactants**, NAJAR, R. (Ed.), InTech Open: London, United Kingdom, pp. 183–225. 2017. <https://doi.org/10.5772/68062>.

MAKINO, H.; DE CÁSSIA NEVES, R.; SOUSA, V. R. Valores de pH de xampus de uso em cães. **Enciclopedia Biosfera**, v. 10, n. 19, 2014.

MANIGLIA, E. **Sustentabilidade e Saúde do Trabalhador**. VIII Seminário de Saúde do Trabalhador (em continuidade ao VII Seminário de Saúde do Trabalhador de Franca) e VI Seminário “O Trabalho em Debate”. UNESP/USP/STICF/CNTI/UFSC, Franca: 2012. 15p.

MARTINEZ-BURGOS, W. J.; SYDNEY, E. B.; MEDEIROS, A. B. P.; MAGALHÃES, A. I.; DE CARVALHO, J. C.; KARP, S. G.; VANDENBERGHE, L. P. S.; LETTI, L. A. J.; SOCCOL, V. T.; DE MELO PEREIRA, G. V.; RODRIGUES, C.; WOICIECHOWSKI, A. L.; SOCCOL, C. R. Agro-industrial wastewater in a circular economy: Characteristics, impacts and applications for bioenergy and biochemicals. **Bioresource Technology**, v. 341, p. 125795, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125795>.

MELLO, S. N.; CALLEBAUT, B. **Certificação orgânica**. CEPLAC – Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira, 2011. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo6.htm>>. Acessado em: 09 dez. 2023.

MOHANTY, S. S.; KOUL Y.; VARJANI, S.; PANDEY, A.; NGO, H. H.; CHANG, J. S.; WONG, J. W. C.; BUI, X. T.; A critical review on various feedstocks as sustainable substrates for biosurfactants production: a way towards cleaner production. **Microbial Cell Factories**, v. 20, n. 1, p. 120, 2021. <https://doi.org/10.1186/S12934-021-01613-3>.

MORITA, T.; ISHIHARA, M.; ARAKAWA, K.; YOKOTA, S.; NAKAGAWA, Y.; IMANAKA, T. Sophorolipid biosurfactants: production and applications. **Journal of Oleo Science**, v. 64, n. 1, p. 57-64. 2015. <https://doi.org/10.5650/jos.ess14163>, 2015.

MOUAFI, F. E.; ABO ELSOUD, M. M.; MOHARAM, M. E. Optimization of biosurfactant production by *Bacillus brevis* using response surface methodology. **Biotechnol. Reports**, v. 9, p. 31–37, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2015.12.003>.

NATRUE. **CRITERIA**. 2023. Disponível em: <<https://naturibio.pt/certificacao-natrue/>>. Acesso em: 24 nov. 2023.

NATRUE. Natrue Label: requirements to be met by natural and organic cosmetics, Version 3.7. Brussels, 2017.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

NATRUE. Who we are. On-line. Disponível em: <http://www.natruer.org/who-we-are/>. Acesso em: 23 nov. 2023.

PAULINO, B.N.; PESSÔA, M.G.; MANO, M.C.R.; MOLINA, G.; NERI-NUMA, I.A.; PASTORE, G.M. Current status in biotechnological production and applications of glycolipid biosurfactants. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 100, p. 10265–10293, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7980-z>.

OLASANMI, I. O.; THRING, R. W. The Role of Biosurfactants in the Continued Drive for Environmental. **Sustainability**, v. 10, 4817, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10124817>.

PETA. Cruelty-free & Vegan Living & Lifestyle. On Line. Disponível em: <http://www.peta.org>. Acesso em: 05/11/2023.

PIRES-OLIVEIRA, R.; JOEKES, I. UV–vis spectra as an alternative to the Lowry method for quantify hair damage induced by surfactants. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 123, p. 326-330, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.09.035>.

RAWAT, G.; DHASMANA, A.; KUMAR, V. Biosurfactants: the next generation biomolecules for diverse applications. **Environmental Sustainability**, v. 4, p. 353–369, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42398-020-00128-8>.

RIBEIRO, B.G.; GUERRA, J.M.C.; SARUBBO, L.A. Biosurfactants: Production and Application Prospects in the Food Industry. **Biotechnology Progress**, v. 36, e3030, 2020. <https://doi.org/10.1002/btpr.3030>.

ROCHA E SILVA, N.M.P.; MEIRA, H.M.; ALMEIDA, F.C.G.; SOARES DA SILVA, R. DE C.F.; ALMEIDA, D.G.; LUNA, J.M.; RUFINO, R.D.; SANTOS, V.A.; SARUBBO, L.A. Natural Surfactants and Their Applications for Heavy Oil Removal in Industry. **Separation and Purification Reviews**, v. 48, p. 267–281, 2019. <https://doi.org/10.1080/15422119.2018.1474477>.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, L.; RINCÓN-FONTÁN, M.; VECINO, X.; MOLDES, A.B.; CRUZ, J.M. Biodegradability Study of the Biosurfactant Contained in a Crude Extract from Corn Steep Water. **Journal of Surfactants and Detergents**, v. 23, p. 79–90, 2020. <https://doi.org/10.1002/jsde.12338>.

SAERENS, K. M. J.; SAERENS, K.; TAN, T.; VAN BOGAERT, I. N. A.; SOETAERT, W. *Starmarella bombicola* as a platform organism for biotechnological production of biosurfactants and other biobased compounds. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 6, p. 682-690, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.05.014>.

SAŁEK, K.; EUSTON, S.R. Sustainable microbial biosurfactants and bioemulsifiers for commercial exploitation. **Process Biochemistry**, v. 85, p. 143–155, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.06.027>.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

SANTOS, D.K.F.; LUNA, J.M.; RUFINO, R.D.; SANTOS, V.A.; SARUBBO, L.A. Biosurfactants: multifunctional materials of the XXI century. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, 401, 2016. <https://doi.org/10.3390/ijms17030401>.

SARUBBO, L.A.; Rocha JR, R.B.; DE LUNA, J. M.; Rufino, R.D.; Santos, V.A.; Banat, I.M. Some aspects of heavy metals contamination remediation and role of biosurfactants. **Chemistry and Ecology**, v. 31, p. 707–723, 2015. <https://doi.org/10.1080/02757540.2015.1095293>.

SARUBBO, L.A.; SILVA, M.G.C.; DURVAL, I.J.B.; BEZERRA, K.G.O.; RIBEIRO, B.G.; SILVA, I.A.; BANAT, I.M. Biosurfactants: production, properties, applications, trends, and perspectives. **Biochemical Engineering Journal**, v. 181, p. 1-19. 108377, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108377>.

SEBRAE – **Conheça 6 tendências para o setor de beleza em 2023**. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/conheca-6-tendencias-para-o-setor-de-beleza-em-2023,36e7db9d683a6810VgnVCM1000001b00320aRCRD>>. Acesso em: 14 Fev. 2024.

SEBRAE/ESPM, Estudos de mercado. **Cosméticos à base de produtos naturais**. Relatório completo. Série mercado. 2008. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/862CBABD9C9128BB832575530071B80F/\\$File/NT0003DCEA.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/862CBABD9C9128BB832575530071B80F/$File/NT0003DCEA.pdf)>. Acessado em: 10 out. 2023.

SILVA, A.F.; BANAT, I.M.; GIACHINI, A.J.; ROBL, D. **Fungal biosurfactants, from nature to biotechnological product: bioprospection, production and potential applications**, Springer, Berlin, Heidelberg, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00449-021-02597-5>.

SILVA, I.A.; ALMEIDA, F.C.G.; SOUZA, T.C.; BEZERRA, K.G.O.; DURVAL, I.J.B.; CONVERTI, A.; SARUBBO, L.A. Oil spills: impacts and perspectives of treatment technologies with focus on the use of green surfactants. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n.143, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09813-z>.

SILVA, M. da G.C.; SARUBBO, L.A. Synthetic and biological surfactants used to mitigate biofouling on industrial facilities surfaces. **Biointerface Research in Applied Chemistry**. v. 12, p. 2560–2585, 2022. <https://doi.org/10.33263/BRIAC122.25602585>.

SILVEIRA, V.A.I.; FREITAS, C.A.U.Q.; CELLIGOI, M.A.P. Antimicrobial applications of sophorolipid from *Candida bombicola*: A promising alternative to conventional drugs. **Journal of Applied Biology & Biotechnology**, v. 6, n. 6, p. 88-90, 2018. <https://doi.org/10.19080/AIBM.2018.09.555753>.

SILVEIRA, V.A.I.; NISHIO, E.K.; FREITAS, C.A.U.Q.; AMADOR, I. R.; KOBAYASHI, R.; CARETTA, T. O.; JR, F. M.; CELLIGOI, M. A. P. C. Production and antimicrobial activity of sophorolipid against *Clostridium*

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

perfringens and *Campylobacter jejuni* and their additive interaction with lactic acid. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 21, 101287, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101287>.

SIVAPATHASEKARAN, C.; SEN, R. Origin, properties, production and purification of microbial surfactants as molecules with immense commercial potential. **Tenside, Surfactants and Detergents**, v. 54, p. 92–104, 2017. <https://doi.org/10.3139/113.110482>.

SOARES DA SILVA, R. De C.F.; Almeida, D.G.; Rufino, R.D.; Luna, J.M.; Santos, V.A.; Sarubbo, L.A. Applications of biosurfactants in the petroleum industry and the remediation of oil spills. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, p. 12523–12542, 2014. <https://doi.org/10.3390/ims150712523>

SOUZA, A. C.; FRASSON, A.P.Z. Influência do armazenamento na estabilidade de condicionadores capilares. **Revista Contexto & Saúde**, Ijuí, v. 10, n. 19, p. 51-58, jul./dez. 2010.

SOUZA, T. M.; FIGHERA, R.A.; KOMMERS, G.D.; BARROS, C.S.L. Aspectos histológicos da pele de cães e gatos como ferramenta para dermatopatologia. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 29, p.177-190. 2009.

STOP THE WATER WHILE USING ME. **Homepage**. 2015. Disponível em: <<http://stop-the-water-while-using-me.com/intl/>>.

SVB. Selo Vegano. On-line. Disponível em: <https://www.selovegano.com.br/>. Acesso em: 05/11/2023.

THIESEN, L. C. **Desenvolvimento de derivados vegetais com potencial antioxidante de fotoprotetor**. Dissertação. Universidade do Vale do Itajaí, Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Itajaí, 2013. Disponível em: <<http://siaibib01.univali.br/pdf/Liliani%20Carolini%20Thiesen.pdf>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2020.

TWIGG, M.S.; TRIPATHI, L.; ZOMPRA, A.; SALEK, K.; IRORERE, V.U.; GUTIERREZ, T.; SPYROULIAS, G.A.; MARCHANT, R.; BANAT, I.M. Identification and characterisation of short chain rhamnolipid production in a previously uninvestigated, non-pathogenic marine pseudomonad. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, p. 8537–8549, 2018. <https://doi.org/10.1007/S00253-018-9202-3>.

URBINA, L.; ALGAR, I.; GARCIA-ASTRAIN, C.; GABILONDO, N.; GONZALEZ, A.; CORCUERA, M.; ECEIZA, A.; RETEGI, A. Biodegradable composites with improved barrier properties and transparency from the impregnation of PLA to bacterial cellulose membranes. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 133, 43669, 2016.

VAN BOGAERT, I. N. A.; SAERENS, K.; DE MUYNCK, C.; DEVELTER, D.; SOETAERT, W.; VANDAMME, E. J. Production of sophorolipids and their potential as biosurfactants. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 91, n. 1, p. 45-57. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3288-9>, 2011.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

VARJANI, S. J.; UPASANI, V. N. Critical review on biosurfactant analysis, purification and characterization using rhamnolipid as a model biosurfactant. **Bioresource Technology**, v. 232, p. 389–397, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.047>.

VECINO, X.; LÓPEZ, L. R.; FERREIRA, D.; CRUZ, J. M. ; MOLDES, A. B.; RODRIGUES, L. R. Bioactivity of glycolipopeptide cell-bound biosurfactants against skin pathogens. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 971–979, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.088>.

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, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.05.017>.

VON GADOW, A.; JOUBERT E.; HANSMANN C. F. Comparison of the antioxidant activity of rooibos tea (*Aspalathus linearis*) with green, oolong and black tea. **Food Chemistry**, v. 60, p. 73-77, 1997. <https://doi.org/10.1021/jf960281n>.

WAGEMAKER, T. A. L. Desenvolvimento de formulações cosméticas para animais de estimação: desafios e perspectivas. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, v. 37, p. 272-5, 2017.

WANG, H.; KAUR, G.; TO, M.H.; ROELANTS, S. L. K. W.; PATRIA, R. D.; SOETAERT, W.; LIN, C. S. K. Efficient in-situ separation design for long-term sophorolipids fermentation with high productivity. **Journal of Cleaner Production**, v. 246, 118995, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118995>.

WANG, H.; ROELANTS, S. L. K. W.; TO, M. H.; PATRIA, R. D.; KAUR, G.; LAU, N. S.; LAU, C. Y.; VAN BOGAERT, I. N. A.; SOETAERT, W.; LIN, C. S. K. *Starmerella bombicola*: recent advances on sophorolipid production and prospects of waste stream utilization. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 94, p. 999–1007, 2019. <https://doi.org/10.1002/JCTB.5847>.

WILSON, T.D.; STECK, W.F. A modified HET-CAM assay approach to the assessment of anti-irritant properties of plant extract. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 38, p. 867–872, 2000.

FAN, Y.; XIAOHUI, Z.; JING, H.; CI, Z. Preliminary studies on surface properties and antioxidant activities of sophorolipids. **Science and Technology of Food Industry**, v. 33, p. 166-168, 2012.

ZAHED, M.A.; MATINVAFA, M. A.; AZARI, A.; MOHAJERI, L. Biosurfactant, a green and effective solution for bioremediation of petroleum hydrocarbons in the aquatic environment. **Discovery Water**, v. 21, p. 1–20, 2022. <https://doi.org/10.1007/S43832-022-00013-X>.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

ZHANG, L.; LEI, Q.; LUO, J.; MINXIANG, Z.; WANG, L.; HUANG, D.; WANG, X.; MANNAN, S.; PENG, B.; CHENG, Z. Natural halloysites-based janus platelet surfactants for the formation of pickering emulsion and enhanced oil recovery. **Scientific Reports**, v. 9, n. 163, p. 1–8, 2019.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-36352-w>.

CAPÍTULO II

ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO **Journal of
Cosmetic Science - Qualis A3**

**Indústria de cosméticos no Brasil: avanços, inovações e tendências no
contexto da sustentabilidade**

ANA PAULA BARBOSA CAVALCANTI¹[<https://orcid.org/0009-0009-5001-7082>],

GLEICE PAULA DE ARAUJO^{2,3}[<https://orcid.org/0000-0001-6615-0683>],

KÁREN GERCYANE OLIVEIRA BEZERRA²[<https://orcid.org/0000-0001-9573-8777>],

RITA DE CÁSSIA FREIRE SOARES DA SILVA² [<https://orcid.org/0000-0002-5908-1357>] and

LEONIE ASFORA SARUBBO^{1,2*} [<https://orcid.org/0000-0002-4746-0560>]

¹ Escola de Tecnologia e Comunicação, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Rua do Príncipe, n. 526, Boa Vista, Recife 50050-900, Brazil

² Instituto Avancado de Tecnologia e Inovação (IATI), Rua Potyra, n. 31, Prado, Recife 50751-310, Brazil;

³ Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO), Universidade Federal Rural Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n-Dois Irmãos, Recife 52171-900, Brazil;

*e-mail: leonie.sarubbo@unicap.br

Palavras-chave: Biodiversidade brasileira, tendências de mercado, cosméticos sustentáveis, desenvolvimento sustentável, inovação tecnológica.

Resumo: Este artigo de revisão apresenta uma análise crítica e atualizada sobre o mercado de cosméticos naturais e sustentáveis, com ênfase no contexto brasileiro. A partir da seleção e interpretação de publicações científicas, relatórios de mercado e diretrizes regulatórias, discute-se a evolução do setor, os principais desafios normativos, o comportamento do consumidor e as possibilidades de inovação por meio da valorização da biodiversidade. Observa-se que a crescente demanda por produtos éticos e ambientalmente responsáveis tem impulsionado transformações no setor cosmético, ainda que entraves relacionados à ausência de regulamentações específicas e à escassez de validação científica de ingredientes naturais persistam. A revisão sugere caminhos estratégicos para a consolidação do Brasil como referência internacional, destacando o papel da pesquisa e da bioeconomia sustentável na construção de um ecossistema cosmético alinhado às diretrizes de sustentabilidade e conservação da sociobiodiversidade.

1. INTRODUÇÃO

Diante das crescentes preocupações ambientais, torna-se cada vez mais necessário adotar práticas de fabricação que priorizem a sustentabilidade. Esse conceito abrange não apenas o meio ambiente, mas também aspectos sociais e econômicos ao longo de toda a cadeia produtiva, garantindo que os impactos sejam minimizados e, sempre que possível, revertidos em benefícios (Bom et al. 2019; Gao & Wei 2025).

Essa valorização crescente da sustentabilidade tem impulsionado mudanças no mercado, com consumidores cada vez mais atentos e exigentes em relação à procedência e segurança dos produtos que consomem. A preocupação com os impactos ambientais e os riscos à saúde associados aos ingredientes tradicionais acende um alerta sobre a necessidade de alternativas mais responsáveis. No setor cosmético, a sustentabilidade transcende a simples escolha de matérias-primas naturais, abrangendo todo o ciclo produtivo, desde a extração até o descarte. Um cosmético verdadeiramente sustentável precisa refletir esse compromisso em cada etapa, incorporando essa visão desde o desenvolvimento até o pós-consumo (Bezerra et al. 2018; Sarubbo et al. 2022; Couceiro et al. 2025).

Dentro desse contexto, ganham destaque os chamados biocosméticos ou cosméticos sustentáveis. Eles são desenvolvidos a partir de insumos naturais — como

extratos vegetais, derivados de microrganismos e matérias-primas de origem orgânica — livres de agrotóxicos e aditivos sintéticos. Esses produtos se destacam por evitar substâncias potencialmente nocivas e por seguirem padrões rigorosos de sustentabilidade, que abrangem desde a seleção da matéria-prima até a entrega do produto final ao consumidor (Isaac 2016; Goyal & Jerold 2021).

O avanço das discussões sobre mudanças climáticas, desmatamento e perda de biodiversidade tem sido um dos grandes impulsionadores da biocosmética. Esse segmento oferece alternativas mais responsáveis para quem busca cuidados pessoais e de beleza sem abrir mão do compromisso ambiental. As formulações eliminam componentes como parabenos, ftalatos, silicones, conservantes artificiais, sulfatos e derivados petroquímicos, contribuindo para a redução da geração de resíduos tóxicos e da poluição. Assim, os biocosméticos representam uma escolha mais consciente tanto para a saúde humana quanto para a preservação ambiental (Goyal & Jerold 2021).

O mercado brasileiro de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC) segue em expansão acelerada e já responde por 5% do mercado global. Isso posiciona o país como o quarto maior mercado mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, da China e do Japão, segundo a ABIHPEC (2023).

Entre as tendências que acompanham essa transformação, destaca-se o crescimento do uso de xampus sólidos. Estes produtos vêm conquistando espaço por aliarem praticidade, alta performance e formulações com menor impacto ambiental. Além de dispensarem o uso de embalagens plásticas, sua composição é livre de água, o que reduz significativamente a necessidade de conservantes e inibe o crescimento microbiano. Diferentemente dos sabonetes produzidos por saponificação — que alteram o pH natural dos cabelos —, os xampus sólidos mantêm o equilíbrio dos fios, oferecendo uma alternativa mais segura e sustentável (Bezerra et al. 2018; Urbina et al. 2016).

Esse movimento por escolhas mais ecológicas também se reflete no mercado pet, que tem apresentado crescimento expressivo, especialmente no Brasil — terceiro maior mercado mundial em população de animais de estimação, ficando atrás apenas dos EUA e da China (Abinpet 2022; Franquilino 2024). De acordo com a Euromonitor International, as vendas globais no setor de cuidados para animais atingiram US\$ 50,6 bilhões em 2023, com previsão de expansão de quase 34% até 2028, quando deve ultrapassar os R\$ 67,8 bilhões (Cosmetic Innovation 2025).

O desempenho do mercado pet no Brasil reforça essa tendência. Segundo dados da Abinpet, em 2023 o segmento de produtos veterinários (Pet Vet) apresentou

crescimento de 16% no faturamento, refletindo o aumento da preocupação dos tutores com a saúde e bem-estar de seus animais. Já o segmento de cuidados gerais (Pet Care), que inclui higiene, estética e acessórios, avançou 15%. O setor de alimentos (Pet Food), responsável por 78% do faturamento total, cresceu 10,6%. Esses números confirmam a força do setor e sua importância crescente na economia brasileira (Cosmetic Innovation 2025).

No cenário regulatório, os produtos destinados à higiene e ao embelezamento animal no Brasil — desde que não possuam finalidade terapêutica ou profilática — são fiscalizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece as diretrizes para sua comercialização. Nos Estados Unidos, esses produtos são classificados como *grooming aids*, ou seja, itens auxiliares de higiene, e não estão sujeitos ao rigor regulatório da Food and Drug Administration (FDA) aplicado aos cosméticos humanos. Essa diferença reflete abordagens distintas na regulamentação dos produtos pet entre os dois países (Brasil 2022; USA 2011; FDA 2022).

Neste sentido, os cosméticos sustentáveis, pouco explorados no mercado brasileiro e ainda carentes de regulamentação nacional, podem representar um investimento próspero para o mercado brasileiro, pois são muito apreciados no cenário internacional. A elaboração de produtos sustentáveis possibilita o desenvolvimento de um futuro mercado consumidor assíduo de produtos cosméticos naturais brasileiros. Dessa forma, este estudo analisará as tendências e inovações no mercado de produtos para animais de estimação, com ênfase no segmento de higiene e cuidados pessoais (pet care), destacando o potencial dos xampus sólidos como uma alternativa sustentável e de alta performance.

2. ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS COSMÉTICOS

Os cosméticos são formulações desenvolvidas a partir de compostos naturais ou sintéticos, destinadas à aplicação externa em diferentes partes do corpo humano. Seu objetivo principal é higienizar, perfumar, proteger, modificar a aparência, neutralizar odores ou até promover a manutenção da saúde e da integridade da pele. Esses produtos desempenham um papel essencial na rotina de cuidados pessoais, contribuindo para o bem-estar, a autoestima e a qualidade de vida dos usuários (ANVISA 2004).

A trajetória dos cosméticos acompanha a própria evolução cultural e científica da humanidade, passando por transformações significativas ao longo dos séculos. Desde as

civilizações antigas, sua utilização ia muito além da estética, integrando práticas espirituais, religiosas e sociais. Assim, os cosméticos assumiram um papel simbólico na construção da identidade e na preservação de tradições culturais (Corrêa 2012; SEBRAE/ESPM 2008).

Os registros mais antigos do uso de cosméticos remontam ao Egito Antigo, há cerca de 5.000 anos. Arqueólogos encontraram em tumbas e sarcófagos recipientes com resquícios de produtos voltados para cuidados estéticos, como cremes, óleos e incensos. Os egípcios faziam uso de substâncias como malaquita para maquiar os olhos e da planta *Lawsonia inermis L.* (henna) para tingir os cabelos, demonstrando domínio sobre os recursos naturais voltados à beleza e aos cuidados pessoais (ABDI 2009).

Na Grécia, por volta de 400 a.C., já existiam registros que indicam práticas consolidadas de higiene e estética, incluindo banhos terapêuticos e uso de máscaras faciais à base de argila (CIC, 2010). Posteriormente, no Império Romano, por volta de 180 d.C., esses conhecimentos foram aprimorados. Um dos grandes nomes da época, Claudius Galenus, considerado um dos pioneiros da cosmetologia, desenvolveu formulações inovadoras, como o famoso "Cold Cream", que permanece em uso até os dias de hoje (SEBRAE/ESPM 2008; ABDI 2009; CIC 2010).

Durante a Idade Média, especialmente a partir do século V, a influência do Cristianismo levou à repressão do uso dos cosméticos, que passaram a ser vistos como símbolo de vaidade excessiva e pecado. Esse cenário só começou a mudar após as Cruzadas, no século IX, quando o contato com outras culturas reintroduziu hábitos de cuidados estéticos na Europa (SEBRAE/ESPM 2008).

O Renascimento, iniciado no século XV, marcou a retomada da valorização da estética e da beleza, com destaque para o desenvolvimento da perfumaria, que se tornou essencial em uma época na qual os hábitos de higiene eram precários. O uso de fragrâncias ganhou espaço como forma de disfarçar odores e manter a boa convivência social (SEBRAE/ESPM 2008; ABDI 2009; CIC 2010).

Nos séculos XVII e XVIII, a estética da pele extremamente clara e o uso de perucas elaboradas simbolizavam status e poder, especialmente entre a aristocracia europeia. Esse período consolidou a França como referência mundial na produção de fragrâncias e cosméticos, legado que perdura até hoje (ABDI 2009; CIC 2010).

Curiosamente, no final do século XVIII, a Inglaterra passou a associar o uso de cosméticos à bruxaria. O Parlamento chegou a criminalizar seu uso, e quem fosse flagrado utilizando esses produtos poderia ser severamente punido (SEBRAE/ESPM 2008).

O avanço da industrialização no século XIX, aliado à crescente emancipação feminina, transformou profundamente o mercado de cosméticos. Foi nesse contexto que surgiram as primeiras indústrias especializadas na produção de insumos e cosméticos, além da expansão dos cuidados masculinos, com foco especial na perfumaria (CIC 2010; ABDI 2009).

O século XX marcou uma verdadeira revolução na indústria cosmética, impulsionada pelos avanços científicos e tecnológicos e pela massificação da informação através dos meios de comunicação. A produção em larga escala e o desenvolvimento de novas matérias-primas consolidaram o setor como uma importante atividade econômica global (CIC 2010).

Esse cenário também estimulou a busca constante por inovação, levando ao desenvolvimento de tecnologias como microemulsões, lipossomas, nanotecnologia, biotecnologia e processos sustentáveis. Paralelamente, o controle de qualidade, a segurança, a eficácia e a estabilidade dos produtos passaram a ser prioridades para o setor (CIC 2010).

A crescente conscientização ambiental também trouxe novos desafios. A preocupação com o impacto dos cosméticos no meio ambiente, com a bioacumulação no organismo e com a biodegradabilidade das embalagens levou as empresas a investirem em práticas mais sustentáveis. Essa tendência abriu caminho para os cosméticos verdes, sustentáveis e fitocosméticos, que hoje representam uma importante fatia do mercado global, alinhando inovação, responsabilidade ambiental e demandas dos consumidores por produtos mais seguros e éticos (Ajayi et al. 2024; Mendonça et al. 2023).

3. COSMÉTICOS NATURAIS, ORGÂNICOS E VEGANOS

Atualmente, no Brasil e em diversos países, ainda não existe uma legislação específica que regule cosméticos classificados como naturais, orgânicos ou veganos. Esse é um tema relativamente recente e que ainda gera bastante discussão, principalmente pela dificuldade em definir com precisão o que caracteriza um “cosmético natural”. Paralelamente, a química verde vem ganhando protagonismo, já que adota uma abordagem preventiva voltada à redução da poluição e à proteção ambiental, atuando desde o nível molecular até a consideração de todo o ciclo de vida dos produtos. Essa vertente está profundamente ligada aos pilares da sustentabilidade — ambiental, econômica e social. Além disso, consumidores cada vez mais conscientes das questões

ambientais vêm pressionando a indústria a desenvolver soluções mais sustentáveis e alinhadas com práticas responsáveis (Bozza et al. 2022; Secchi et al. 2016; Flor et al. 2019).

Há quem defenda que, para que um cosmético seja, de fato, considerado natural, ele deve ser composto exclusivamente por ingredientes de origem natural, com raríssimas exceções. Nesse contexto, não é apenas a origem dos insumos que importa, mas também os processos utilizados em sua obtenção, sendo desconsideradas práticas químicas ou físicas que não sejam ambientalmente sustentáveis (Dlamini & Mahowa 2024; Cosmos Standard 2018). No entanto, nem todas as marcas seguem esse rigor. Algumas utilizam o termo “natural” meramente como estratégia de marketing, mesmo que a fórmula contenha quantidades mínimas desses ingredientes — muitas vezes inferiores a 1%. Nesses casos, o uso do apelo ecológico não reflete a realidade do produto (Dlamini & Mahowa 2024; Flor et al. 2019).

Diante dessa lacuna, surgem certificadoras, tanto nacionais quanto internacionais, que definem critérios claros e específicos para conceder selos de conformidade, como será apresentado à frente. Essas normas avaliam não apenas a origem dos ingredientes, mas também aspectos como toxicidade, biodegradabilidade e métodos produtivos. Embora haja pontos comuns entre as certificadoras — como a exclusão de determinados conservantes e derivados petroquímicos —, cada entidade adota um conjunto próprio de exigências, que as marcas devem seguir rigorosamente para obter a certificação (Bozza et al. 2022; Secchi et al. 2016).

Os cosméticos naturais podem ser visualizados dentro de uma escala. De um lado, estão aqueles que apenas utilizam a estética do marketing verde, sem necessariamente cumprir critérios rigorosos. No extremo oposto, estão os produtos que seguem normas certificadoras, garantindo altos padrões de naturalidade. Entre esses dois extremos, há formulações que, embora priorizem ingredientes naturais, ainda utilizam substâncias sintéticas quando não há alternativas viáveis (Bozza et al. 2022; Dlamini & Mahowa 2024).

Para que um cosmético seja, de fato, considerado natural, a maior parte da sua composição deve ser formada por ingredientes como água, minerais e extratos de origem vegetal ou animal, excluindo-se aditivos de natureza sintética. Caso a fórmula combine elementos permitidos com outros não aceitos, ela perde o direito à classificação integral como “natural” e passa a ser definida apenas como “feita com matérias-primas naturais” (Romero et al. 2018; Flor et al. 2019; Wang et al. 2021).

Assim como ocorre com os naturais e orgânicos, os cosméticos veganos também não contam com uma regulamentação oficial. Entretanto, o conceito de produto vegano apresenta definição mais homogênea: não deve conter componentes de origem animal, nem ser testado em animais, direta ou indiretamente (Fonseca-Santos et al. 2015).

Os produtos orgânicos, por sua vez, se subdividem em duas categorias principais: os 100% orgânicos, que exigem pelo menos 95% de matérias-primas certificadas como tal, e aqueles “feitos com ingredientes orgânicos”, cuja composição deve incluir de 70% a 95% desses insumos (IBD-NATRUE 2023).

De forma resumida, pode-se afirmar que todo cosmético orgânico é, necessariamente, natural, mas nem todo produto natural é orgânico. Além disso, para que um cosmético seja realmente reconhecido como natural, não basta conter ingredientes naturais; ele precisa ser predominantemente composto por eles. Por outro lado, os cosméticos orgânicos se destacam por apresentarem uma proporção significativamente maior de insumos certificados, em comparação com aqueles que apenas incluem tais matérias-primas em sua formulação (IBD-NATRUE 2023).

De acordo com levantamento da Grand View Research (2023), o mercado global de cosméticos orgânicos deve movimentar aproximadamente US\$ 25,11 bilhões até 2025. A pesquisa também revela que 84% dos consumidores optam por esses produtos motivados por questões de saúde, enquanto a preocupação ambiental aparece apenas na sexta posição entre os brasileiros. Esse perfil de consumidor valoriza muito a transparência e exige produtos com formulações autênticas e com alta concentração de ingredientes naturais e orgânicos.

Para que um ingrediente seja considerado apto para compor um cosmético natural certificado, é necessário consultar diretamente as listas de matérias-primas aprovadas pelas certificadoras. Durante o processo de certificação, os órgãos exigem a apresentação dos nomes comerciais dos ingredientes, uma vez que a análise não se limita à composição, mas também abrange a origem, o processo produtivo e toda a cadeia de fornecimento. Atualmente, já é possível encontrar fornecedores que disponibilizam uma ampla gama de matérias-primas naturais e certificadas, o que permite maior liberdade na criação de fórmulas. Entre esses ingredientes estão emolientes, emulsionantes, espessantes, tensoativos, agentes condicionadores, proteínas, entre outros (Thøgersen 2023).

No desenvolvimento cosmético, os emolientes são indispensáveis, uma vez que são responsáveis por conferir hidratação, maciez e melhorar a espalhabilidade dos produtos na pele e nos cabelos. A utilização de emolientes com diferentes perfis de

espalhabilidade — baixa, média e alta — resulta no que se denomina “efeito cascata de emolientes”, capaz de oferecer uma experiência sensorial mais agradável durante a aplicação (Flor 2017; Franco-Gil et al. 2024).

Alguns exemplos de emolientes aprovados para uso em cosméticos naturais incluem (Flor 2017):

- Baixa espalhabilidade: Cegesoft PS6 (Olus Oil) e Cegesoft PFO (Passiflora incarnata Seed Oil);
- Média espalhabilidade: Myritol 318 (Caprylic/Capric Triglyceride) e Eutanol G (Octyldodecanol);
- Alta espalhabilidade: Cetiol CC (Dicaprylyl Carbonate) e Cetiol Ultimate [Undecane (and) Tridecane].

Os tensoativos também possuem ampla aplicação e, dentro do universo de cosméticos naturais, podem ser classificados da seguinte forma (Flor et al 2019):

- **Aniônicos:** Texapon K 12 G (Sodium Lauryl Sulfate);
- **Anfóteros:** Dehyton AB 30 (Coco-Betaine) e Dehyton PK 45 (Cocamidopropyl Betaine);
- **Não iônicos:** Plantacare 818 UP (Coco-Glucoside), Plantacare 2000 UP (Decyl Glucoside) e Plantacare 1200 UP (Lauryl Glucoside).

A combinação desses tensoativos é fundamental para desenvolver produtos com limpeza eficaz, espuma adequada e, ao mesmo tempo, suave para a pele, atendendo às expectativas do mercado nacional (Flor et al 2019; Fonseca-Santos et al. 2015).

Para emulsões, há emulsionantes naturais aprovados, tanto do tipo óleo em água — como o Eumulgin VL 75 [Lauryl Glucoside (and) Polyglyceryl-2 Dipolyhydroxystearate (and) Glycerin] e o Emulgade Sucro Plus [Sucrose Polystearate (and) Cetyl Palmitate] — quanto água em óleo, como o Dehymuls PGPH (Polyglyceryl-2 Dipolyhydroxystearate) (Flor et al. 2019).

No quesito viscosidade, há diversas opções de agentes espessantes permitidos, que desempenham papel essencial na estabilidade e textura das formulações. Exemplos incluem [Glyceryl Stearate (and) Cetearyl Alcohol (and) Cetyl Palmitate (and) Cocoglycerides], Cutina GMS V (Glyceryl Stearate), Lanette 16 (Cetyl Alcohol) e Lanette O (Cetearyl Alcohol). No entanto, apesar da variedade, a oferta desses insumos no mercado brasileiro ainda é relativamente limitada, o que impacta na disponibilidade de cosméticos desse tipo no país (Flor et al. 2019).

Por outro lado, os cosméticos veganos contam com uma ampla gama de matérias-primas, desde que sejam de origem vegetal ou mineral e não envolvam qualquer forma de exploração ou testes em animais. Dessa forma, é possível desenvolver produtos veganos com qualidade e custo bastante competitivos em relação aos convencionais (Flor et al. 2019).

Desenvolver cosméticos verdadeiramente naturais exige enfrentar desafios significativos, especialmente quanto às restrições no uso de determinados ingredientes. Compostos como corantes e fragrâncias sintéticas, PEGs, quaternários de amônio, silicones, conservantes sintéticos, dietanolamidas e derivados de petróleo são expressamente proibidos pelas principais certificadoras. Isso torna o desenvolvimento mais complexo, especialmente em relação à estabilidade e desempenho das formulações (Cosmos Standard 2018; Natrue 2017).

Os conservantes tradicionais, amplamente utilizados na indústria — como fenoxietanol, DMDM hidantoína, metilcloroisotiazolinona e metilisotiazolinona — são vetados em cosméticos naturais. Nesse contexto, são adotados conservantes alternativos, como ácido benzoico, ácido deidroacético, álcool benzílico, benzoato de potássio, benzoato de sódio, sorbato de potássio e ácido sórbico. Vale destacar que a eficácia desses conservantes depende de fatores como pH da formulação, que geralmente deve estar entre 5,0 e 5,5. Além disso, o controle rigoroso da qualidade da água e a adoção de boas práticas de fabricação são essenciais, bem como a escolha de embalagens que minimizem a exposição do produto ao ambiente externo, reduzindo riscos de contaminação microbológica (Flor et al. 2019).

Por fim, para atender a um público cada vez mais exigente, a indústria cosmética precisa recorrer a ferramentas que assegurem não apenas qualidade, mas também a aceitação do mercado. Nesse sentido, a análise sensorial se torna indispensável, pois permite avaliar atributos como aparência, textura, aroma e desempenho do produto, a partir da percepção dos usuários. Essa avaliação envolve fatores sensoriais, emocionais e culturais, e tem papel decisivo no desenvolvimento e sucesso de novos cosméticos (Szaban et al. 2025; Couceiro et al. 2025).

Insert Tabela I

4. MERCADO DO SETOR COSMÉTICO BRASILEIRO

De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC), o Brasil conta atualmente com 3.483 empresas atuantes no setor de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC). Embora o número de empresas seja expressivo, a maior parte do faturamento do setor está concentrada em apenas 20 grandes companhias — responsáveis por 73% da receita líquida, considerando valores livres de impostos. Essas organizações são classificadas como de grande porte, com faturamento superior a R\$ 100 milhões anuais. A distribuição geográfica dessas empresas revela forte concentração na região Sudeste, que abriga 2.053 delas. Deste total, 1.414 estão localizadas no Estado de São Paulo, que sozinho representa 40,59% de todas as empresas de HPPC no país (Figura 1) (ABIHPEC 2023).

Insert Figure 1

Segundo dados do Euromonitor (2023), o Brasil ocupa a terceira colocação no ranking global do mercado de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC), respondendo por 5,7% do consumo mundial. O país fica atrás apenas dos Estados Unidos e da China, que lideram esse segmento como primeiro e segundo colocados, respectivamente, conforme ilustrado na Figura 2 (ABIHPEC 2024).

Insert Figure 2

Em 2021, o faturamento do mercado brasileiro de produtos de higiene pessoal e cosméticos atingiu R\$ 124,5 bilhões, com projeções indicando que esse valor poderá superar os R\$ 130 bilhões até 2026. Dentro desse contexto, destacam-se segmentos como fragrâncias, artigos masculinos, desodorantes, cuidados capilares, produtos infantis, protetores solares, maquiagem, itens para banho, cuidados com a pele e produtos depilatórios (SEBRAE 2023).

Um fator que contribui significativamente para a posição de destaque do Brasil no cenário global de cosméticos é o clima predominantemente quente e úmido, que incentiva hábitos de higiene frequentes, incluindo múltiplos banhos diários e lavagem regular dos cabelos. Essa rotina explica a alta demanda por produtos capilares, itens para banho,

desodorantes e fragrâncias, que figuram entre os maiores segmentos do setor nacional (ABIHPEC 2014).

De acordo com a MINTEL (2022), empresa especializada em pesquisas de mercado e análises comportamentais, o perfil do consumidor brasileiro de cosméticos é bastante diversificado e reflete tendências específicas. Por exemplo, homens na faixa etária de 25 a 34 anos mostram um interesse crescente por produtos respaldados por pesquisa científica e estão dispostos a pagar até 29% a mais por fórmulas que garantam eficácia e inovação.

No geral, os consumidores brasileiros buscam cosméticos que combinem qualidade, inovação e compromisso com a sustentabilidade. Produtos naturais e com apelos éticos, alinhados ao movimento clean beauty, ganham espaço, especialmente entre mulheres jovens, que são influenciadas pelas tendências digitais e redes sociais. Já o público feminino com mais de 40 anos demonstra maior interesse por cosméticos voltados ao cuidado antienvhecimento e ao bem-estar (MINTEL 2022).

5. CRESCIMENTO E EMPREGOS NO SETOR DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICO

Após uma queda no número de empregos diretos entre 2015 e 2016, o setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos registrou uma recuperação significativa entre 2017 e 2020, crescendo 14,4% em relação a 2016. Contudo, em 2021, após o pico da pandemia, o segmento sofreu uma nova retração de 1,6% em comparação a 2020. Em 2022, o setor apresentou uma leve retomada, com crescimento de 0,6% sobre o ano anterior, totalizando 134,4 mil empregos diretos. Ainda refletindo os impactos da pandemia, em 2021 houve redução nas oportunidades de trabalho em quase todos os canais, resultando em uma queda geral de 1,7% no número total de empregos. Já em 2022, o cenário melhorou, com aumento de 4,8% em relação a 2021 (ABIHPEC, 2023).

No que tange às exportações, segundo dados da ABIHPEC (2023), o setor alcançou US\$ 776,5 milhões em 2022, representando um crescimento de 10,9% frente a 2021, quando as vendas externas somaram US\$ 700 milhões. Os principais produtos exportados foram itens para cuidado capilar (23,7%), sabonetes (19,1%) e produtos de higiene bucal (11,6%).

Os cinco maiores mercados compradores foram Argentina (18,7%), México (11,1%), Colômbia (10,7%), Chile (10,1%) e Paraguai (6,6%). Também se destacaram os

Estados Unidos, Portugal, Emirados Árabes e Holanda, que registraram os maiores aumentos em valor e volume de exportações, com os produtos para cabelo liderando as vendas em todos esses destinos (ABIHPEC, 2023).

Desde 2010, as exportações do setor superam as importações, e 2022 marcou o terceiro ano consecutivo dessa tendência. O saldo comercial no período de janeiro a dezembro de 2022 foi positivo em US\$ 35,5 milhões, representando um aumento de 206% em relação ao superávit de US\$ 11,6 milhões registrado no mesmo período do ano anterior (ABIHPEC, 2023).

6. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO DO SETOR COSMÉTICO NO BRASIL

No Brasil, os cosméticos são regulados por normas sanitárias que abrangem sua fabricação, envase, comercialização, importação e exportação, conforme estabelecido pela Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976. A fiscalização e autorização dessas atividades ficam a cargo da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), instituída pela Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999. A ANVISA, vinculada ao Ministério da Saúde e integrada ao Sistema Único de Saúde (SUS), é responsável pela coordenação do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e pelo licenciamento dos produtos cosméticos no território nacional (Corrêa, 2012; Coelho, 2013).

A definição oficial de cosméticos no país está descrita na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 07, de 10 de fevereiro de 2015, que conceitua produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes como preparações feitas de substâncias naturais ou sintéticas, destinadas ao uso externo em diversas partes do corpo — incluindo pele, cabelos, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e mucosas da cavidade oral — com o propósito de limpar, perfumar, modificar a aparência, corrigir odores ou proteger e conservar essas regiões (ANVISA, 2015).

Dessa forma, qualquer produto que se enquadre nessa descrição é classificado legalmente como cosmético, independente da origem natural ou sintética de seus ingredientes. Além disso, os cosméticos são categorizados em dois níveis de risco: Grau 1, que apresenta baixo risco, e Grau 2, que possui potencial de risco devido à sua composição ou forma de uso (ANVISA, 2015).

As amostras de produtos acabados devem ser armazenadas em suas embalagens originais ou em recipientes equivalentes, mantidas em condições específicas para

possibilitar pelo menos duas análises completas. Essas amostras de retenção precisam conter etiquetas com informações essenciais, como identificação, lote e validade (DOU, 2013).

No âmbito internacional, o sistema INCI (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients) estabelece uma nomenclatura padronizada para os ingredientes usados em cosméticos, adotada globalmente. A nomenclatura é regulada por um comitê internacional formado por representantes do FDA (EUA), da Comissão Europeia, dos ministérios da saúde do Canadá e do Japão, garantindo uniformidade e transparência na identificação dos componentes (ANVISA, 2020).

Atualmente, o Brasil ainda não possui uma regulamentação oficial específica para produtos cosméticos orgânicos e naturais certificados. Por isso, esses produtos seguem as normas de certificadoras independentes que garantem que os fabricantes cumpram as exigências nacionais para cosméticos e higiene pessoal, além de comprovarem o registro e autorização pela ANVISA para produção e comercialização (ECOCERT, 2023; IBD CERTIFICAÇÕES, 2022).

Assim, cosméticos orgânicos e naturais são reconhecidos primeiramente como produtos cosméticos comuns e devem obedecer às regulamentações vigentes referentes à fabricação, controle de qualidade, registro e comercialização, além de atender às exigências específicas das certificadoras contratadas. A Resolução RDC nº 07/2015 continua sendo o principal referencial para esses produtos.

Para que um cosmético seja classificado como orgânico ou natural, é necessário atender critérios rigorosos de certificação, como o uso de ingredientes provenientes de cultivos orgânicos que excluem pesticidas, visando preservar recursos naturais, garantir condições de trabalho adequadas e proteger produtores, consumidores e o meio ambiente contra contaminação (ABIHPEC, 2011).

A certificação, amplamente reconhecida na agricultura orgânica, representa uma garantia da origem e qualidade do produto, atestada por auditorias realizadas por entidades certificadoras. Essas certificadoras acompanham todo o percurso do produto — desde a matéria-prima, produtores e regiões de cultivo, até o produto final — assegurando conformidade com normas rigorosas. Os custos para certificação são de responsabilidade do produtor (EMBRAPA/SOJA, 2011; Mello Callebaut, 2011).

Devido à falta de regulamentação oficial específica, as normas das certificadoras são constantemente revisadas e adaptadas para refletir as demandas dos mercados e diferentes contextos, sempre com transparência e acessibilidade (IBD

CERTIFICAÇÕES, 2022). Essas normas também buscam alinhar-se às exigências da Lei nº 10.831/2003 e do Decreto nº 6.323/2007, que tratam da concentração mínima de ingredientes orgânicos.

Entre as principais certificadoras globais de cosméticos orgânicos e naturais destacam-se:

a) COSMOS (Cosmetic Organic Standard), um referencial europeu privado desenvolvido por cinco organismos — BDIH (Alemanha), Cosmebio e Ecocert Greenlife SAS (França), ICEA (Itália) e Soil Association (Reino Unido) — com o objetivo de padronizar requisitos mínimos para certificação em nível internacional (ECOCERT, 2019). Para cumprir o padrão COSMOS, é preciso seguir normas detalhadas sobre origem dos insumos, processos produtivos e sustentabilidade da cadeia produtiva. Apesar de ainda não ser amplamente difundida no Brasil, a certificação COSMOS tem ganhado espaço, principalmente entre empresas que exportam para a Europa. A Ecocert é atualmente a certificadora que representa o COSMOS no país, e o número de produtos certificados sob essa norma cresce ano a ano.

b) ECOCERT: A certificadora francesa Ecocert® desenvolveu seu próprio referencial para apoiar fabricantes de cosméticos que priorizam o respeito ambiental e a qualidade dos ingredientes naturais. Essa iniciativa surgiu diante da ausência de padrões oficiais para cosméticos naturais e orgânicos, além da existência de múltiplos referenciais privados europeus, que podem dificultar o reconhecimento claro dos produtos pelo consumidor (ECOCERT, 2012).

Segundo a ECOCERT (2023), um cosmético natural deve conter pelo menos 50% de ingredientes vegetais de origem orgânica em relação ao total de ingredientes vegetais, e um mínimo de 5% de ingredientes certificados orgânicos sobre o total do produto, ambos em peso. Já um cosmético orgânico precisa apresentar no mínimo 95% de ingredientes vegetais provenientes da agricultura orgânica e 10% de ingredientes orgânicos certificados no total da formulação, respeitando as listas de ingredientes autorizados e proibidos definidas no referencial da certificadora.

Os produtos que atendem a esses critérios podem ostentar as menções obrigatórias “COSMÉTICO ECOLÓGICO” ou “COSMÉTICO ECOLÓGICO E ORGÂNICO” conforme as regras específicas da ECOCERT (2023).

c) NATRUE: Fundada em 2007 na Europa, a NATRUE é uma associação internacional sem fins lucrativos que busca padronizar e promover cosméticos naturais e orgânicos no mundo todo (NATRUE, 2019). Assim como o COSMOS, estabelece critérios rigorosos

desde a seleção de matérias-primas até a fabricação final. No Brasil, o selo NATRUE é mais comum em produtos importados ou destinados à exportação, enquanto para o mercado interno geralmente prevalece o selo do Instituto Biodinâmico (IBD).

d) IBD (Instituto Biodinâmico): Maior certificadora da América Latina, o IBD tem forte atuação no mercado brasileiro. Desde 2014, segue as diretrizes da NATRUE para certificar cosméticos naturais e orgânicos. A parceria entre IBD e NATRUE permite o reconhecimento mútuo dos selos, facilitando a comercialização internacional dos produtos certificados (IBD, 2019). Enquanto aguarda uma regulamentação oficial para o mercado nacional, o IBD promove a certificação com os selos “Natural” e “Ingredientes Naturais” (IBD CERTIFICAÇÕES, 2022). Em relação à rotulagem, o IBD exige que os cosméticos certificados cumpram inicialmente as normas da Resolução RDC nº 211/2005 e suas atualizações, para depois acrescentar os selos específicos de “Natural” ou “Orgânico”. Além disso, todos os rótulos devem informar claramente a porcentagem total de ingredientes naturais e orgânicos presentes no produto (IBD CERTIFICAÇÕES, 2022).

A Tabela II resume os critérios definidos pelos principais organismos de certificação.

Insert Tabela II

As fórmulas de cosméticos veganos são elaboradas sem ingredientes de origem animal, como lanolina, colágeno, gelatina, mel e cera de abelha, entre outros (ECYCLE, 2024). No mercado vegano, muitas empresas desenvolvem seus próprios símbolos para indicar que seus produtos são livres de componentes animais e não foram testados em animais. Esses símbolos podem incluir a letra "V", a imagem de um coelho, a expressão “cruelty-free” ou outras marcas escolhidas pela empresa.

No Brasil, algumas certificadoras destacam-se na regulamentação e reconhecimento de produtos veganos, entre elas:

a) Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB): Fundado em 2013, o programa de certificação da SVB abrange diversos segmentos, como alimentos, cosméticos e itens de higiene. O selo vegano da SVB (Figura 3) atesta que o produto não contém ingredientes de origem animal e que nem o fabricante nem seus fornecedores realizam testes em animais (SVB, 2023).

Insert Figure 3

b) People for the Ethical Treatment of Animals (PETA): criada em 1980, essa ONG internacional é uma das mais conhecidas na defesa dos direitos dos animais e possui dois selos aplicados a cosméticos: o **Cruelty-Free** e o **Approved Vegan** (PETA, 2023).

O selo *Cruelty-Free* assegura que o produto não foi testado em animais, nem contém ingredientes testados dessa forma (Figura 4). Porém, é importante destacar que nem todos os produtos com essa certificação são veganos, pois podem incluir componentes de origem animal, como mel ou queratina, desde que sua obtenção não envolva sofrimento animal.

Já o selo *Approved Vegan* vai além, garantindo que o produto não contém ingredientes de origem animal e também não foi testado em animais, caracterizando-o, assim, como vegano.

Insert Figure 4

7. NOVIDADES NO MERCADO DA COSMÉTICA

7.1. Xampu sólido

Nos últimos anos, cosméticos com pouca ou nenhuma água vêm ganhando espaço no Brasil e no mundo. Os xampus sólidos são exemplos desse movimento, unindo inovação, sustentabilidade e praticidade. Essa tendência responde à demanda por produtos com menor impacto ambiental, menos consumo hídrico e livre de embalagens plásticas tradicionais. Além dos xampus, outros cosméticos sólidos — como condicionadores, sabonetes faciais, desodorantes e itens para skincare — surgem em barras ou pós, reduzindo água na fabricação e minimizando resíduos, com maior durabilidade e facilidade de armazenamento para o consumidor (Franquilino, 2022).

O mercado global de cosméticos "waterless" teve crescimento anual médio de 10,5% entre 2021 e 2027 (Cosmetics & Toiletries Brasil, 2021). Os xampus sólidos se destacam por sua praticidade e formulação com ingredientes naturais e de alta performance, reduzindo químicos tóxicos e embalagens plásticas (Bezerra et al.2018).

Diferente dos sabonetes, os xampus sólidos não são feitos via saponificação com soda cáustica, o que preserva seu pH ácido, compatível com o cabelo. Além disso, por não conterem água, apresentam maior concentração de ativos, menor risco de

contaminação microbiana e menor necessidade de conservantes químicos (Urbina et al.2016).

Segundo a Euromonitor International (2021), os benefícios dos xampus sólidos incluem:

- economia, pela maior concentração de ativos e vida útil prolongada;
- praticidade, pela facilidade de transporte e armazenamento;
- cuidado capilar, com menos aditivos químicos;
- sustentabilidade, com menor consumo de água e embalagens biodegradáveis.

Essa adoção reflete o foco crescente da indústria em soluções inovadoras e conscientes para o cuidado pessoal e o meio ambiente.

7.2. Cosméticos para animais de estimação (pets)

O Brasil é o quarto país com maior população de pets no mundo, com quase metade dos lares tendo cães ou gatos (Wagemaker, 2019). O mercado pet care brasileiro deve crescer 56% até 2028, alcançando R\$ 7 bilhões, com os donos investindo cada vez mais no bem-estar dos animais, considerados parte da família (Franquilino, 2024).

Com isso, cresce a demanda por cosméticos para higiene e beleza animal, como xampus, máscaras, banhos relaxantes e desembaraçantes (Cosendey et al.2021). A formulação desses produtos precisa respeitar as particularidades da pele e do pelo dos animais, que são diferentes dos humanos. Por exemplo, a pele de cães e gatos é mais fina, com renovação celular mais lenta e menos ceramidas, o que torna a pele mais sensível a produtos inadequados (Wagemaker, 2019).

O pH da pele e do fluido lacrimal dos pets é um fator crítico. Enquanto a pele saudável desses animais tem pH próximo de 6, a lágrima é alcalina (pH ~8), o que exige formulações que evitem irritação ocular e cutânea (Cosendey et al.2021). Condicionadores, por exemplo, devem ter pH levemente ácido (não inferior a 5,5) e evitar contato com os olhos (Souza et al.2009).

Xampus para pets devem limpar eficazmente, removendo gorduras sem agredir, além de promover brilho, hidratação e proteção dos pelos (Makino; Neves; Sousa, 2014). Para isso, combinam tensoativos como Lauril Sulfato de Sódio com agentes mais suaves e fragrâncias delicadas para não incomodar o olfato apurado dos animais (Makino et al.2014).

Ingredientes naturais, como óleo de argan e extrato de aloe vera, são valorizados por suas propriedades antioxidantes e nutritivas, e há crescente interesse em ativos da biodiversidade brasileira para inovar e promover sustentabilidade (Wagemaker, 2019).

No Brasil, esses cosméticos são regulados pelo MAPA, exigindo cadastro obrigatório, mas ainda não há regulamentação específica sobre segurança e eficácia, o que representa um desafio para garantir a qualidade do mercado (Cosendey et al.2021).

Globalmente, o mercado pet care deve atingir US\$ 368,88 bilhões até 2031, com destaque para produtos suaves e eficazes (Fortune Business Insights, 2024). Novidades incluem os Concentrated Shampoo Powders da americana Alzoo, que dispensam embalagens plásticas e são livres de sulfatos, corantes e parabenos, ideais para cães com pele sensível. Também se destacam os blends da Stepan Company (STEPAN-MILD® 30 SF e STEPANQUAT® Care Base), surfactantes e bases para condicionadores com baixa irritabilidade, testados dermatologicamente. A alemã Brenntag lançou a linha Citropet, composta por ingredientes 100% vegetais, combinando óleos e manteigas para cuidados naturais e sustentáveis da pele e pelos dos pets.

8. PERSPECTIVAS DO MERCADO DE COSMÉTICOS SUSTENTÁVEIS

O conceito de desenvolvimento sustentável foi formalmente introduzido no âmbito internacional por meio do Relatório Brundtland, produzido durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1987. Tal conceito defende um modelo de crescimento capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias demandas. Desde então, essa ideia vem sendo amplamente difundida e incorporada em diferentes setores da sociedade e da indústria, englobando dimensões ambientais, econômicas, sociais e tecnológicas (Maniglia 2012).

No setor cosmético, a incorporação dos princípios da sustentabilidade tem se intensificado nas práticas produtivas, impulsionando a criação de cosméticos denominados sustentáveis, naturais, verdes ou ecológicos. Esse segmento vai além do simples uso de matérias-primas vegetais e renováveis, englobando também processos produtivos e hábitos de consumo que minimizam impactos ambientais durante todo o ciclo de vida do produto. É importante destacar que os cosméticos sustentáveis devem obedecer às normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), dentro da categoria de Produtos de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC), atendendo

a critérios rigorosos de segurança, eficácia, rotulagem, registro e cosmetovigilância (Thiesen 2013).

Esses produtos diferenciam-se dos convencionais por priorizarem formulações com ingredientes naturais, geralmente extraídos por métodos limpos e de maneira ética e sustentável. Ademais, evitam compostos sintéticos que podem ser prejudiciais, como parabenos, sulfatos e ftalatos. As embalagens ecologicamente corretas — recicláveis, reutilizáveis ou biodegradáveis — também são características comuns, assim como a rejeição a testes em animais e, frequentemente, a adoção de formulações veganas, conferindo valor agregado aos cosméticos (Fonseca-Santos, Corrêa, Chorilli 2015; IBD 2019; Euromonitor International 2021).

Diante de um panorama global de transformações no comportamento do consumidor, observa-se um aumento no interesse por produtos que vão além do benefício estético, alinhando-se também a valores éticos e ambientais. Isso motivou o reposicionamento estratégico de diversas marcas, que passaram a investir em inovação para criar cosméticos ambientalmente responsáveis. Um exemplo é a marca alemã Stop The Water While Using Me! que defende o uso racional da água, o emprego de ingredientes naturais, embalagens biodegradáveis e a oposição a testes em animais (STOP THE WATER WHILE USING ME 2015).

Nesse contexto, estratégias de marketing verde e o reposicionamento de marcas tradicionais assumem papel central. As empresas buscam atender a um consumidor mais informado e exigente, cuja decisão de compra é influenciada por fatores como transparência, rastreabilidade dos ingredientes, certificações ambientais e impacto social dos produtos. Uma comunicação consistente e fundamentada sobre sustentabilidade reforça a reputação corporativa e contribui para a fidelização dos consumidores.

A pesquisa “Green is the New Black”, divulgada pela Nielsen Brasil em 2020, apontou que 32% dos brasileiros priorizam saúde e sustentabilidade ao escolher seus produtos, sendo essa tendência mais evidente entre jovens e moradores de áreas urbanas. Esse comportamento estimula não só a procura por cosméticos sustentáveis, mas também por práticas de consumo consciente, como o reaproveitamento de embalagens, o uso de refis e a preferência por empresas engajadas em ações socioambientais (ECYCLE 2024).

Assim, a sustentabilidade no setor cosmético transcende a etapa produtiva, abrangendo também a logística reversa, a compensação das emissões de carbono, o uso de fontes renováveis de energia e a inclusão de comunidades tradicionais nas cadeias produtivas. Trata-se de uma abordagem sistêmica, na qual os impactos sociais e

ambientais são avaliados desde a concepção até o descarte do produto. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta cada vez mais empregada pelas empresas para medir e mitigar esses impactos (Coelho 2013; CIC 2010).

A biodiversidade brasileira representa um diferencial competitivo estratégico para a indústria cosmética. O país detém cerca de 20% da biodiversidade mundial, com mais de 50 mil espécies vegetais catalogadas, das quais apenas 2% são exploradas comercialmente (Borges et al. 2013). O uso sustentável desses recursos pode gerar valor agregado, fomentar cadeias produtivas sustentáveis e impulsionar a bioeconomia, desde que respeitados os princípios do acesso justo e da repartição de benefícios, conforme estabelecido na Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) e na Lei da Biodiversidade (Lei nº 13.123/2015).

A Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) estimula as empresas a investirem em pesquisa e desenvolvimento, focando em ativos naturais, tecnologias limpas e processos sustentáveis. Em parceria com o SEBRAE, a entidade divulgou que o setor de cosméticos naturais no Brasil cresce entre 8% e 25% ao ano, confirmando a expansão consistente desse segmento (ABIHPEC 2019).

Segundo um estudo de mercado da Mintel, 41% dos consumidores brasileiros preferem produtos HPPC com ingredientes naturais. Entretanto, o custo ainda é um obstáculo significativo, pois 80% dos entrevistados consideram o preço a principal barreira para a compra de cosméticos sustentáveis. Outros fatores importantes mencionados foram certificações “cruelty-free” (73%), ausência de substâncias tóxicas como bisfenol A (67%) e maior durabilidade dos produtos (63%) (ECYCLE 2024).

Pesquisas de comportamento do consumidor, como a conduzida por Cerqueira et al. (2013), indicam que fatores como marca, fragrância e recomendações de terceiros influenciam a decisão de compra. A busca por informações detalhadas sobre composição e benefícios também é relevante, ressaltando a importância de uma comunicação transparente, científica e acessível, especialmente quando se trata de apelos ecológicos.

No cenário internacional, o Brasil destaca-se no mercado de cosméticos naturais, respondendo por 18% a 22% do mercado global — fatia superior à dos Estados Unidos (3-4%) e da União Europeia (2-3%) (FACTOR/THE KLINE GROUP 2009). Nesse contexto, os produtos para cuidados com a pele lideram as vendas, seguidos por itens de higiene pessoal e tratamento capilar.

Entre os ativos brasileiros de maior potencial para a indústria cosmética estão o açaí, cupuaçu, murumuru, buriti, andiroba, castanha-do-pará e babaçu, conhecidos por

suas propriedades emolientes, antioxidantes, anti-inflamatórias e hidratantes. Além disso, matérias-primas exóticas como a jaca, com ação clareadora, e o bambu, com propriedades esfoliantes, têm sido incorporadas em formulações inovadoras (ABIHPEC 2009).

O mercado de cosméticos sustentáveis é também impulsionado pelo aumento da renda global e pela segmentação dos consumidores, cujas necessidades e preferências específicas estimulam a diversificação das linhas de produtos, o desenvolvimento de novas texturas, fragrâncias e funcionalidades, além da criação de cosméticos hipoalergênicos, orgânicos, dermatologicamente testados e certificados por selos reconhecidos internacionalmente, como Ecocert, Natrue e USDA (ECOCERT 2023; NATRUE 2019; USDA 2023; ABIHPEC 2019; SEBRAE 2019).

O avanço do setor é suportado por investimentos em pesquisa e desenvolvimento, parcerias com centros de inovação e cooperação com comunidades locais, fortalecendo a biotecnologia e valorizando o conhecimento tradicional. O uso de tecnologias como inteligência artificial, nanotecnologia e bioprospecção tem ampliado as possibilidades de criar cosméticos de alta performance, sustentáveis e personalizados (ABIHPEC, SEBRAE, 2019; Silva et al. 2022; OECD 2020).

Por fim, o futuro do mercado de cosméticos sustentáveis dependerá da capacidade da indústria em unir inovação tecnológica e responsabilidade socioambiental, utilizando recursos naturais de maneira ética, promovendo a educação do consumidor e cumprindo as exigências regulatórias com transparência e eficácia. Dessa forma, o setor poderá não apenas atender à crescente demanda por produtos conscientes, mas também contribuir ativamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente nas áreas de saúde, igualdade de gênero, consumo responsável e proteção da biodiversidade.

9. CONCLUSÕES

Com base na análise crítica da literatura revisada, é possível afirmar que o setor de cosméticos naturais e sustentáveis representa uma oportunidade estratégica para o Brasil, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. A vasta biodiversidade nacional, aliada ao avanço científico e tecnológico, oferece uma base promissora para a inovação em ingredientes ativos, formulações e processos produtivos mais limpos. No entanto, o avanço desse mercado requer o fortalecimento das políticas públicas, a modernização das normas regulatórias e o incentivo à pesquisa científica que comprove a eficácia e segurança dos insumos naturais.

Esta revisão evidencia a necessidade de integração entre ciência, indústria e comunidades tradicionais, a fim de garantir o uso ético e sustentável da biodiversidade brasileira. Destaca-se também a importância da atuação colaborativa entre os diversos atores do setor para superar barreiras de mercado, consolidar práticas sustentáveis e promover o reconhecimento internacional do Brasil como polo de inovação em cosméticos sustentáveis.

Assim, espera-se que esta síntese contribua para orientar futuras pesquisas, fomentar estratégias de desenvolvimento tecnológico e apoiar decisões políticas e empresariais voltadas à consolidação de um setor cosmético mais sustentável, ético e competitivo.

AGRADECIMENTOS

This study was funded by the following Brazilian fostering agencies: Foundation for the Support of Science and Technology of the State of Pernambuco (FACEPE), the Research and Development Program from National Agency of Electrical Energy (ANEEL), the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), and the Coordination for the Improvement of Higher Level Education Personnel (CAPES), Finance Code 001. The authors are grateful to the Escola UNICAP Icam Tech, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP) and Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI), Brazil.

REFERENCES

- BEERLING J. 2014. Green formulations and ingredients. In: SAHOTA A (Ed), Sustainability: How the Cosmetics Industry is Greening Up. London: John Wiley & Sons.
- FURMAN A, VEIT A, PALÁCIO M, GONÇALVES S & BARBIERI JCZ. 2022. Sustainability in the production process of the cosmetic industry: a literature review. Res Soc Dev 11(13): e586111335852.
- ABDEL-MAWGOUD AM, LÉPINE F & DÉZIEL E. 2010. Rhamnolipids: diversidade de estruturas, origens microbianas e papéis. Appl Microbiol Biotechnol 86: 1323–1336. doi:10.1007/s00253-010-2498-2.

ABDI. 2009. Foresight study: personal hygiene, perfumery and cosmetics industry. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial & Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Available at: <http://www.abdi.com.br/Estudo/XIII.pdf>. Accessed on November 23, 2023.

ABDI. 2014. Panorama do setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.

ABDI. 2023. Panorama do setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.

ABIHPEC. PESSOAL A–ABDIDH & COSMÉTICOS PE. 2009. Anuário 2009. São Paulo: Public Projetos Editoriais, 252p.

ABIHPEC. PESSOAL A–ABDIDH & COSMÉTICOS PE. 2019. Do vegano ao sem perfume: indústria de cosméticos aposta em segmentação. Available at: <https://abihpec.org.br/do-vegano-ao-sem-perfumeindustria-de-cosmeticos-aposta-em-segmentacao/>. Accessed on February 23, 2022.

ABIHPEC. PESSOAL A–ABDIDH & COSMÉTICOS PE. 2012. Anuário 2012. 3rd ed. São Paulo: Public Projetos Editoriais, 289p.

ABIHPEC. PESSOAL A–ABDIDH & COSMÉTICOS PE. 2010. Panorama do setor. São Paulo: Agência Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos.

ABIHPEC. PESSOAL A–ABDIDH & COSMÉTICOS PE. 2016. Panorama do setor. São Paulo: Agência Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos.

ABIHPEC. PESSOAL A–ABDIDH & COSMÉTICOS PE. 2011. Certificação orgânica: o que é e como obter. Available at: <https://abihpec.org.br/noticias/certificacao-organica-o-que-e-e-como-obter/>. Accessed on February 23, 2022.

ADU SA, NAUGHTON PJ, MARCHANT R & BANAT IM. 2020. Microbial biosurfactants in cosmetic and personal skincare pharmaceutical formulations. *Pharmaceutics* 12: 1099. <http://doi:10.3390/pharmaceutics12111099>.

BADI A, KHAN KS. 2014. Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos. *Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci* 3: 301–305.

ALMEIDA DD, SILVA MGC, NASCIMENTO BARBOSA R, SOUZA PEREIRA SILVA D, SILVA RO, SOUZA LIMA GM, GUSMÃO NB & QUEIROZ SOUSA MFV. 2017.

Biodegradation of marine fuel MF-380 by microbial consortium isolated from seawater near the petrochemical Suape Port, Brazil. *Int Biodeterior Biodegradation* 116: 73–82. <http://doi:10.1016/j.ibiod.2016.09.028>.

AMBAYE TG, VACCARI M, PRASAD S & RTIMI S. 2021. Preparation, characterization and application of biosurfactant in various industries: A critical review on progress, challenges and perspectives. *Environ Technol Innov* 24: 102090. <http://doi:10.1016/j.eti.2021.102090>.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2004. Guia de estabilidade de produtos cosméticos. In: *Cosméticos*. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Available at: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cosmeticos.pdf>. Accessed on November 27, 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Available at: <https://www.gov.br/anvisa>. Accessed on February 24, 2024.

ANVISA. 2015. Resolução RDC nº 07, de 10 de fevereiro de 2015: Dispõe sobre os requisitos técnicos para a regularização de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. Brasília: Diário Oficial da União, 21p.

BEZERRA KGO, RUFINO RD, LUNA JM & SARUBBO LA. 2018. Saponins and microbial biosurfactants: potential raw materials for the formulation of cosmetics. *Biotechnol Prog* 34: 1482–1493. <http://doi:10.1002/btpr.2682>.

BEZERRA KGO, GOMES UVR, SILVA RO, SARUBBO LA & RIBEIRO E. 2019. The potential application of biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* TGC01 using crude glycerol on the enzymatic hydrolysis of lignocellulosic material. *Biodegradation* 30: 351–361. <http://doi:10.1007/s10532-019-09883-w>.

BOM JS, RIBEIRO JHM & MARTO J. 2019. A step forward on sustainability in the cosmetics industry: a review. *J Clean Prod* 225: 270–290. <http://doi:10.1016/j.jclepro.2019.03.202>.

BORGES RCG, GARVIL MP & ROSA GAA. 2013. Produção de fitocosméticos e cultivo sustentável da biodiversidade no Brasil. *e-RAC* 3: 1.

BRASILEIRO PPF, ALMEIDA DG, LUNA JM, RUFINO RD, SANTOS VA & SARUBBO LA. 2015. Optimization of biosurfactant production from *Candida guilliermondii* using a Rotate Central Composite Design. *Chem Eng Trans* 43: 1411–

1416. <http://doi:10.3303/CET1543236>.

CÂMARA JMDA, SOUSA MASB, BARROS NETO EL & OLIVEIRA MCA. 2019. Application of rhamnolipid biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* in microbial-enhanced oil recovery (MEOR). *J Pet Explor Prod Technol* 9: 2333–2341. <http://doi:10.1007/s13202-019-0633-x>.

CAMPOS JM, SARUBBO LA, LUNA JM, RUFINO RD & BANAT IM. 2016. Use of (bio)surfactants in foods. In: *Biotechnological Production of Natural Ingredients for Food Industry*. Sharjah: Bentham Science Publishers, p. 435–459. Accessed on September 2, 2024.

CASTRO MJL, OJEDA C & CIRELLI AF. 2014. Avanços em surfactantes para agroquímicos. *Environ Chem Lett* 12: 85–95. <http://doi:10.1007/s10311-013-0432-4>.

CHAPRÃO MJ, SILVA RCFS, RUFINO RD, LUNA JM, SANTOS VA & SARUBBO LA. 2018. Production of a biosurfactant from *Bacillus methylotrophicus* UCP1616 for use in the bioremediation of oil-contaminated environments. *Ecotoxicology* 27: 1310–1322. <http://doi:10.1007/s10646-018-1982-9>.

CIRELLI AF, OJEDA C, CASTRO MJL & SALGOT M. 2010. Surfactants in sludge-amended agricultural soils: a review. In: *Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants*. p. 227–251. <http://doi:10.1007/s10311-008-0146-1>.

COOPER DG & GOLDENBERG BG. 1987. Surface-active agents from two *Bacillus* species. *Appl Environ Microbiol* 53: 224–229. <http://doi:10.1128/aem.53.2.224-229.1987>.

CORRÊA MA. 2012. *Cosmetologia: ciência e técnica*. São Paulo: Medfarma, p. 193–257.

COSENDEY VMP, NASCIMENTO ACM & FRANZINI CM. 2021. Desenvolvimento de cosméticos veterinários para higiene e beleza de cães de pelagem clara e análises macroscópica e microscópica dos fios. *Braz J Dev* 7: 51859–51870. <http://doi:10.34117/bjdv7n5-536>.

COSMETICINNOVATION. Available at: <http://cosmeticinnovation>. Accessed on September 2, 2024.

COSMOS-STANDARD. 2018. *Manual de Controle Referencial COSMOS: requisitos para acreditação e certificação*. Version 3. Brussels.

COUTEAU C, DIARRA Z, SCHMITT H & COIFFARD L. 2019. Study of the composition of 140 shampoos: similarities and differences depending on the sales channel used. *Eur J Dermatol* 29: 141–159. <http://doi:10.1684/ejd.2019.3531>.

COELHO CS. 2013. Parabens: convergências e divergências científicas e regulatórias. Available at: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/977699>. Accessed on September 2, 2024.

DATTA P, TIWARI P & PANDEY LM. 2020. Oil washing proficiency of biosurfactant produced by isolated *Bacillus tequilensis* MK 729017 from Assam reservoir soil. *J Pet Sci Eng* 195: 107612. <http://doi:10.1016/j.petrol.2020.107612>.

DAVEREY P & PAKSHIRAJAN K. 2009. Production, characterization, and properties of sophorolipids from the yeast *Candida bombicola* using a low-cost fermentative medium. *Appl Biochem Biotechnol* 158: 663–674. <http://doi:10.1007/s12010-008-8449-z>.

ALMEIDA DG, SILVA RCFS, LUNA JM, RUFINO RD, SANTOS VA, BANAT IM & SARUBBO LA. 2016. Biosurfactants: promising molecules for petroleum biotechnology advances. *Front Microbiol* 7: 1718. <http://doi:10.3389/fmicb.2016.01718>.

CERQUEIRA DAC, OLIVEIRA RCR, HONÓRIO JB & BERGAMO F. 2013. Comportamento do consumidor de cosméticos: um estudo exploratório. *Rev Formadores* 6: 128. Available at: <https://adventista.emnuvens.com.br/formadores/article/view/292>. Accessed on September 2, 2024.

MEDEIROS DAO, BARDONE E, MARZOCHELLA M, BRAVI M, SILVA MGC, ALMEIDA D, BRASILEIRO PPF & SARUBBO LA. 2020. Incorporation of natural surfactants in natural resin-based coatings and analysis of rheological behaviour to obtain natural antifouling agents. *Chem Eng Trans* 79. <http://doi:10.3303/CET2079033>.

DRAELOS ZD. 2013. Aging skin: the role of diet: facts and controversies. *Clin Dermatol* 31: 701–706. <http://doi:10.1016/j.clindermatol.2013.05.005>.

DRAKONTIS AM & AMIN S. 2020. Biosurfactants: formulations, properties, and applications. *Curr Opin Colloid Interface Sci* 48: 77–90.

D'SOUZA SK & RATHI P. 2015. Shampoo and conditioners: what a dermatologist should know? *Indian J Dermatol* 60: 248–254. <http://doi:10.4103/0019-5154.156355>.

ECOCERT. 2012. Referencial Ecocert para cosméticos naturais e orgânicos. Available at:

<http://brazil.ecocert.com/system/files/Referencial-Cosmeticos-Naturais-e-Organicos-Ecocert.pdf>. Accessed on November 23, 2023.

ECOCERT. Cosmos referential for natural and organic cosmetics. Available at: <http://www.brazil.ecocert.com/referencial-cosmos-para-cosmeticos-naturais-e-organicos/index.html>. Accessed on November 23, 2023.

ECYCLE. Cosméticos sustentáveis: o que são e como identificá-los. Available at: <https://www.ecycle.com.br/cosmeticos-sustentaveis/>. Accessed on June 2, 2023.

EMBRAPA/SOJA. 2011. Certificação. Available at: http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=16&op_page=102. Accessed on November 24, 2023.

EUROMONITOR. 2022. Disponível em: <<https://go.euromonitor.com/white-paper-EC-2022-Top-10-Global-Consumer-Trends-PG.html>>. Acessado em: 10 out. 2023.

GROUP FK. 2009. O mercado global de cosméticos naturais: análise da situação atual e tendências. In: Seminário de Atualização em Cosmetologia. São Paulo: Tecnopress.

FARIAS CBB, ALMEIDA FCG, SILVA IA, SOUZA TC, MEIRA HM, SILVA RCFS, LUNA JM, SANTOS VA, CONVERTI A, BANAT IM & SARUBBO LA. 2021. Production of green surfactants: market prospects. *Electron J Biotechnol* 51: 28–39. <http://doi:10.1016/j.ejbt.2021.02.002>.

FEI Z, ZHOU DW, YU GQ, GANG ZZ, LIU HF, YE JQ, YANG RZ, YE SQ, MU RZ & B [autor incompleto]. 2020. Low-toxic and nonirritant biosurfactant surfactin and its performances in detergent formulations. *J Surfactants Deterg* 23: 109–118. <http://doi:10.1002/jsde.12356>.

FENIBO EO, LIJOMA GN, SELVARAJAN R & CHIKERE CB. 2019. Microbial surfactants: the next generation multifunctional biomolecules for applications in the petroleum industry and its associated environmental remediation. *Microorganisms* 7: 581. <http://doi:10.3390/microorganisms7110581>.

FERREIRA DRMS. 2010. Estudo do pH da pele em cães saudáveis e cães com insuficiência renal crônica. Monografia (Graduação) – Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária. Available at: <https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/2770/1/>. Accessed on September 2, 2024.

FLOR J. 2017. Produtos com proteção solar: escolha correta de ingredientes. *Cosmet Toiletries (Brasil)* 26: 46–51.

FLOR J, MAZIN J & FERREIRA MLA. 2019. Cosméticos naturais, orgânicos e veganos. *Cosmet Toiletries (Brasil)* 31: 30–36.

FONTOURA DICC, SAIKAWA GIA, SILVEIRA VAI, PAN NC, AMADOR IR, BALDO C, ROCHA S & CELLIGOI MAPC. 2020. Antibacterial activity of sophorolipids from *Candida bombicola* against human pathogens. *Braz Arch Biol Technol* 63: e20180568. <http://doi:10.1590/1678-4324-2020180568>.

FORTUNEBUSINESSINSIGHTS. Pet care market overview. Available at: <https://www.fortunebusinessinsights.com/pet-care-market-104749>. Accessed on September 2, 2024.

FRANQUILINO E. 2022. Minimalistas por natureza. *Cosmet Toiletries* 34: 7–13.

FRANQUILINO E. Em ritmo de expansão. *Edição Temática Digital*: 3, 214024.

FURTADO BA & SAMPAIO DO. 2020. Cosméticos sustentáveis: quais fatores influenciam o consumo destes produtos? *Int J Bus Mark* 5: 36–54.

GADHAVE A. 2014. Determination of hydrophilic-lipophilic balance value. *Int J Sci Res* 3: 573–575.

GIRARDELLO APC, THEODORO V & FRANZINI CM. 2021. Estudo sobre as características e produção de cosméticos orgânicos. *Rev Cient FHO Uniararas* 9: 112–121. Available at: http://ibd.com.br/pt/NoticiasDetalhes.aspx?id_conteudo=146. Accessed on November 24, 2023.

GUDINA EJ, PEREIRA JFB, COSTA R, COUTINHO JAP, TEIXEIRA JA & RODRIGUES LR. 2013. Biosurfactant-producing and oil-degrading *Bacillus subtilis* strains enhance oil recovery in laboratory sand-pack columns. *J Hazard Mater* 261: 106–113. <http://doi:10.1016/j.jhazmat.2013.06.071>.

HAYES DG, SOLAIMAN DKY & ASHBY RD. 2019. *Biobased Surfactants: Synthesis, Properties, and Applications*. 2nd ed. Cambridge: Academic Press and AOCS Press. 541p. ISBN: 9780128127056.

HOA SVT & SANG NLL. 2017. Production and characterization of sophorolipids by *Candida bombicola* using catfish fat. *Nat Sci Technol* 14: 152–159.

CERTIFICAÇÕES I. 2022. Diretrizes para a certificação de produtos cosméticos e higiene pessoal. 8th ed. Botucatu. Available at: <https://www.ibd.com.br/guidelines-legislation/>. Accessed on November 24, 2023.

IBD-NATRUE. 2023. Available at: <https://www.ibd.com.br/natrue-certification/>. Accessed on November 23, 2023.

ISAAC GEA. 2016. O desenvolvimento sustentável do setor cosmético e o comportamento do consumidor frente aos cosméticos sustentáveis. Master's thesis. Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino – FAE. 137p.

IVANKOVIĆ T & HRENOVIĆ J. 2010. Surfaktanti u okolišu. Arh Hig Rada Toksikol 61: 95–109.

JIMOH AA & LIN J. 2019. Biosurfactant: a new frontier for greener technology and environmental sustainability. Ecotoxicol Environ Saf 184: 109607. <http://doi:10.1016/j.ecoenv.2019.109607>.

KANDASAMY R, RAJASEKARAN R, KV M & UDDIN SM. 2019. New trends in the biomanufacturing of green surfactants: biobased surfactants and biosurfactants. In: Next-generation Biomanufacturing Technologies. Washington: American Chemical Society, p. 243–260. <http://doi:10.1021/bk-2019-1329.ch011>.

KHONDEE T, TATHONG N, PINYAKONG S, MÜLLER O, SOONGLERDSONGPHA R, RUANGCHAINIKOM S, TONGCUMPOU C & LUEPROMCHAI C. 2015. Lipopeptide biosurfactant production by chitosan-immobilized *Bacillus* sp. GY19 and their recovery by foam fractionation. Biochem Eng J 93: 47–54. <http://doi:10.1016/j.bej.2014.09.001>.

KREGIEL D, BERLOWSKA J, WITONSKA J, ANTOLAK I, PROESTOS H, BABIC C, BABIC M & ZHANG L. 2017. Saponin-based, biologically active surfactants from plants. In: NAJAR R (Ed), Application and Characterization of Surfactants. London: InTech Open, p. 183–225.

CHANDAN FC, KUMAR PS & NGUEAGNI PT. 2021. A review on new aspects of lipopeptide biosurfactant: types, production, properties and its application in the bioremediation process. J Hazard Mater 407: 124827. <http://doi:10.1016/j.jhazmat.2020.124827>.

MAKINO HDC, NEVES HDC & SOUSA VR. 2014. Valores de pH de xampus de uso em cães. Enciclopédia Biosfera 10(19).

MANIGLIA E. 2012. Sustentabilidade e saúde do trabalhador. In: VIII Seminário de Saúde do Trabalhador e VI Seminário O Trabalho em Debate. UNESP/USP/STICF/CNTI/UFSC, Franca. 15p.

MARTINEZ-BURGOS WJ, SYDNEY EB, MEDEIROS ABP, MAGALHÃES AI, CARVALHO JC, KARP SG, VANDENBERGHE LPS, LETTI LAJ, SOCCOL VT, MELO PEREIRA GV, RODRIGUES C, WOICIECHOWSKI AL & SOCCOL CR. 2021. Agro-industrial wastewater in a circular economy: characteristics, impacts and applications for bioenergy and biochemicals. *Bioresour Technol* 341: 125795. <http://doi:10.1016/j.biortech.2021.125795>.

MELLO SN & CALLEBAUT B. 2011. Certificação orgânica. CEPLAC – Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira. Available at: <http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo6.htm>. Accessed on December 9, 2023.

MINTEL. 2022. Agência Global de Pesquisa e Inteligência de Mercado. Available at: <http://www.mintel.com>. Accessed on November 23, 2023

MOHANTY SS, KOUL Y, VARJANI S, PANDEY A, NGO HH, CHANG JS, WONG JWC & BUI XT. 2021. A critical review on various feedstocks as sustainable substrates for biosurfactants production: a way towards cleaner production. *Microb Cell Fact* 20: 120. <http://doi:10.1186/s12934-021-01613-3>.

MORITA T, ISHIHARA T, ARAKAWA M, YOKOTA K, NAKAGAWA S & IMANAKA Y. 2015. Sophorolipid biosurfactants: production and applications. *J Oleo Sci* 64: 57–64. <http://doi:10.5650/jos.ess14163>.

MOUAFI S, ELSOUD FA & MOHARAM ME. 2016. Optimization of biosurfactant production by *Bacillus brevis* using response surface methodology. *Biotechnol Rep* 9: 31–37.

NATRUE. 2023. CRITERIA. Available at: <https://natrue.org/our-standard/natrue-criteria-2/>. Accessed on November 24, 2023.

NATRUE. 2017. Natrue Label: requirements to be met by natural and organic cosmetics. Version 3.7. Brussels.

NATRUE. Who we are. Available at: <http://www.natrue.org/who-we-are/>. Accessed on November 23, 2023.

PAULINO B, PESSÔA G, MANO M, MOLINA M, NERI-NUMA G & PASTORE GM. 2016. Current status in biotechnological production and applications of glycolipid biosurfactants. *Appl Microbiol Biotechnol* 100: 10265–10293. <http://doi:10.1007/s00253-016-7980-z>.

PETA. Cruelty-free & Vegan Living & Lifestyle. Available at: <http://www.peta.org>. Accessed on November 5, 2023.

PIRES-OLIVEIRA R & JOEKES I. 2014. UV–vis spectra as an alternative to the Lowry method for quantify hair damage induced by surfactants. *Colloids Surf B Biointerfaces* 123: 326–330. <http://doi:10.1016/j.colsurfb.2014.09.035>.

RAWAT G, DHASMANA K & KUMAR AV. 2020. Biosurfactants: the next generation biomolecules for diverse applications. *Environ Sustain* 4: 353–369. <http://doi:10.1007/s42398-020-00128-8>.

RIBEIRO B, GUERRA J & SARUBBO LA. 2020. Biosurfactants: production and application prospects in the food industry. *Biotechnol Prog* 36: e3030. <http://doi:10.1002/btpr.3030>.

SILVA RE, MEIRA N, ALMEIDA H, SILVA FSD, ALMEIDA DG, LUNA JM, RUFINO RD, SANTOS VA & SARUBBO LA. 2019. Natural surfactants and their applications for heavy oil removal in industry. *Sep Purif Rev* 48: 267–281. <http://doi:10.1080/15422119.2018.1474477>.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ JM, RINCÓN-FONTÁN L, VECINO M, MOLDES X & CRUZ A. 2020. Biodegradability study of the biosurfactant contained in a crude extract from corn steep water. *J Surfactants Deterg* 23: 79–90. <http://doi:10.1002/jsde.12338>.

SAERENS KMJ, SAERENS K, TAN T, VAN BOGAERT INA & SOETAERT W. 2011. *Starmerella bombicola* as a platform organism for biotechnological production of biosurfactants and other biobased compounds. *Biotechnol Adv* 29: 682–690. <http://doi:10.1016/j.biotechadv.2011.05.014>.

SALEK K & EUSTON SR. 2019. Sustainable microbial biosurfactants and bioemulsifiers for commercial exploitation. *Process Biochem* 85: 143–155. <http://doi:10.1016/j.procbio.2019.06.027>.

SANTOS LD, LUNA J, RUFINO R, SANTOS R & SARUBBO LA. 2016. Biosurfactants: multifunctional materials of the XXI century. *Int J Mol Sci* 17: 401. <http://doi:10.3390/ijms17030401>.

SARUBBO JR, LUNA JM, RUFINO RD, SANTOS VA & BANAT IM. 2015. Some aspects of heavy metals contamination remediation and role of biosurfactants. *Chem Ecol* 31: 707–723. <http://doi:10.1080/02757540.2015.1095293>.

SARUBBO LA, SILVA L, DURVAL M, BEZERRA I, RIBEIRO K, SILVA B & BANAT IM. 2022. Biosurfactants: production, properties, applications, trends, and perspectives. *Biochem Eng J* 181: 108377. <http://doi:10.1016/j.bej.2022.108377> S–C6TPOSDBE. Disponível em: <>. Acesso em: 14 Fev. 2024.

SEBRAE/ESPM. 2008. Cosméticos à base de produtos naturais. Série Mercado. Available at: [http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/862CBABD9C9128BB832575530071B80F/\\$File/NT0003DCEA.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/862CBABD9C9128BB832575530071B80F/$File/NT0003DCEA.pdf). Accessed on October 10, 2023.

SILVAA, BANAT I, GIACHINI I & ROBL DF. 2021. Fungal biosurfactants, from nature to biotechnological product: bioprospection, production and potential applications. Springer. <http://doi:10.1007/s00449-021-02597-5>.

SILVA I, ALMEIDA I, SOUZA F, BEZERRA T, DURVAL K, CONVERTI I & SARUBBO LA. 2022. Oil spills: impacts and perspectives of treatment technologies with focus on the use of green surfactants. *Environ Monit Assess* 194(143). <http://doi:10.1007/s10661-022-09813-z>.

SILVA MGC & SARUBBO LA. 2022. Synthetic and biological surfactants used to mitigate biofouling on industrial facilities surfaces. *Biointerf Res Appl Chem* 12: 2560–2585. <http://doi:10.33263/BRIAC122.25602585>.

SILVEIRA V, FREITAS C & CELLIGOI MAP. 2018. Antimicrobial applications of sophorolipid from *Candida bombicola*: a promising alternative to conventional drugs. *J Appl Biol Biotechnol* 6(6): 88–90. <http://doi:10.19080/AIBM.2018.09.555753>.

SILVEIRA N, NISHIO V, FREITAS E, AMADOR CIR, KOBAYASHI R, CARETTA TO, JR FM & CELLIGOI MAPC. 2019. Production and antimicrobial activity of sophorolipid against *Clostridium perfringens* and *Campylobacter jejuni* and their additive

interaction with lactic acid. *Biocatal Agric Biotechnol* 21: 101287. <http://doi:10.1016/j.bcab.2019.101287>.

SIVAPATHASEKARAN C & SEN R. 2017. Origin, properties, production and purification of microbial surfactants as molecules with immense commercial potential. *Tenside Surfact Deterg* 54: 92–104. <http://doi:10.3139/113.110482>.

SILVA SDC, ALMEIDA DG, RUFINO RD, LUNA JM, SANTOS VA & SARUBBO LA. 2014. Applications of biosurfactants in the petroleum industry and the remediation of oil spills. *Int J Mol Sci* 15: 12523–12542. <http://doi:10.3390/ims150712523>.

SOUZA AAPZ & FRASSON APZ. 2010. Influência do armazenamento na estabilidade de condicionadores capilares. *Rev Contexto Saúde* 10(19): 51–58.

SOUZA TM, FIGHERA RA, KOMMERS GD & BARROS CSL. 2009. Aspectos histológicos da pele de cães e gatos como ferramenta para dermatopatologia. *Pesqui Vet Bras* 29: 177–190.

STOP THE WATER WHILE USING ME. 2015. Homepage. Available at: <http://stop-the-water-while-using-me.com/intl/>.

SVB. Selo Vegano. Available at: <https://www.selovegano.com.br/>. Accessed on November 5, 2023.

THIESEN LC. 2013. Desenvolvimento de derivados vegetais com potencial antioxidante de fotoprotetor. Master's thesis. Universidade do Vale do Itajaí, Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Itajaí.

TWIGG M, TRIPATHI M, ZOMPRA L, SALEK A, IRORERE V, GUTIERREZ T, SPYROULIAS G, MARCHANT R & BANAT IM. 2018. Identification and characterisation of short chain rhamnolipid production in a previously uninvestigated, non-pathogenic marine pseudomonad. *Appl Microbiol Biotechnol* 102: 8537–8549. <http://doi:10.1007/s00253-018-9202-3>.

URBINA A, ALGAR L, GARCIA-ASTRAIN I, GABILONDO C, GONZALEZ N, CORCUERA A, ECEIZA M & RETEGI A. 2016. Biodegradable composites with improved barrier properties and transparency from the impregnation of PLA to bacterial cellulose membranes. *J Appl Polym Sci* 133: 43669.

VAN BOGAERT INA, SAERENS K, DE MUYNCK C, DEVELTER D, SOETAERT W & VANDAMME EJ. 2011. Production of sophorolipids and their potential as

biosurfactants. *Appl Microbiol Biotechnol* 91(1): 45–57. <http://doi:10.1007/s00253-011-3288-9>.

VARJANI SJ & UPASANI VN. 2017. Critical review on biosurfactant analysis, purification and characterization using rhamnolipid as a model biosurfactant. *Bioresour Technol* 232: 389–397. <http://doi:10.1016/j.biortech.2017.02.047>.

VECINO LR, LÓPEZ XL, FERREIRA D, CRUZ JM, MOLDES AB & RODRIGUES LR. 2018. Bioactivity of glycolipopeptide cell-bound biosurfactants against skin pathogens. *Int J Biol Macromol* [http://doi:109: 971–979](http://doi:109:971-979). [10.1016/j.ijbiomac.2017.11.088](http://doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.11.088)

VIEIRA S, SANTOS I, RUZENE B & SILVA DP. 2021. An overview of current research and developments in biosurfactants. *J Ind Eng Chem* 100: 1–18. <http://doi:10.1016/j.jiec.2021.05.017>.

GADOW VC & AJEH F. 1997. Comparison of the antioxidant activity of rooibos tea (*Aspalathus linearis*) with green, oolong and black tea. *Food Chem* 60: 73–77.

WAGEMAKER TAL. 2017. Desenvolvimento de formulações cosméticas para animais de estimação: desafios e perspectivas. *Rev Inst Ciênc Saúde* 37: 272–275.

WANG H, KAUR G, TO M, ROELANTS SLKW, PATRIA RD, SOETAERT W & LIN CSK. 2020. Efficient in-situ separation design for long-term sophorolipids fermentation with high productivity. *J Clean Prod* 246: 118995. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118995>.

WANG SLKW, ROELANTS H, TO MH, PATRIA RD, KAUR G, LAU NS, LAU CY, VAN BOGAERT INA, SOETAERT W & LIN CSK. 2019. *Starmerella bombicola*: recent advances on sophorolipid production and prospects of waste stream utilization. *J Chem Technol Biotechnol* 94: 999–1007. <http://doi:10.1002/JCTB.5847>.

WILSON WF & STECK T. 2000. A modified HET-CAM assay approach to the assessment of anti-irritant properties of plant extract. *Food Chem Toxicol* 38: 867–872.

FAN XY, JING Z & CI HZ. 2012. Preliminary studies on surface properties and antioxidant activities of sophorolipids. *Sci Technol Food Ind* 33: 166–168.

ZAHED MM, MATINVAFA MA, AZARI A & MOHAJERI L. 2022. Biosurfactant, a green and effective solution for bioremediation of petroleum hydrocarbons in the aquatic environment. *Discov Water* 21: 1–20. <http://doi:10.1007/S43832-022-00013-X>.

ZHANG LL, LUO Q, MINXIANG J, WANG Z, HUANG L, WANG D, MANNAN X, PENG S & CHENG BZ. 2019. Natural halloysites-based Janus platelet surfactants for the formation of Pickering emulsion and enhanced oil recovery. *Sci Rep* 9(163): 1–8. <http://doi:10.1038/s41598-018-36352-w>.

GAO WJH. 2025. Study on the impact of environmental subsidies and green labels on greenwashing in sustainable production. *J Clean Prod* 486: 144531.

COUCEIRO HB, VIEIRA H, SINGH SK, DUA K, VEIGA F, PIRES PC, FERREIRA L & PAIVA-SANTOS AC. 2025. Promoting health and sustainability: exploring safer alternatives in cosmetics and regulatory perspectives. *Sustain Chem Pharm* 43: 101901. <http://doi:10.1016/j.scp.2024.101901>.

GOYAL NJF. 2021. Biocosmetics: technological advances and future outlook. *Environ Sci Pollut Res* 30(10). <http://doi:10.1007/s11356-021-17567-3>.

FRANQUILINO E. 2024. Mundo PET em ritmo de expansão. *Rev Neg Ind Beleza*, Tecnopress Editora. ISSN 1980-9832, n. 85, ano 19, julho.

MORE CI-K. 2025. Create More. Available at: <https://cosmeticinnovation.com.br/mercado-brasileiro-de-pet-care-crescera-mais-de-55-nos-proximos-5-anos/>. Accessed on February 8, 2025.

ABIMPET. Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. Available at: <https://abinpet.org.br/dadosdemercado/>. Accessed on August 6, 2022.

USA. 2011. Food & Drug Administration. United States Code 2006 Edition, Supplement 4, Title 21-Food and Drugs. Chapter 9, Federal Food, Drug and Cosmetic Act, Subchapter II, Definitions. Federal Register: sections 321 to 321d, p. 32.

BRASIL. 2015. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada-RDC N° 752 de 19 de setembro de 2022. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.

AJAYI SA, OLANIYI OO, OLADOYINBO TO, AJAYI ND & OLANIYI FG. 2024. Sustainable sourcing of organic skincare ingredients: a critical analysis of ethical concerns and environmental implications. *Asian J Adv Res Rep* 18(1): 65–91. <http://doi:10.9734/ajarr/2024/v18i1598>.

MENDONÇA BMR, ALVES PE & SANTOS EP. 2023. Cosméticos verdes: revisão bibliográfica acerca da tendência sustentável no desenvolvimento de cosméticos. *Res Soc Dev* 12(2): e4212239888. <http://doi:10.33448/rsd-v12i2.39888>.

BOZZA A, CAMPI C, GARELLI S, UGAZIO E & BATTAGLIA L. 2022. Current regulatory and market frameworks in green cosmetics: the role of certification. *Sustain Chem Pharm* 30: 100851. <http://doi:10.1016/j.scp.2022.100851>.

SECCHI M, CASTELLANI V, COLLINA E, MIRABELLA N & SALA S. 2016. Assessing eco-innovations in green chemistry: Life Cycle Assessment (LCA) of a cosmetic product with a bio-based ingredient. *J Clean Prod* 129: 269–281. <http://doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.073>.

DLAMINI MS & MAHOWA V. 2024. Investigating factors that influence the purchase behaviour of green cosmetic products. *Cleaner Respons Consum* 13: 100190. <http://doi:10.1016/j.clrc.2024.100190>.

WANG SJ, SHEN M & CHU M. 2021. Why is green consumption easier said than done? Exploring the green consumption attitude-intention gap in China with behavioral reasoning theory. *Cleaner Respons Consum* 2: 100015. <http://doi:10.1016/j.clrc.2021.100015>.

ROMERO V, KHURY E, AIELLO LM, FOGGIO M & LEONARDI GR. 2018. Diferenças entre cosméticos orgânicos e naturais: literatura esclarecedora para prescritores. *Surg Cosmet Dermatol* 10(3): 188–193. <http://doi:10.5935/scd1984-8773.20181031087>.

FONSECA-SANTOS B, CORRÊA BMA & CHORILLI M. 2015. Sustainability, natural and organic cosmetics: consumer, products, efficacy, toxicological and regulatory considerations. *Braz J Pharm Sci* 51(1): 17–26. <http://doi:10.1590/s1984-82502015000100002>.

THØGERSEN J. 2023. How does origin labelling on food packaging influence consumer product evaluation and choices? A systematic literature review. *Food Policy* 119: 102503. <http://doi:10.1016/j.foodpol.2023.102503>.

FRANCO-GIL ME, GRAÇA A, MARTINS A, MARTO J & RIBEIRO HM. 2024. Emollients in dermatological creams: early evaluation for tailoring formulation and

therapeutic performance. Int J Pharm 653: 123825. <http://doi:10.1016/j.ijpharm.2024.123825>.

SZABAN A, SZYMKOWIAK M & ZDZIENNICKA A. 2025. Unpacking consumer price perceptions: the role of sustainability and ethical labels in the cosmetics market. J Clean Prod 490: 144730. <http://doi:10.1016/j.jclepro.2025.144730>.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. 2021. Beauty and Personal Care: The Rise of Solid Formats. London. Accessed in April 2025.

COSENDEY AP et al. 2021. Cosméticos veterinários: avaliação da formulação, estabilidade e comercialização. Rev Ciênc Vet Saúde Pública 9(2): 38–47.

STEPAN COMPANY. 2021. STEPAN-MILD® 30 SF: Sulfate-Free Surfactant Blend for Mild Cleansing. Northfield, IL, USA. Accessed in March 2025.

ECOCERT. 2023. Natural and Organic Cosmetic Certification. L'Isle-Jourdain, France. Accessed on May 5, 2025.

NATRUE. 2019. The NATRUE Label – Guaranteeing Natural and Organic Cosmetics. Brussels, Belgium. Accessed on May 5, 2025.

USDA. 2023. USDA Organic Standards. Washington, D.C. Accessed on May 5, 2025.

SEBRAE. 2019. Perfil do Setor de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos no Brasil. São Paulo: ABIHPEC/SEBRAE.

SILVA RC, FONSECA-SANTOS B & CHORILLI M. 2022. Nanotechnology and nanocosmeceuticals: a review of market, regulatory, and innovation aspects. J Biomed Nanotechnol 18(1): 1–16.

OECD. 2020. Traditional Knowledge and the Convention on Biological Diversity: The Case of Cosmetics. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

CERTIFICAÇÕES I. 2019. Referencial IBD de Certificação de Produtos Cosméticos Naturais e Orgânicos. Botucatu: IBD.



FONSECA-SANTOS B, CORRÊA BMA & CHORILLI M. 2015. Sustainability, natural and organic cosmetics: consumer, products, efficacy, toxicological and regulatory considerations. Braz J Pharm Sci 51(1): 17–26. <http://doi:10.1590/s1984-82502015000100002>.



TABELAS



Tabela I. Definição das matérias-primas para produção de cosméticos (Furman et al., 2022, Beerling 2014).

Classificação das Matérias-primas	Definição
Sintético	Uma substância ou material produzido por processos químicos em laboratórios e que não ocorre naturalmente.
Natural	Qualquer material que seja colhido, extraído ou coletado e, em seguida, processado por meio de métodos físicos, como lavagem, descoloração, destilação, moagem, separação ou concentração, sem reação química, pode ser transformado em um ou mais produtos químicos, ainda reconhecíveis em relação ao material original.
De origem natural	Ingrediente em que uma matéria-prima natural é usada em um processo químico para produzir um novo(s) produto(s) químico(s) que, por si só, podem não estar disponíveis na natureza ou no material inicial.
Idêntico ao natural	Substância que foi produzida sinteticamente em laboratório, resultando em um material idêntico ao que ocorre naturalmente na natureza.
Orgânico	ingrediente natural cultivado sem o uso de fertilizantes sintéticos, pesticidas ou aditivos para ração animal. A agricultura orgânica adota práticas como rotação de culturas, manejo integrado de diretivas, uso de esterco animal e cultivo mecânico para preservar a saúde do solo e garantir nutrientes às plantas, além de controle de ervas indesejadas e indesejadas. Também proíbe o uso de Organismos Geneticamente Modificados (OGM), radiação e substâncias semelhantes.

Tabela II. Critérios definidos por diferentes organismos de certificação.

SELOS	CERTIFICADORA
	<p>ECOCERT</p> <p>Fundada na França em 1951, é uma organização independente e uma das mais confiáveis certificações internacionais para produtos orgânicos. Seus princípios são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A utilização de ingredientes biodegradáveis e recicláveis derivados de recursos renováveis e produzidos através de processos ecológicos. • Ausência de organismos geneticamente modificados (OGM), parabenos, nanopartículas, silício, PEG, perfumes e corantes sintéticos, fenoxietanol, ingredientes de origem animal. • Conter uma quantidade mínima de ingredientes naturais nos produtos obtidos na agricultura biológica. <p>Segundo a ECOCERT, os ingredientes naturais e orgânicos são divididos em 2 rótulos distintos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rótulo de Cosméticos Naturais e Orgânicos: Um mínimo de 95% de todos os ingredientes vegetais e um mínimo de 10% de todos os ingredientes da fórmula devem provir da agricultura orgânica. • Rótulo de Cosméticos Naturais: Um mínimo de 50% de todos os ingredientes vegetais e um mínimo de 5% de todos os ingredientes da fórmula devem provir da agricultura orgânica.
	<p>SOIL ASSOCIATION ORGANIC</p> <p>Os padrões do maior organismo de certificação orgânica do Reino Unido baseiam-se em princípios que visam maximizar a proporção de ingredientes orgânicos, minimizar ingredientes sintéticos, processamento mínimo de ingredientes e rotulagem clara, para que os consumidores possam fazer uma escolha informada sobre o produto que estão comprando. Existe também um critério para os produtos biológicos que devem ser considerados como não prejudiciais à saúde humana e ao ambiente em sua produção e utilização e não devem ser testados em animais.</p>

	<p>De acordo com a Soil Association Organic, os cosméticos são divididos em 2 categorias diferentes:</p> <p>Feito com xx% de ingredientes orgânicos: Deve conter pelo menos 70% de ingredientes orgânicos.</p> <p>Orgânico: Deve conter mais de 95% de ingredientes orgânicos.</p>
	<p>COSMOBIO</p> <p>Uma das associações mais importantes da França que certifica produtos ecológicos e cosméticos orgânicos que estão divididos em 2 rótulos:</p> <p>Rótulo BIO (Bio Label): Contém pelo menos 95% de ingredientes naturais ou criados a partir de fontes naturais. Contém pelo menos 95% de ingredientes vegetais orgânicos. Pelo menos 10% do produto é proveniente da agricultura orgânica.</p> <p>Etiqueta ecológica (ECO Label):</p> <p>Contém pelo menos 95% de ingredientes naturais ou criados a partir de fontes naturais. Contém pelo menos 50% de ingredientes vegetais orgânicos. Pelo menos 5% do produto é proveniente da agricultura orgânica.</p>
	<p>COSMOS</p> <p>O Padrão COSMOS (COSMetic Organic Standard) foi desenvolvido a nível europeu pela BDIH (Alemanha), Cosmebio & Ecocert (França), ICEA (Itália) e Soil Association (Reino Unido).</p> <p>De acordo com a norma Cosmos, foi acordado que se um ingrediente, tecnologia ou processo puder representar um risco para a saúde ou para o ambiente, não será permitido. Por esta razão, não são permitidos nanomateriais, OGM, irradiação e testes em animais.</p> <p>Produtos cosméticos com certificação orgânica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pelo menos 95% dos agro-ingredientes fisicamente processados têm de ser de produção biológica. Após um período transitório de 36 meses após a entrada em vigor desta norma (janeiro de 2010), os restantes agroingredientes fisicamente processados deverão ser de produção biológica se estiverem disponíveis (em quantidade e

	<p>qualidade);</p> <ul style="list-style-type: none"> • Após um período de transição de 60 meses após a entrada em vigor desta norma, pelo menos 30% dos agroquímicos processados quimicamente deverão ser de origem orgânica. • Pelo menos 20% do produto total deverá ser orgânico; • Excepcionalmente, para produtos de enxágue, produtos aquosos não emulsionados e produtos com pelo menos 80% de minerais ou ingredientes minerais, pelo menos 10% do produto total deverá ser orgânico. <p>Cosméticos sob certificação natural:</p> <p>Não há exigência de uso de um nível mínimo de ingredientes orgânicos.</p> <p>Esta norma define ainda um conjunto de requisitos ao nível do armazenamento, produção e acondicionamento e exige a existência de um Plano de Gestão Ambiental que abranja todo o processo produtivo e resíduos resultantes e resíduos, efetivamente implementado. A utilização de materiais de limpeza cujos ingredientes cumpram esta norma também é obrigatório.</p>
	<p>IBD</p> <p>Para que a certificação seja conferida pelo IBD, os produtos cosméticos devem apresentar as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ser formulado e desenvolvido com ingredientes orgânicos e naturais, considerando o máximo possível de sua composição; • preservar, sempre que possível, os ingredientes, evitando modificar as suas qualidades originais ou seu estado natural; • promover a redução do impacto ao ambiente, tanto no processo produtivo quanto no uso e descarte de materiais; • objetivar a alta qualidade dos produtos; • apresentar uma rotulagem clara aos consumidores; • elaborar produtos cosméticos que não utilizam testes em animais, sendo vetado o uso de testes em animais, tanto para o produto cosmético final quanto para seus ingredientes em separado;



- nenhum ingrediente poderá ser obtido por meio de processos que promovam o sacrifício de animais vertebrados;
- é permitido o uso de ingredientes que sejam obtidos por coleta em animais vivos, como o mel e o leite, porém, o processo deverá ser por meio de sistema orgânico de produção;
- o uso de organismos geneticamente modificados (OGM) é proibido;
- ser inócuo aos seres humanos.

Para o IBD Certificações (2022), “um cosmético pode ser classificado como sendo natural e ser certificado como tal se sua formulação contiver uma formulação composta por água e ingredientes naturais não-certificados, ou ingredientes permitidos para formulações naturais”, respeitando critérios de classificação de ingredientes, porcentagem de composição de água, assim como as listas de Materiais Autorizados pelo IBD e Lista de Ingredientes Proibidos, anexos ao Referencial de Certificação vigente (IBD CERTIFICAÇÕES, 2022). Ainda segundo o IBD Certificações (2022), um cosmético poderá ser classificado e certificado como natural se contiver “(em relação à formulação total) um mínimo de 20% de substâncias naturais não modificadas quimicamente e um máximo de 15% de substâncias naturais derivadas”, respeitando também os critérios de classificação de ingredientes, porcentagem de composição de água, assim como as listas de Materiais Autorizados pelo IBD e Lista de Ingredientes Proibidos, anexos ao Referencial de Certificação vigente.



NATRUE

A NATRUE é uma associação internacional sem fins lucrativos fundada em 2007 em Bruxelas, comprometida com a promoção e a proteção de cosméticos naturais e biológicos à escala internacional.

A NATRUE tem três níveis de certificação:

Cosmética Natural: as matérias-primas naturais quimicamente não modificadas devem ser de preferência de qualidade biológica

certificada. As substâncias processadas de origem natural só são permitidas quando nenhuma substância natural quimicamente não modificada pode substituir a sua função. As substâncias processadas de origem natural são sempre obtidas a partir de substâncias genuinamente naturais, com exclusão do petróleo.

Cosmética Natural Parcialmente Biológica: para além dos requisitos básicos dos cosméticos naturais, o produto deve conter (percentagem na fórmula completa) pelo menos 15% de substâncias naturais quimicamente não modificadas e não mais de 15% de substâncias processadas de origem natural. Pelo menos 70% das substâncias naturais de origem vegetal ou animal devem ser certificadas biológicas e/ou de colheita selvagem controlada, certificadas por um organismo ou autoridade de certificação devidamente reconhecido.

Biocosméticos: para além dos requisitos básicos dos cosméticos naturais, o produto deve conter (percentagens na fórmula completa) pelo menos 20% de substâncias naturais, quimicamente não modificadas e um máximo de 15% de substâncias processadas de origem natural, com exceção das barras de sabão.

Pelo menos 95% das substâncias naturais de origem vegetal ou animal – e, quando aplicável, substâncias transformadas de origem natural – contidas no produto devem provir de cultivo biológico controlado e/ou de colheita selvagem controlada, certificada por um organismo ou autoridade de certificação devidamente reconhecido.

O uso de embalagens deve ser limitado tanto quanto possível (Natrue, 2023).

LEGENDAS DAS FIGURAS

Figura 1. Empresas de higiene pessoal, perfumaria e cosmético no Brasil em 2023 (ABIHPEC 2023).

Figura 2. Panorama mundial do setor de higiene pessoal, perfumaria e cosmético em 2023 (ABIHPEC 2024).

Figura 3. Selo vegano da Sociedade Vegetariana Brasileira (SVB).

Figura 4. Selo vegano da People for the Ethical Treatment of Animals (PETA).



Figura 1

**Figura 2**



Figura 3



Figura 4

CAPÍTULO III

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO NO PERIÓDICO **Biocatalysis
and Agricultural Biotechnology - Qualis A1**

**Produção e Aplicação de Biossurfactante na Formulação de um
Xampu Sólido *Ecfriendly* para Animais de Estimação (*Pets*)**

Ana Paula Barbosa Cavalcanti^{a,c}, Gleice Paula de Araujo^{b,c}, Fabíola Carolina Gomes de Almeida^c,
Káren Gercyane de Oiveira Bezerra^{a,c}, Alessandra Guerrera Sarubbo^{c,d}, Rita de Cássia Freire
Soares da Silva^c and Leonie Asfora Sarubbo^{a,c,d,*}

^a *Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Rua do Príncipe, n. 526, Boa Vista, 50050-900, Recife – Pernambuco, Brazil*

^b *Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (RENORBIO/UFRPE), Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Zip Code: 52171-900, Recife – Pernambuco, Brazil*

^c *Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI), Rua Potyra, n. 31, Prado, 50751-310, Recife – Pernambuco, Brazil*

^d *Caprichar srl, Via Bellini, 27, Praia a Mare, 87028 Cosenza, Italy*

* Corresponding author: leonie.sarubbo@unicap.br
Tel.: +55 81 21194084.

Resumo

Atualmente, o desenvolvimento de processos ecológicos está direcionando as pesquisas para obtenção de novos compostos verdes, na tentativa de reduzir a dependência de recursos fósseis. Nesse contexto, o desenvolvimento de cosméticos sustentáveis, ou biocosméticos, tem sido cada vez mais explorada. Diante da perspectiva de fornecer um cosmético inovador para o crescente mercado de animais de estimação (*Pets*), este trabalho propôs o desenvolvimento de um xampu sólido (em barra) inovador, para uso em *Pets*,

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

formulado exclusivamente com ingredientes naturais, incluindo um surfactante microbiano como tensoativo da formulação. Nesse sentido, um biossurfactante foi inicialmente produzido pela levedura *Starmerella bombicola* ATCC 22214 cultivada em meio mineral contendo 10% de óleo de soja, 5% de glicose. O biossurfactante reduziu a tensão superficial da água de 72,0 mN/m para 33,0 mN/m após 8 dias de fermentação, com um rendimento de 53,35 g/L e Concentração Micelar Crítica (CMC) de 1000 mg/L. O biossurfactante se mostrou um bom emulsificante de óleos usados em formulações cosméticas. O índice HLB (balanço lipofílico-hidrofílico) mostrou a capacidade umectante do biossurfactante e sua tendência de formar emulsões do tipo óleo em água (O/A), com 50% de capacidade espumante. O ensaio de avaliação do potencial irritante indicou que o biossurfactante não induziu resposta irritante. A caracterização do biossurfactante, submetido a análises de FT-IR e RMN demonstrou a natureza glicolípídica e aniônica da biomolécula. Após obtenção do biossurfactante, o mesmo foi utilizado na formulação do xampu sólido, em combinação com outros surfactantes obtidos a partir de matérias-primas renováveis, o cocoil isetionato de sódio, também aniônico, e o coco glucosídeo, não iônico. O amido de milho e o álcool cetosteárilico foram usados para aumentar a viscosidade e a consistência da formulação. Este último também foi adicionado como agente condicionador, juntamente com óleo de côco, manteiga de Karité, glicerina, lactato de sódio e vitamina E, todos com efeito nutritivo e antioxidante. O lactato de sódio também foi utilizado como estabilizante e regulador do pH da formulação. O caprililglicol foi adicionado como conservante. Após o processo de obtenção do xampu, conduzido em cinco etapas pela mistura dos ingredientes agrupados de acordo com suas características, em banho aquecido sob agitação

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

constante (150-250 rpm) e controle de temperatura (35-85°C), as amostras do xampu foram moldadas e submetidas a diferentes análises. O pH foi monitorado ao longo de 20 dias e manteve-se estável, na faixa de 6,5-7,0, com baixo nível de umidade (9%), e sem alcalinidade livre. O xampu sólido apresentou 50% capacidade espumante e excelente conteúdo em sólidos (96,5%). O processo de lavagem de pelos de *Pets* sujos com sebo artificial demonstrou que o xampu foi capaz de remover 85% da gordura retida, deixando os pelos brilhosos e macios. A análise microbiológica não mostrou crescimento de unidades formadoras de colônias, bolores e leveduras. As amostras do xampu foram analisadas mensalmente, durante 6 meses, apresentando coloração estável, fragrância suave, coesão, ausência de rachaduras e aparência uniforme, além de uma rigidez aceitável na sua estrutura. O xampu também demonstrou baixo potencial de irritação ocular. A avaliação preliminar dos custos da formulação possibilitou o cálculo do preço do produto, que se mostrou abaixo dos preços praticados nas formulações líquidas tradicionalmente encontradas no mercado para *Pets*. Tendo em vista que não há nenhum produto similar no mercado, o xampu sólido produzido nesta pesquisa se mostra como uma inovação tecnológica e ambientalmente compatível, na medida em que é inédita, eficiente, natural e atóxica, e contribui com a redução do uso de embalagens plásticas e com o consumo de água.

Palavras-chave: biossurfactante; micro-organismos; biocosméticos; xampu sólido; formulação comercial.

1. Introdução

A sustentabilidade leva em consideração aspectos sociais, ambientais e econômicos em toda a cadeia produtiva de um produto para garantir um impacto totalmente positivo (Bom et al., 2019). Quando se trata de cosméticos naturais, sustentabilidade não se refere apenas à forma como os ingredientes são obtidos ou como o produto é produzido, mas também aos materiais utilizados durante sua produção e pós-produção. Para um cosmético sustentável, a sustentabilidade faz parte do DNA do produto, desde a idealização até o descarte (Bezerra et al., 2018; Sarubbo et al., 2022).

Os cosméticos sustentáveis, ou simplesmente biocosméticos, têm sido cada vez mais explorados. Formulados sem substâncias químicas agressivas e estabilizadores artificiais, os biocosméticos também contam com critérios rigorosos de produção, que obedecem aos princípios de respeito ao meio ambiente desde a seleção da matéria-prima até a chegada ao consumidor final (Setapar and Nasir, 2018; Gubitosa et al., 2019).

A crescente preocupação com as mudanças climáticas, com o desmatamento florestal e com a perda de biodiversidade, entre outros efeitos nocivos da ação humana sobre a natureza, tem impulsionado a biocosmética, que se traduz como um alento para quem quer cuidar de si e do planeta. Os biocosméticos também são chamados de cosméticos ecológicos, porque são feitos com substâncias naturais, como extratos de plantas, e/ou orgânicas. Por isso, sua formulação é livre de parabenos, ftalatos, BHA (2,3-terc-butil-4-hidroxianisol), BHT (di-terc-butil-hidroxitolueno), silicones, álcool, conservantes artificiais, triclosan, mercúrio, sódio, sulfatos, óleos minerais, parafinas e outros derivados de Petróleo. Além disso, os biocosméticos têm maior apelo

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

ecológico e contribuem menos com resíduos tóxicos e poluição do ar (ECYCLE, 2024).

O setor brasileiro de Higiene Pessoal, Cosmética e Perfumaria (HPPC) apresenta um crescimento acelerado, e uma participação no mercado mundial de 5%. Esses números garantem ao Brasil a quarta posição no ranking mundial, inferior apenas aos mercados norte-americano, chinês e japonês, primeiro, segundo e terceiro no ranking mundial, respectivamente, consoante os dados publicados pela ABIHPEC - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC, 2023).

O setor de higiene e cosméticos na área de animais de estimação (*Pets*), em especial, tem crescido intensamente. Segundo a agência Euromonitor Internacional, as vendas globais de produtos de *Pet care*, atingiram US\$ 50,6 bilhões em 2023, com variação de 6,07% em relação ao ano de 2022, e prevê crescimento de quase 34% nos próximos anos, devendo ultrapassar R\$ 67,8 bilhões em 2028 (COSMETIC INNOVATION, 2024).

O Brasil é o terceiro maior mercado *Pet* do mundo em faturamento, atrás de Estados Unidos e China. Em 2023, o país teve um faturamento de R\$ 68,7 bilhões, somando indústria, varejo, serviços e a criação de animais, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (ABINPET, 2023).

Aproveitando-se deste nicho de mercado, a indústria tem lançado diversos produtos com propostas de benefícios antes só oferecidos aos humanos como xampus clareadores, antialérgicos, máscaras de tratamentos, banhos relaxantes, desembaraçantes, dentre outros. Tais produtos, por serem isentos de registro, muitas vezes não apresentam uma pesquisa anterior sobre

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

as peculiaridades dos pelos, pele, lágrima e mucosas desses animais, tão pouco sobre veículos mais eficazes e seguros. Além disso, as referências na literatura são escassas e utilizam uma linguagem não facilmente entendível para os profissionais da área cosmética e dermatológica (Wagimaker, 2019).

As formulações para cães e gatos devem se caracterizar pelo uso de extratos rigorosamente selecionados, com benefícios comprovados por pesquisas científicas. Além dos extratos naturais, as composições de xampus para *Pets* têm ingredientes essenciais que complementam e potencializam seus benefícios. As formulações devem garantir hidratação e emoliência, ação calmante e regeneradora e proteção antioxidante. A fragrância é um dos aspectos mais relevantes na formulação, uma vez que os perfumes agradáveis para humanos podem ser irritantes ou desagradáveis para animais de estimação, que têm olfato mais sensível (Franquillino, 2024). As vitaminas, principalmente a vitamina E, com potencial antioxidante ou de “nutrição” dos fios também são encontradas na maioria das formulações (Wagimaker, 2019).

A avaliação da estabilidade de produtos tópicos isentos de registro é bastante controversa, pois não há uma regulamentação específica do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para estes (MAPA, 2005). A segurança dos produtos de uso tópico para *Pets* também é outro ponto carente de legislação, pois não existem normas para realização destes testes. Esta ausência de uma regulamentação pode causar sérios riscos à saúde dos animais e aos donos e pessoas responsáveis pelo cuidado destes animais. O Guia para a Condução de Estudos Não Clínicos de Toxicologia e Segurança Farmacológica Necessários ao Desenvolvimento de Medicamentos, o Guia para Avaliação de Segurança de Produtos Cosméticos ambos da Agência Nacional de Vigilância

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Sanitária (ANVISA) e a Lei de Princípios Éticos de Experimentação Animal (Lei 11.794/2008) podem auxiliar nos estudos de segurança (ANVISA, 2010). Assim como para os testes de segurança, não existe regulamentação para os testes de eficácia de produtos cosméticos para animais de estimação. Desse modo, tanto os testes de segurança quanto os de eficácia se constituem em um diferencial do produto no mercado.

A forma cosmética que mais se destaca nesse segmento é o xampu e suas variáveis, ou seja, produtos de limpeza com enxágue.

Um xampu é uma preparação de surfactante (substância ativa de superfície) em uma forma apropriada - líquido, sólido ou pó - que, quando aplicado sob as condições necessárias, removerá a gordura da superfície, a sujeira e os resíduos da pele, do fio do cabelo e do couro cabeludo sem prejudicar o usuário (Patel et al., 2023).

As formulações de xampu para o mercado *Pet* devem ser desenvolvidas para atender as necessidades dos animais e proporcionar limpeza, cuidado e embelezamento de modo prático. É importante desenvolver composições simples e suaves, com ingredientes de baixa toxicidade.

Nas formulações ou composições cosméticas, são encontradas substâncias ou grupos de substâncias que compõem as seguintes categorias: excipientes, princípios ativos, conservantes, corretivos, corantes, pigmentos e fragrâncias ou óleos essenciais (Rebello, 2017). A maioria dos xampus é formulada como soluções aquosas, emulsões, líquidos, loções, cremes, pastas, géis ou xampus secos (Siaan et al., 2014). Essas formulações geralmente contêm uma mistura de surfactantes primários e secundários para limpeza, construtores de viscosidade, solventes, agentes condicionadores, ajustadores

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

de pH e outros componentes, como fragrância e, eventualmente, cor como apelo comercial (Zhang et al., 2015).

Do ponto de vista químico e de formulação, os principais reagentes encontrados na composição dos xampus são uma mistura de tensoativos com propriedades de limpeza para remover a sujeira e a poeira do couro cabeludo e dos cabelos e/ou pelos, no caso de animais. A presença dessa mistura melhora o desempenho dos produtos, reduzindo o forte efeito de um único surfactante (Sinclair, 2007).

Uma vez que a barreira epidérmica de cães e gatos difere da barreira epidérmica humana, principalmente pela espessura da epiderme e do estrato córneo, é preciso dar atenção especial aos tensoativos escolhidos em formulações para limpeza e manutenção, de forma que quanto mais suave for o tensoativo, melhor (Campell, 2006; Franquilino, 2024).

A maioria dos xampus consiste basicamente numa solução contendo agentes tensoativos primários e secundários com propriedades emulsificantes em suas formulações, como descrito acima, e outros aditivos adequados para gerar benefícios à pele e tornar a aparência e consistência do produto atrativas (Couteau et al., 2019).

Os tensoativos ou surfactantes são compostos químicos anfipáticos que se particionam preferencialmente na interface de fases fluidas com diferentes graus de polaridade (Sarubbo et al., 2022). Dentre as principais propriedades dos surfactantes estão a capacidade de formar emulsões, espumas, suspensões, micro emulsões, propiciar umectação, formação de filmes líquidos e detergência de superfícies. Essas propriedades fazem com que os tensoativos possuam uma gama de aplicações que vai além da indústria de limpeza e

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

cosméticos, ocupando espaço também nas indústrias petroquímicas/Petróleo, têxteis, agrícolas, de tintas, farmacêuticas, de couro e de papel (Santos et al., 2016).

Na ação de limpeza do cabelo e pele, os tensoativos agem rompendo as interações intermoleculares entre a sujeira e o substrato, transportando-a para o meio aquoso (D'Souza; Rathi, 2015). Entretanto, a maioria dos surfactantes disponíveis comercialmente não é biodegradável e é tóxica ao ser humano e meio ambiente (Pires-Oliveira; Joekes, 2014). Os surfactantes sintéticos de origem sulfatada estão entre os mais utilizados em formulações de xampus; dentre eles estão o Lauril Sulfato de Sódio (LSS), Lauril Éter Sulfato de Sódio (LESS) e o Lauril sulfato de amônio. Com a popularização da informação de que os produtos “sulfatados” podem ser prejudiciais à saúde, a busca dos consumidores por formulações sem estes tensoativos tem aumentado, e em alguns rótulos já é possível encontrar o termo *sulfate-free*, se referindo a ausência de tensoativos sulfatados na composição (Draelos, 2013).

Sendo assim, a procura por surfactantes naturais como alternativa aos sintéticos torna-se necessária, visto que os surfactantes naturais possuem alta taxa de biodegradabilidade, toxicidade reduzida, compatibilidade com o meio ambiente, estabilidade térmica e resistência a condições extremas de salinidade e pH. Além disso, o aumento da preocupação ambiental entre os consumidores, combinada com as novas legislações de controle ambiental são outros fatores que incentivam o desenvolvimento de produtos com componentes naturais, a exemplo dos surfactantes verdes (Sarubbo et al., 2015).

Os surfactantes verdes são sintetizados por uma variedade de organismos vivos, como os micro-organismos, as plantas e os sais biliares

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

produzidos pelos animais, além dos sintetizados a partir de matérias-primas renováveis (Farias et al., 2021). Os micro-organismos, em especial, são capazes de produzir surfactantes com diferentes estruturas moleculares e atividades surfactantes usando diversos substratos como fonte de carbono, tais como carboidratos, hidrocarbonetos, gorduras e óleos. Esses surfactantes verdes são mais conhecidos cientificamente como biossurfactantes e são considerados uma das biomoléculas mais promissoras do século XXI (Santos et al., 2016).

A classificação dos biossurfactantes de origem microbiana é feita de acordo com a composição química e o tipo de micro-organismo produtor. As maiores classes incluem glicolipídeos, lipopeptídeos, surfactantes poliméricos, ácidos graxos, surfactantes particulados e fosfolipídeos (Santos et al., 2016). Vecino et al. (2017) afirmam que biossurfactantes microbianos exibem propriedades de superfície adequadas para aplicações cosméticas, especialmente incorporadas com as suas atividades biológicas.

O desenvolvimento de formulações utilizando biossurfactantes como ativos e/ou ingredientes é uma possibilidade promissora e o investimento em pesquisas para o desenvolvimento dessas biomoléculas tem grandes chances de resultar na aplicabilidade direta dos biossurfactantes em formulações inovadoras e seguras no mercado (Bezerra et al., 2018).

Os biossurfactantes glicolipídicos são uns dos mais promissores para uso em formulações cosméticas e apresentam várias vantagens, como toxicidade reduzida, alta biodegradabilidade, alta seletividade e aceitação ecológica. Dentre esses, os glicolipídeos do tipo soforolipídeos, que consistem, produzidos especialmente pela levedura *Candida (Starmerella) bombicola*, não têm efeitos de citotoxicidade e são aprovados pela Food and Drug Administration (FDA) para

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

aplicação em muitas indústrias (Farias et al., 2019; Ferreira et al., 2017). Os soforolipídeos possuem sua parte hidrofílica formada por uma molécula de soforose, unida por uma ligação β -glicosídica a uma longa cadeia de ácidos graxos, que compõem a sua parte hidrofóbica. A soforose é um dissacarídeo de glicose com uma ligação incomum β -1,2, que pode ser, no caso do soforolipídios, acetilado nas posições 6' e/ou 6". Em relação à cadeia de ácidos graxos, ela geralmente contém 16 ou 18 átomos de carbono, de forma que a extremidade carboxílica do ácido graxo pode estar livre (forma ácida, que é aniônica sob condições alcalinas) ou esterificada internamente na posição 4" ou na posição 6'/6" (forma lactônica, que é neutra) (Figura 1) (Van Bogaert; Soetaert, 2011).

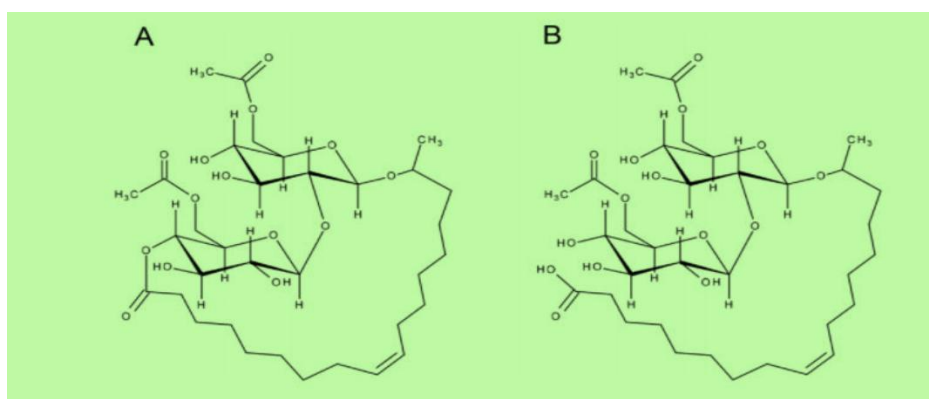


Fig. 1. Representação molecular de duas formas de soforolipídios.

A) Forma lactônica e B) Forma ácida.

Na área cosmética, os soforolipídios já foram implementados comercialmente como ingredientes ativos na formulação de produtos de cuidados pessoais, principalmente como agentes espumantes, emulsificantes, detergentes, agentes umectantes e estabilizadores (Fukuoka et al., 2007). O principal benefício dos soforolipídios usados em formulações cosméticas se

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

deve a sua baixa citotoxicidade em fibroblastos e queratinócitos humanos. Além disso, os soforolipídios aumentam a síntese de colágeno na derme da pele, atuando como um agente antienvhecimento na restrição de reparos e tonificação da pele (Aziz et al., 2021).

A produção de xampus, por outro lado, depende consideravelmente do uso de uma grande quantidade de água, o que contribui para o consumo elevado e para a contaminação deste recurso. A água utilizada nessas formulações corresponde a mais de 65% do volume total, podendo atingir percentuais de até 95%. Outro desafio relacionado aos xampus líquidos é a utilização de embalagens plásticas, que contribuem de forma expressiva com a geração dos resíduos plásticos descartados nos mananciais (Tamayo et al., 2024).

Desta forma, a crescente tendência para a sustentabilidade da indústria de cosméticos tem impulsionado o desenvolvimento de novas formulações, mais compactas e com reduzido conteúdo em água.

No mercado atual de xampus, as novas versões sólidas do produto estão ganhando cada vez mais destaque em função da praticidade e da possibilidade de serem formulados com ingredientes mais naturais e de alta performance, reduzindo o uso de ingredientes tóxicos e de embalagens plásticas (Bezerra et al., 2018). O xampu sólido é uma versão em barra do xampu líquido. A principal diferença é a apresentação do produto, que ao invés de estar contido em embalagens plásticas, vem em formato de uma barra seca. Os xampus sólidos não são produzidos pelo processo de saponificação, o qual leva soda cáustica, deixando o pH do cabelo alcalino, ao contrário do pH natural dos fios, o qual é ácido. Os xampus sólidos também se diferenciam dos líquidos com relação à concentração dos ingredientes ativos, que é muito maior que na versão líquida,

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

uma vez que as barras não levam água na composição. Como consequência, o crescimento de microrganismos é muito menor, reduzindo ao máximo a inclusão de alguns componentes químicos em sua produção para evitar a contaminação microbiana, que são normalmente tóxicos e persistentes no ambiente (Urbina et al., 2016; Patel et al., 2023).

Neste sentido, os cosméticos sustentáveis, pouco explorados no mercado brasileiro e ainda carentes de regulamentação nacional, podem representar um investimento próspero para o mercado brasileiro, pois são muito apreciados no cenário internacional. A elaboração de produtos sustentáveis possibilita o desenvolvimento de um futuro mercado consumidor assíduo de produtos cosméticos naturais brasileiros.

Desta forma, baseado nos conceitos, tendências e perspectivas atuais do mercado de *Pets*, uma formulação cosmética sustentável e inovadora de xampu sólido contendo biossurfactante e ingredientes naturais foi desenvolvida para uso em animais de estimação.

2. Materiais e Métodos

2.1. Produção do biossurfactante

A levedura *Starmerella bombicola* ATCC 22214 foi testada como produtora do biossurfactante. A manutenção da levedura foi realizada utilizando-se o meio Yeast Mold Ágar (YMA), com a seguinte composição: extrato de levedura (0,3%), D-glicose (1%), peptona (0,5%), ágar (2%) Água destilada q.s.p (100 mL). Os componentes foram solubilizados e esterilizados em autoclave a 121°C por 20 minutos. Quando excluído o ágar, constituiu o meio de crescimento, Yeast Mold

Broth (YMB).

O inóculo foi padronizado transferindo-se a cultura para um tubo contendo o meio YMB, a fim de se obter uma cultura jovem. Em seguida, a amostra foi transferida para frascos contendo 250 mL do meio YMB e incubados sob agitação de 200 rpm a 28 °C durante 48 horas. Após este período, foram realizadas diluições até se obter a concentração final de células de 10% (v/v).

A produção do biossurfactante foi realizada utilizando um meio constituído por 10% de óleo de soja, 5% de glicose, 0,5% de extrato de levedura, 0,1% de KH_2PO_4 , 0,07% de peptona, 0,05% de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e 0,01% de cloreto de sódio. A produção do biossurfactante foi realizada em Erlenmeyers de 2 L sob agitação orbital de 200 rpm à temperatura de 28°C durante o período de 8 dias (192 horas).

2.2. Isolamento do biossurfactante

O biossurfactante contido no líquido metabólico obtido após a fermentação foi extraído duas vezes com acetato de etila, na proporção 2:4 (v/v). Em seguida, o extrato recolhido no solvente foi centrifugado por 15 minutos a 4500 rpm para retirar o micro-organismo, e filtrado em papel Whatmann Nº 1 e colocado para secar em chapa aquecedora dentro da capela de exaustão. Após seco, adicionou-se álcool etílico 80% para dissolução e transferiu-se para um funil de separação. Adicionou-se hexano na proporção 1:3 (v/v) e agitou-se vigorosamente o conteúdo. A porção alcoólica foi recolhida e colocada para evaporar na estufa a 60° C até secar.

2.3. Determinação da tensão superficial e Concentração Micelar Crítica (CMC) do biossurfactante

A tensão superficial e CMC do biossurfactante foram medidas em tensiômetro KSV Sigma 700 (Finland) utilizando-se o anel de NUOY. A tensão superficial foi medida através da imersão do anel de platina no líquido e registrando-se a força requerida para puxá-lo através da interface ar-líquido.

2.4. Determinação da carga iônica do biossurfactante

A carga iônica do biossurfactante foi determinada pela técnica de difusão dupla em Agar modificada (Meylheuc; van Oss, 2001). Duas fileiras regularmente espaçadas de poços foram feitas em ágar de baixa viscosidade (solução a 1 %). Os poços das fileiras inferiores foram preenchidos com a solução do surfactante isolado. Cada poço da fileira superior foi preenchido com um composto puro de carga iônica conhecida. A substância aniônica selecionada foi o dodecil sulfato de sódio (SDS), na concentração de 0,02 M, enquanto a substância catiônica foi o cloreto de bário, na concentração de 0,05 M. O surgimento de linhas de precipitação entre os poços, indicativas do caráter iônico do biossurfactante, foi monitorado durante 48 horas a temperatura ambiente.

2.5. Determinação da atividade de emulsificação

Para a determinação da atividade de emulsificação, uma solução do biossurfactante isolado foi preparada na concentração de sua CMC, previamente determinada (1 g/L) para ser analisada segundo a metodologia descrita por Cooper e Goldenberg (1987): 3,0 mL de um substrato oleoso (óleo de coco, óleo de semente de uva, óleo de abacate, óleo de amêndoas e óleo de Neem) foram

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

adicionados a 3,0 mL da solução do biossurfactante em tubo graduado e a mistura foi agitada em vórtex por 2 minutos. A estabilidade da emulsão foi determinada após 24 horas e o índice de emulsificação foi calculado dividindo-se a altura da emulsão pela altura total da mistura e multiplicando-se por 100 para fornecer o percentual da emulsão formada no tubo.

2.6. Determinação do balanço hidrofílico-lipofílico (HLB)

O HLB foi determinado para o biossurfactante através de uma rápida determinação de estabilidade de emulsão (Gadhav, 2014). Óleo mineral com HBL de 10,5 foi usado como fase oleosa e os surfactantes não-iônicos Tween 20 (HLB = 16,7) e Tween 80 (HLB = 15,0), usados como co-emulsificantes juntamente com o biossurfactante. A estabilidade das emulsões de óleo mineral e água preparadas com várias misturas de emulsificantes foi calculada após 3-5 minutos de centrifugação a 10000 rpm. O valor de HLB do biossurfactante foi calculado a partir das emulsões mais estáveis, de acordo com a Equação 1 (Equação de Griffin):

$$\text{HLB do óleo mineral} = \frac{(W_{\text{tween}} \times \text{HLB}_{\text{tween}} + W_{\text{biossurfactante}} \times \text{HLB}_{\text{biossurfactante}})}{(W_{\text{tween}} + W_{\text{biossurfactante}})} \quad (1)$$

Onde W é o peso (quantidade) do emulsificante e o HLB é o valor para o emulsificante, enquanto o HLB do óleo mineral é o valor requerido para o tipo de emulsão desejada.

A solubilidade em água e o balanço hidrofílico/lipofílico (HLB) podem ser assim classificados: sem capacidade de se dispersar em água: 1-4; pouca dispersibilidade em água: 3-6; dispersão leitosa instável após emulsificação: 6-

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

8; dispersão leitosa estável: 8-10; dispersão entre translúcida e clara: 10-13; solução clara >13.

A aplicação de surfactantes de acordo com a faixa HLB, por sua vez, pode ser assim classificada: 4-6: emulsificantes do tipo água em óleo (A/O); 7-9: agentes umectantes; 8-18: emulsificantes do tipo óleo em água (O/A); 13-15: detergentes e 10-18: solubilizantes.

2.7. Teste de formação de espuma e de dispersão de sujeira do biossurfactante

Para determinar a capacidade de formação de espuma do biossurfactante, foram utilizados 50 mL de solução do biossurfactante na CMC (1 g/L), colocados em um cilindro graduado de 250 mL, o qual foi coberto para posterior agitação durante 10 vezes em intervalos de 1 minuto. Os volumes totais dos conteúdos de espuma após 1 minuto de agitação foram registrados e calculados através da divisão da altura da espuma pela altura total da solução e multiplicando-se por 100 para fornecer o percentual da espuma formada no tubo (Al Badi; Khan, 2014).

Para determinar a capacidade de dispersão de sujeira do biossurfactante, uma gota de tinta nanquim foi adicionada a um tubo de ensaio contendo 10 mL da solução de 1% do biossurfactante. Em seguida, o tubo foi tampado e agitado manualmente dez vezes. Para fins de comparação, o surfactante aniônico cocoil isetionato de sódio foi utilizado. A quantidade de tinta na espuma foi determinada como: nenhuma, leve, moderada ou pesada (AL BADI; KHAN, 2014).

2.8. Teste de toxicidade (teste da membrana corioalantóide do ovo embrionado)

O teste HET-CAM de irritabilidade do biossurfactante e do xampu aos olhos, ambos na concentração de 1,0% em membrana corioalantóide (CAM) do ovo de galinha foi realizado segundo protocolo descrito por Wilson e Steck (2000), tendo como controle positivo a solução de lauril sulfato de sódio (LSS), na concentração de 1,0%, dissolvidos em tampão fosfato salino (PBS), e controle negativo, a solução tampão fosfato salino. O volume aplicado foi de 0,2 mL e as alterações na membrana foram observadas por 300 segundos, registrando-se o tempo de início das eventuais lesões. A irritabilidade foi avaliada observando-se os parâmetros de hemorragia (sangramento dos vasos), lise vascular (desintegração dos vasos sanguíneos) e coagulação (desnaturação proteica intra e extravascular), de acordo com o Interagency Coordinating Committee on the Validation of Alternative Methods (ICCVAM, 2010). O índice de irritação (II) foi calculado usando a Equação 2, em que H corresponde ao tempo, em segundos, necessário para início de hemorragia, L o tempo para ocorrência de lise e C o tempo de início de coagulação (Steiling et al., 1999).

$$II = \left[(301 - H) \times \frac{5}{300} \right] + \left[(301 - L) \times \frac{7}{300} \right] + \left[(301 - C) \times \frac{9}{300} \right] \quad (2)$$

As análises foram repetidas por 3 vezes. O potencial de irritação foi definido conforme descrito abaixo:

0.0–0.9 Não-irritante

1.0–4.9 Pouco irritante

5.0–8.9 Moderadamente irritante

9.0–21.0 Irritante

2.9. Caracterização estrutural do biossurfactante

A caracterização química do biossurfactante isolado dissolvida em clorofórmio deuterado (CDCl_3) foi realizada por análise de ressonância magnética nuclear (RMN). Para isso, dados de RMN 1D foram adquiridos a 298 K em DMSO- d_6 em um espectrômetro de RMN Bruker AVANCE III 400 (Bruker BioSpin GmbH, Rheinstetten, Alemanha) operando a 9,4 T, observando ^1H e ^{13}C a 400 e 100 MHz, respectivamente. O espectrômetro de RMN foi equipado com uma sonda de detecção direta de 5 mm com gradiente z. Todos os deslocamentos químicos de RMN de ^1H e ^{13}C (δ) foram dados em ppm relacionados ao sinal de TMS a 0,00 como referência interna. Os espectros foram processados no software TOPSPIN. O biossurfactante isolado foi dissolvido em metanol para permitir a análise em um espectrômetro FT-IR (Bruker IFS66, Karlsruhe, Alemanha) na região espectral de 4000 a 400 cm^{-1} . A precisão foi mantida na faixa de número de onda de -0,1 a +0,1 cm^{-1} (Varjani; Upasani, 2016; 2017).

2.10. Formulação do xampu sólido para Pet contendo o biossurfactante

Os ingredientes utilizados durante os experimentos estão ilustrados na Tabela 1, que descreve a designação das substâncias sob a nomenclatura INCI (*International Nomenclature Cosmetic Ingredient*).

Tabela 1

Lista de ingredientes utilizados na formulação do xampu sólido para *Pets*.

Função	Nome comercial	Nomenclatura INCI (International Nomenclature Cosmetic Ingredient)	Estado físico
Surfactantes	Cocoil Isetionato de sódio	Sodium Cocoyl Isethionate	Pó ou flocos
	Coco Glucosídeo	Coco Glucoside	Líquido
	Biossurfactante microbiano	Glycolipid	Líquido
Agentes condicionadores	Óleo de Côco	Coconut Oil	Líquido
	Manteiga de Karité	Shea Butter	Sólido
	Glicerina vegetal	Glycerin	Líquido
	Lactato de sódio	Sodium Lactate	Líquido
Solidificantes	Amido de milho	<i>Zea mays</i> Starch	Sólido
	Alcool cetosteárico	Cetearyl Alcohol	Pó ou flocos
Conservantes	Caprilil glicol	Caprylyl Glycol	Pó
Antioxidante	Vitamina E 0,5%	Tocopheryl Acetate	Líquido
Outros	Água	Water	Líquido

Os ingredientes foram processados em quatro fases, designadas como A, B, C, D e E, conforme a Tabela 2. Os percentuais dos componentes da fórmula foram mantidos sob sigilo, tendo em vista que a formulação está sendo patenteada.

Tabela 2

Ingredientes da formulação de xampu sólido

FASES	INGREDIENTES
A	Coco Glucosídeo Glicerina Lactato de Sódio Decil glucosídeo
B	Cocoil Isetionato de Sódio
C	Óleo de Côco Manteiga de Karité Álcool Cetosteárico Biossurfactante
D	Amido de Milho
E	Caprilil Glicol Vitamina E

Na fase A, os ingredientes foram previamente pesados e adicionados juntos em um béquer. O béquer foi colocado em banho-maria a 80°C, sob agitação. Em seguida, o ingrediente da fase B foi lentamente adicionado, sendo a agitação intensificada, até obtenção de um composto leitoso levemente viscoso, sendo a mistura mantida no banho.

Na fase C, a manteiga foi pesada e aquecida de mesma forma e, em seguida, os demais ingredientes dessa fase foram devidamente pesados e adicionados. Os ingredientes da fase C foram colocados juntos em um béquer. O béquer foi colocado em banho-maria a 80°C, até a dissolução de todos os componentes. A fase C foi então adicionada à mistura (fases A e B) misturando-se rapidamente e mantendo a mistura em banho aquecido, até que uma mistura espessa fosse formada.

Na sequência, o ingrediente da fase D foi incorporado à mistura (fases A, B e C). A mistura foi agitada até a obtenção de uma mistura homogênea. Após a obtenção de uma mistura homogênea, a mesma foi resfriada a 40°C e os componentes da fase E foram adicionados.

Com a formulação pronta e sob agitação, a mesma teve seu pH ajustado para 6,0-6,5 com lactato de sódio e foi transferida para moldes redondos (6,3 cm de diâmetro e 2,2 cm de altura), prensadas a frio e resfriadas. Os xampus assim obtidos foram mantidos dentro dos moldes durante 48 horas a uma temperatura e umidade correspondentes às condições atmosféricas. Esses parâmetros foram monitorados com um termômetro externo. Após 48 horas dentro dos moldes, os xampus foram retirados dos moldes e colocados em bandejas dentro do almoxarifado em temperatura ambiente.

2.11. *Caracterização do xampu sólido*

Para realizar a caracterização do xampu sólido, ensaios físico-químicos de determinação do pH, alcalinidade livre e umidade, além dos ensaios organolépticos de aspecto, cor e odor, sugeridos no Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos desenvolvido pela ANVISA e ensaios microbiológicos para determinação de contagem total bacteriana, de fungos e de patógenos, foram realizados (ANISA, 2010).

2.12. *Determinação do pH do xampu sólido*

A determinação do pH foi realizada no dia de produção e após 48 horas, 10 dias e 21 dias de cura, diluindo aproximadamente 10 g de amostras dos xampus sólidos em 100 mL de água deionizada. A solução foi aquecida em um béquer de 250 mL com o auxílio de uma chapa aquecedora, até completa dissolução e, após o resfriamento à temperatura ambiente (28°C), o pH foi medido em pHmetro digital (ANVISA, 2010).

2.13. *Análises visuais do xampu formulado (controle de qualidade)*

Conforme o método descrito no Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos da ANVISA (2010), a análise de cor pode ser realizada por meio visual. No presente estudo, foi realizada uma análise visual para avaliar a uniformidade de três amostras do xampu sob condições de luz “branca” natural. O odor das triplicatas também foi avaliado através do olfato (ANVISA, 2010).

2.14. *Determinação do teor de água do xampu sólido*

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Testes de peso seco foram realizados em algumas amostras, para determinar seu conteúdo em água e voláteis. A secagem foi realizada para 3 réplicas de diferentes formulações. Primeiramente, 5 g de amostra foram trituradas, colocadas em placa de Petri e pesadas em balança analítica antes da secagem. Em seguida, a amostra foi seca a uma temperatura de aproximadamente 106°C em estufa até peso constante (cerca de 4 horas). Após a secagem, a amostra foi resfriada em dessecador por cerca de 20 minutos, a fim de evitar a absorção de água e permitir o resfriamento da amostra.

O procedimento de verificar a massa da amostra seca após colocação na estufa por mais 30 minutos à 105 °C foi repetido até estabilização e completa remoção de umidade, para calcular o percentual de água, de acordo com a Equação 3:

$$\text{Percentual de umidade \%} = [(P_f - P_i) / P_a] * 100 \quad (3)$$

Onde P_f = massa final (placa + amostra); P_i = massa inicial (placa + amostra) e P_a = massa da amostra

2.15. Alcalinidade livre no xampu sólido

Para a análise de alcalinidade livre, 5 g de amostra, previamente triturada com o auxílio de pistilo, foi colocada em um béquer de 250 mL. À parte, aproximadamente 200 mL de etanol foi neutralizado com hidróxido de sódio 0,1N, usando duas gotas de fenolftaleína como indicador. O etanol foi aquecido com o auxílio de chapa aquecedora, e quando atingir a fervura, cerca de 50 a 100 mL foi transferido para dissolver os 5 g de amostra. Após verificar a homogeneidade da solução, a mesma foi filtrada à vácuo com funil de *Buchner*.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

O béquer e o funil foram lavados com o restante do etanol aquecido. O filtrado foi transferido para um Erlenmeyer de 500 mL e titulado com solução volumétrica de ácido clorídrico 0,1N até o desaparecimento da cor rosa (ANVISA, 2010). O resultado foi determinado de acordo com a Equação 4:

$$C = (V * Fc * 0,004 * 100) / m \quad (4)$$

Onde C = teor (m/m) de alcalinidade livre (em hidróxido de sódio); V= volume do titulante gasto na amostra (mL); Fc = fator de correção do titulante e m = massa da amostra em gramas

Conforme o Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos da ANVISA (2010), se o filtrado estiver incolor, isto indica a ausência de alcalinidade livre, podendo ser determinada a acidez livre em ácido oleico. Nesse caso, foi titulado com solução volumétrica de hidróxido de sódio 0,1N até atingir a coloração rosa e a Equação 5 foi utilizada:

$$C = (V * Fc * 0,028245 * 100) / m \quad (5)$$

Onde C = teor (m/m) de acidez livre (em ácido oléico); V= volume do titulante gasto na amostra (mL). Fc = fator de correção do titulante e m = massa da amostra (g)

2.16. *Teste de formação de espuma e de dispersão de sujeira do xampu sólido*

Em um tubo de ensaio contendo 10 mL de água destilada, foram adicionadas duas gotas de solução de xampu em barra (10% m/v). Depois de adicionar uma gota de tinta nanquim, o tubo de ensaio foi coberto e agitado dez

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

vezes. Nenhuma tinta, leve, moderada ou pesada foi considerada presente na espuma (Al Badi; Kan 2014).

Para determinar a capacidade de formação de espuma, foram utilizados 5 g do xampu, colocados em uma proveta graduada de 150 mL, a qual foi coberta para posterior agitação durante 10 vezes em intervalos de 1 minuto. Os volumes totais dos conteúdos de espuma após 1 minuto de agitação foram registrados e calculados através da divisão da altura da espuma pela altura total da solução e multiplicando-se por 100 para fornecer o percentual da espuma formada no tubo (Al Badi; Khan, 2014).

2.17. *Determinação do percentual de conteúdo sólido do xampu*

Um prato de evaporação limpo e seco (vidro de relógio) foi pesado e 2 gramas de xampu em barra foram colocados nele. O prato de evaporação com uma barra de xampu foi colocado na placa quente e deixado evaporar o componente líquido. Após a secagem, foi calculado o peso do conteúdo sólido do xampu em barra. Uma barra de xampu de boa qualidade deve ter de 20 a 30% de sólidos (Al Badi; Kan 2014).

2.18. *Ação de limpeza do xampu (lavagem do pelo)*

A ação de limpeza foi realizada tendo como base as metodologias de Thompson et al. (1985) e Azadbakht et al. (2018).

A lavagem foi realizada após contaminação das mechas de pelos de cães (*Canis lupus familiaris*), obtidas em *Pet shops*, com sebo artificial, cuja composição foi: óleo de oliva 20%, óleo de coco 15%, ácido oleico 30%, parafina 15% e óleo de jojoba 20%.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Uma mecha de pelo foi separada em mechas iguais com 5 cm de comprimento e 2,0 g. As mechas foram mergulhadas até a metade em uma solução de 2% do sebo artificial dissolvido em hexano (as mechas foram agitadas manualmente a cada 5 minutos enquanto expostas à solução de sujidade e removida após 20 minutos), e pesadas após secagem completa.

Em seguida as mechas foram molhadas em água corrente por 5 segundos de cada lado, e foi passado 4 vezes de cada lado o xampu sólido sobre as mechas. Após a aplicação do xampu, as mechas foram friccionadas com as mãos, de maneira mais uniforme possível, 15 vezes de cada lado.

Após essa etapa, as mechas foram enxaguadas com água morna (40°C) por 10 segundos de cada lado, e após secagem completa foram pesadas. O percentual de remoção do sebo foi determinado de acordo com a Equação 6:

$$\text{Remoção do sebo (\%)} = 100 \times (W_1 - W_2) / (W_1 - W_3) \quad (6)$$

Onde W_1 é massa da mecha mergulhada no sebo, W_2 é massa da mecha após lavagem, e W_3 é a massa inicial da mecha (sem sebo).

2.19. Análise microbiológica do xampu sólido

Os ensaios microbiológicos são capazes de determinar o número total de bactérias e fungos presentes em produtos e matérias-primas não estéreis. Para realizar o controle microbiológico dos xampus, foram utilizados os meios de cultura ágar caseína-soja, para o crescimento de bactérias (mesófilos), e ágar Sabouraud-dextrose, para o crescimento de fungos (bolores e leveduras), dispostos em placas de *Petri*, através do método de contagem em placa. Para o preparo do diluente de solução salina peptonada tamponada (SSPT), foram

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

utilizados os reagentes fosfato de potássio monobásico, fosfato de sódio dibásico, cloreto de sódio e peptona. Todos os meios e diluentes foram esterilizados em autoclave a 121 °C por 15 minutos (ANVISA, 2010).

Cada amostra (10 g) de xampu sólido triturado foi diluída em 90 mL de SSPT, previamente aquecida a 43°C. Esta solução foi submetida a sucessivas diluições em tubos de ensaio, até a diluição de 1000 vezes. Dessa diluição, 1 mL foi transferido para as placas de Petri e, em seguida, 15 mL de ágar caseína-soja foram adicionados e 15 mL de ágar Sabouraud-dextrose, ambos mantidos a 47°C.

As placas contendo ágar caseína-soja foram incubadas a 35°C por 4 dias e, àquelas contendo ágar Sabouraud-dextrose a 25°C por 7 dias.

O crescimento de micro-organismos nas placas foi monitorado para verificar o surgimento de colônias que pudessem representar a presença de micro-organismos com potencial patogênico (*Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*), uma vez que estes microrganismos não devem estar presentes em preparações de uso tópico e em produtos de higiene íntima (ANVISA, 2010), além de serem citados entre os principais contaminantes de produtos cosméticos (Araujo, 2013).

2.20. Teste de prateleira do xampu sólido (*shelf life*)

Ao longo de um mês, todas as barras de xampu foram retiradas e armazenadas em temperatura ambiente (28-30°C), bem como no refrigerador (4°C). As amostras foram analisadas mensalmente, durante 6 meses. Foram avaliadas as características organolépticas (aspecto, cor, odor) e características físico-químicas (pH) (ANVISA, 2004). A estabilidade (ausência de alterações

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

físicas e química) foi determinada para uma escala de 0 a 5, onde 0 significa quimicamente e fisicamente instável e 5 significa quimicamente e fisicamente estável.

2.21. Viabilidade econômica do xampu sólido

A avaliação dos custos foi realizada considerando o valor das matérias-primas utilizadas nas formulações, obtido de diferentes empresas que comercializam os produtos com grau cosmético/farmacêutico, e o *Markup*, que possibilitou calcular o preço que o produto poderá ser cobrado na sua venda, definindo a diferença entre o que a empresa gastará para produzi-lo e quanto ela irá faturar quando vendê-lo.

2.22. Embalagem e rótulo do xampu sólido

A equipe de design do Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação - IATI, ICT parceira desse trabalho, criou a embalagem para o xampu. Para tal, foi relevante resumir todas as informações importantes que deveriam constar da embalagem: (1) massa do xampu e sua composição na nomenclatura INCI. (2) breve descrição das características mais relevantes do xampu; (3) selo de produto vegano sem sulfatos, plásticos e silicones; (4) equivalência entre o xampu sólido e o xampu líquido comum, em termos de quantidade e (5) instruções de uso e os cuidados envolvidos no xampu.

2.23. Análises estatísticas dos dados obtidos durante os experimentos

Os dados colhidos foram expressos como a média \pm desvio padrão dos testes realizados em triplicata. A análise estatística de variância de ANOVA foi

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

aplicada para determinar a significância, onde valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos.

3. Resultados e Discussão

3.1. Produção do biossurfactante

A produção de biossurfactantes, embora seja um tema bastante explorado nas últimas décadas, entretanto, ainda é representa um obstáculo quando se pretende usar essas biomoléculas industrialmente, tendo em vista que o processo sofre a interferência de múltiplos fatores, que vão desde a cepa produtora, as condições de cultivo, a combinação de substratos, as formas de produção, até os equipamentos utilizados. Dessa forma, a obtenção de resultados satisfatórios, que combinam eficiência, traduzida em redução de tensão superficial e CMC, e viabilidade econômica, que é alcançada através da obtenção de um elevado rendimento em produção, ainda permanecem um desafio.

Nesse contexto, um biossurfactante foi produzido nas condições desta pesquisa pela *Starmarella bombicola* ATCC 22214 para uso como ingrediente ativo de uma formulação verde sólida para *Pets*. O biossurfactante apresentou aparência líquida, pouco viscosa, de cor castanho escuro e odor característico e reduziu a tensão superficial da água de 72,0 mN/m para 33,0 mN/m após 8 dias de fermentação, com um rendimento de 53,35 g/L.

De acordo com Akbari et al. (2018), os biossurfactantes com a capacidade de reduzir a tensão superficial da água de 72 para 35 mN/m podem ser considerados eficazes. Considerando que a produção do biossurfactante foi

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

realizada em frascos, a tensão superficial e o rendimento obtidos foram satisfatórios quando comparados com outros resultados descritos na literatura para surfactantes produzidos por leveduras, como será discutido a seguir.

O biossurfactante produzido pela mesma levedura, em meio composto por glicose e ácido oléico, obtido em fermentador de 1L, reduziu a tensão superficial para $31,56 \pm 1.0$ mN/m, com um rendimento de $10 \pm 0,5$ g/L (Medeiros et al., 2024). No trabalho de Silva et al. (2024), a *S. bombicola* ATCC 22214 cultivada em frascos em meio de baixo custo contendo sacarose, óleo vegetal de canola e milhocina produziu um biossurfactante capaz de reduzir a tensão superficial para 32,76 N/m, com um rendimento de 23,0 g/L. O biossurfactante também produzido pela *S. bombicola* ATCC 22214 em meio contendo óleo de oliva e glicose, reduziu a tensão superficial para 32,30 mN/m (Silva et al., 2021). Shah et al. (2017) utilizaram a *S. bombicola* ATCC 22214 para a produção de soforolipídeos usando diferentes substratos hidrofóbicos. Os rendimentos obtidos usando os óleos de Tapis, Melita e Ratawi foram de 26, 21 e 19 g/L, com tensões superficiais de 36,38, 37,84 e 38.92 mN/m, respectivamente. O biossurfactante produzido pela *S. bombicola* em meio de corncob hydrolysate (CCH) em fermentador, exibiu um rendimento de 49,2 g/L (Konishi et al., 2015). Jadhav et al. (2019) produziram 41,6 g/L de soforolipídeo em frascos usando *S. bombicola* cultivada em óleo de girassol ácido residual, obtido de uma refinaria de óleo vegetal, e glicose. O biossurfactante foi capaz de reduzir a tensão superficial para 35,5 mN/m após a fermentação.

O biossurfactante produzido pela levedura *Candida lipolytica* UCP 0988 cultivada em meio contendo melaço de cana, milhocina e óleo de soja residual reduziu a tensão superficial para 25 mN/m, com um rendimento de 12 g/L (Lima

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

et al., 2024). O biossurfactante de *C. utilis* UFPEDA1009 cultivada em frascos, em meio suplementado com óleo de canola residual e glicose, foi obtido com um rendimento de 24,22 g/L (Ribeiro et al., 2020a), enquanto o biossurfactante de *Saccharomyces cerevisiae* URM 6670 cultivada em meio contendo óleo de soja residual e milhocina foi capaz de reduzir a tensão superficial do meio para 26 mN/m, embora o rendimento tenha atingido apenas 5,8 g/L (Ribeiro et al., 2023). A *C. mogii* UFPEDA 3968 também foi utilizada para a produção de biossurfactante em meio contendo óleo de licuri e glicose. O biossurfactante produzido reduziu a tensão superficial de 71,04 mN/m para 28,66 mN/m (da Silva et al., 2024). Gaur et al.(2019) investigaram o crescimento de *C. albicans* e *C. glabrata* em meios compostos por glicose e uma base nitrogenada de levedura em água destilada. A tensão superficial foi reduzida de 71 N/m para 42 N/m e 55 N/m, respectivamente e o rendimento em biossurfactante foi de 1,320 g/L para a *C. albicans* e 1,6 g/L para a *C. glabrata*.

A capacidade de reduzir a tensão superficial depende da concentração do composto tensoativo, isto é, da CMC, que é definida como a concentração mínima do surfactante requerida para reduzir ao máximo a tensão superficial da água, dando início a formação de micelas necessárias à emulsificação. Surfactantes eficientes possuem valores de CMC reduzidos, o que significa que pouco surfactante é requerido para reduzir a tensão superficial (Sarubbo et al., 2022). Dessa forma, a Concentração Micelar Crítica (CMC) do biossurfactante isolado também foi determinada. De acordo com o gráfico ilustrado na Figura 2, a CMC do biossurfactante de *S. bombicola* ATCC 22214 foi de 1000 mg/L, para uma tensão superficial de $33,0 \pm 0,5$ mN/m.

Outros biossurfactantes produzidos pela mesma levedura, em meios compostos por fontes de carbono hidrofóbicas e hidrofílicas, apresentaram CMC de 366 mg/L (Medeiros et al., 2024) e 600 mg/L (Silva et al., 2024). Já os biossurfactantes produzidos pela *S. bombicola* ATCC 22214 usando os óleos de Tapis, Melita e Ratawi apresentam CMC muito inferiores, de 54,39, 55,68, e 58,34 mg/L (Shah et al., 2017). As diferenças observadas podem estar relacionadas aos níveis de purificação obtidos, dentre outros fatores.

Biossurfactantes produzidos por outras leveduras do gênero *Candida* também apresentam valores de CMC semelhantes, como 500 mg/L para o biossurfactante de *C. lipolytica* UCP 0988 (Lima et al., 2024) e 800 mg/L para o biossurfactante de *C. mogii* UFPEDA 3968 (da Silva et al., 2024).

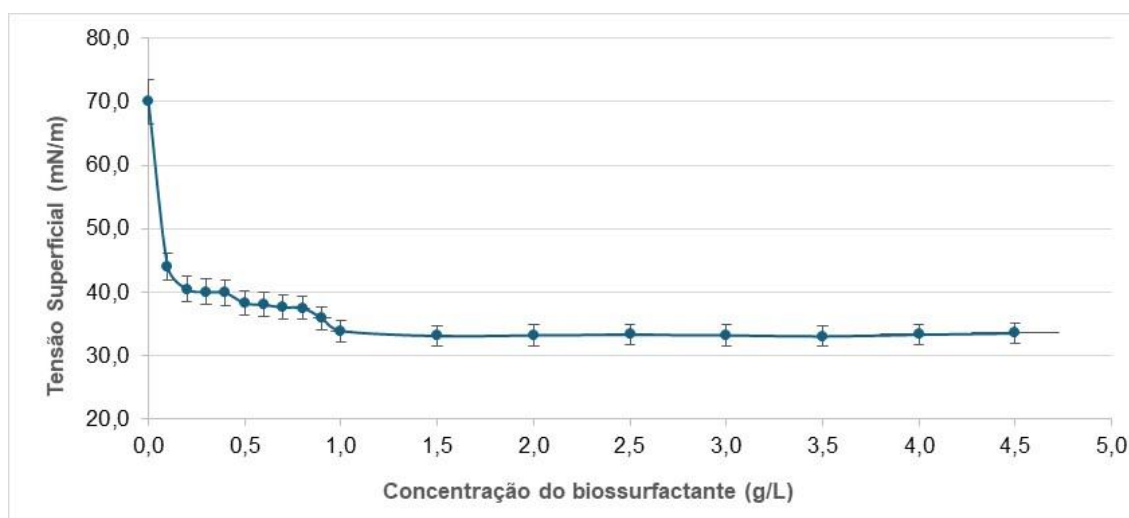


Fig. 2. Concentração Micelar Crítica (CMC) do biossurfactante de *Starmerella bombicola* ATCC 22214 produzido em meio mineral contendo óleo de soja e glicose.

3.2. Capacidades de emulsificação, espumação, dispersão de sujeira e balanço hidrofílico-lipofílico (HLB) do biossurfactante

Para um biossurfactante ser considerado um bom agente emulsificante, o critério a ser analisado é a capacidade de formar emulsões estáveis que estejam acima de 50% por 24 horas ou mais (Bezerra et al., 2020).

Os resultados referentes ao teste do índice de emulsificação após 24h, estão listados na Tabela 3.

Os resultados obtidos demonstraram que o biossurfactante apresentou mais afinidade pelos óleos de Neem e de côco, como ilustrado na Figura 3, embora os percentuais obtidos com os outros óleos vegetais comumente utilizados em formulações cosméticas também ficaram dentro da faixa satisfatória de emulsificação.

Tabela 3

Emulsificação de substratos hidrofóbicos pelo biossurfactante de *Starmarella bombicola* ATCC 22214 produzido em meio mineral contendo óleo de soja e glicose.

Substrato	Índice de emulsificação (%)
Óleo de Neem	68,50 ± 1,10
Óleo de Côco	66,60 ± 1,12
Óleo de Amêndoas	53,60 ± 1,51
Óleo de semente de uva	47,50 ± 1,73
Óleo de abacate	45,90 ± 1,69

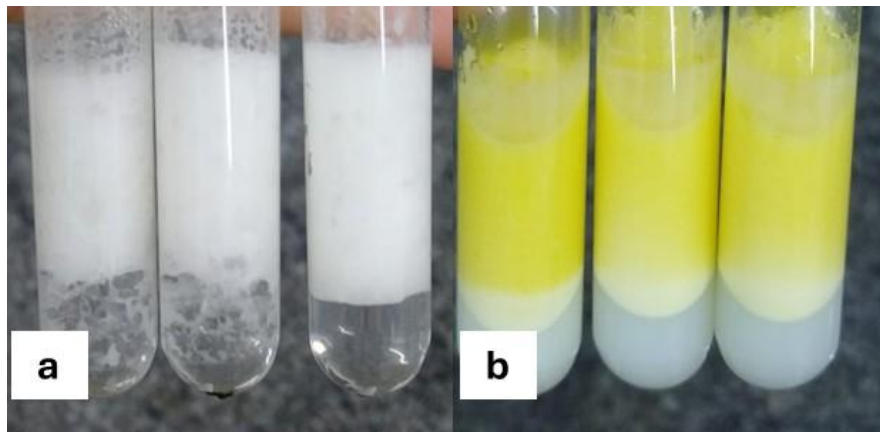


Fig. 3. Emulsificação do óleo de côco (a) e do óleo de Neem (b) pelo biossurfactante de *S. bombicola* ATCC 22214.

O balanço hidrofílico-lipofílico (HLB) é uma forma de descobrir qual emulsificante funciona melhor com a fase oleosa de um produto emulsionado. Todos os emulsificantes têm uma cabeça hidrofílica e uma cauda lipofílica, como apresentado anteriormente. A proporção entre as porcentagens de peso desses dois grupos em uma molécula de surfactante é uma indicação do comportamento que pode ser esperado daquele produto. Um emulsificante com caráter mais lipofílico recebe um baixo número HLB e um emulsificante que com caráter mais hidrofílico recebe um número alto (Gadhav, 2014).

Os resultados mostraram que, em contato com a água, o biossurfactante de *S. bombicola* ATCC 22214 apresentou uma dispersão leitosa estável, caracterizando um HLB na faixa de 8-10, próprios de biossurfactantes com capacidade umectante (molhante) e de formar emulsões do tipo óleo em água (O/A) (Figura 4). Em aplicações cosméticas, os biossurfactantes lipofílicos (maiores valores de HLB) variam entre 1 e 4 e são preferidos devido à natureza da pele, que contém filme lipídico e favorece ingredientes ativos solúveis em

óleo. No entanto, emulsões do tipo óleo em água (O/A) são preferidas pelos consumidores, devido ao seu efeito menos oleoso e à maior taxa de absorção, com valores de HLB entre 8 e 16. Além disso, emulsões cosméticas do tipo O/A são geralmente comercializadas em formulações semissólidas ou líquidas (Aziz et al., 2021).



Fig. 4. Aspecto da dispersão do biossurfactante de *Starmarella bombicola* ATCC 22214 em água.

Embora a geração de espuma tenha pouco a ver com a capacidade de limpeza dos xampus, ela é de suma importância para o consumidor e, portanto, é um critério a ser considerado na avaliação de formulações cosméticas. Dessa forma, o biossurfactante de *S. bombicola* ATCC 22214 apresentou uma capacidade de 50% de formação de espuma.

Com relação à dispersão de sujeira, surfactantes com características de detergência não devem permitir que a sujeira se concentre em sua espuma, pois a sujeira deve ficar na água (AlQuadeib et al., 2018). Por outro lado, surfactantes com características umectantes não possuem essa capacidade, como observado para o biossurfactante de *S. bombicola* ATCC 22214, que apresentou grande quantidade de tinta em sua espuma, evidenciando seu caráter molhante,

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

como observado para seu valor de HLB. Já o surfactante cocoil isetonato de sódio, usado para fins de comparação, foi capaz de dispersar uma maior quantidade da tinta, como observado pela concentração de tinta na parede do tubo, evidenciando sua capacidade de detergência, compatível com seu HLB, que está em torno de 16 (Figura 5).

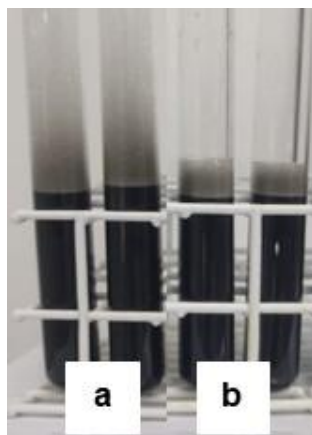


Fig. 5. Aspecto da dispersão de tinta nanquim pela espuma do surfactante cocoil isetonato de sódio (a) e do biossurfactante de *Starmarella bombicola* ATCC 22214 (b).

3.3. Potencial irritante do biossurfactante

Os biossurfactantes são compostos naturais que oferecem biocompatibilidade e baixa toxicidade, tornando-os fortes candidatos para o desenvolvimento de produtos cosméticos. No entanto, há uma necessidade de avaliar a toxicidade dessas biomoléculas antes de propor sua aplicação em formulações cosméticas (Bezerra et al., 2018).

O ensaio HET-CAM é usado para medir os efeitos agudos gerados por um determinado composto com base na observação de alterações nos vasos sanguíneos e proteínas da membrana corioalantoica de ovos embrionários com idade gestacional maior que 7 dias até 10 dias (ICCVAM, 2010). A avaliação do

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

potencial irritante do biossurfactante é de extrema importância no campo farmacêutico e de cosméticos, pois permite prever possíveis efeitos tóxicos de compostos usados em formulações.

Em alguns países europeus, este teste é aceito como um ensaio *in vitro* oficial para a avaliação do potencial irritante e é considerado um teste não animal mais rápido (Rodriguez-Lopez et al., 2019). O ensaio HET-CAM também como vantagens a simplicidade, sensibilidade, facilidade de aplicação e baixo custo (Freire et al., 2015).

Na análise das alterações na membrana corioalantoica (CAM) após 300 s, o controle positivo, lauril sulfato de sódio 1% (LSS), amplamente utilizado como surfactante em cosméticos, provocou vasoconstrição (55 segundos), hemorragia (14 segundos), e coagulação (39 segundos), que foram detectadas pela presença de redução do diâmetro dos vasos, sangramento, e formação de coágulos, respectivamente, mostrando-se severamente irritante (PI=18,38). Considerando a escala de irritação, os resultados mostram que o controle positivo (SLS) é classificado como extremamente irritante, enquanto o controle negativo (PBS) não teve efeito irritante. Considerando a escala de irritação, o biossurfactante de *S. bombicola* ATCC 22214 foi classificado como não irritante (PI = 0). O biossurfactante produzido por *Saccharomyces cerevisiae* URM 6670 em óleo de soja residual e milhocina, por outro lado, apresentou potencial irritante médio (Ribeiro et al., 2020b), enquanto uma mistura de mono e di-raminolípidios purificados não causou alterações vasculares significativas durante o período do ensaio (5 min) e foi caracterizada como não irritante (Dardouri et al., 2022). A citotoxicidade de formulações de enxaguantes bucais e cremes dentais contendo biossurfactantes e quitosana foi avaliada usando o

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

método MTT (3-(4,5- dimethylthiazole-2-il)-2,5-diphenyltetrazolium bromide). Os resultados demonstraram que os enxaguantes e os cremes dentais foram classificados como não tóxicos, com inibições celulares de fibroblastos inferiores a 20% (Farias et al., 2019) e 7%, respectivamente (Resende et al., 2019).

Ferreira et al. (2017) avaliaram a capacidade emulsificante do biossurfactante sintetizado a partir de uma cepa de *Lactobacillus paracasei* para aplicação em uma nova formulação cosmética, onde a biomolécula foi adicionada em emulsões do tipo O/A contendo óleos essenciais e um extrato antioxidante natural. Esta formulação experimental foi comparada com emulsões do tipo O/A combinadas com o surfactante sintético SDS (dodecil sulfato de sódio). Os efeitos de citotoxicidade do biossurfactante e das emulsões contendo o biossurfactante foram avaliados usando uma linhagem de células fibroblastos de camundongo. Os resultados demonstraram que soluções com 5,0 g/L de biossurfactante exibiram valores de proliferação celular superiores a 97%, em comparação com aquelas soluções com SDS.

3.4. Caracterização do biossurfactante

O comportamento iônico dos biossurfactantes é um fator importante para sua aplicação em cosméticos. De acordo com a carga polar, os biossurfactantes, em sua maioria, são aniônicos, como os siforolipídeos de *S. bombicola* (Van Bogaert and Soetaert, 2011). Com relação ao desempenho na formação de espuma, umectação e emulsificação, os surfactantes aniônicos são mais eficazes, embora também sejam mais irritantes para a pele e os olhos, seguidos pelos surfactantes não iônicos, e anfotéricos. Por outro lado, tais efeitos possam ser eliminados com uso de concentrações mais reduzidas desses compostos, de

modo a manter a eficiência e compatibilidade com as mucosas e a pele (Aziz et al., 2021).

O teste de carga iônica revelou o aparecimento de precipitação quando em contato com o composto catiônico utilizado (cloreto de bário). Por outro lado, nenhum precipitado foi formado quando o biossurfactante entrou em contato com o composto aniônico (SDS), mostrando o caráter aniônico da biomolécula (Figura 6).

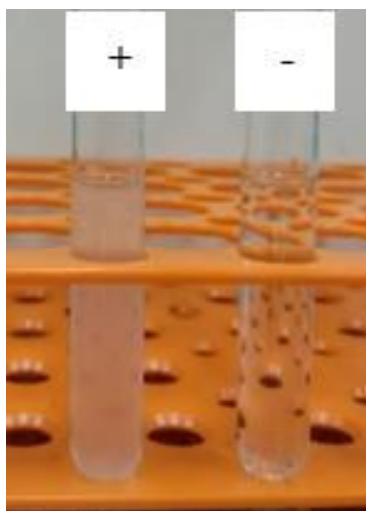


Fig. 6. Interação do biossurfactante de *Starmarella bombicola* ATCC 22214 com Cloreto de Bário (+) e Dodecil Sulfato de sódio (-).

O biossurfactante isolado e purificado foi submetido a análises de FT-IR e RMN (Figuras 7, 8 e 9). No espectro de FT-IR, as bandas em $2924,18\text{ cm}^{-1}$ e $2853,81\text{ cm}^{-1}$ correspondem à característica de alongamento C-H dos alcanos, sugerindo uma estrutura hidrofóbica. A presença de grupos carbonila foi confirmada pela banda em $1743,60\text{ cm}^{-1}$, característico do estiramento C=O, comum em grupos carbonila, como ésteres, aldeídos, cetonas ou ácidos carboxílicos. Picos idênticos foram observados no espectro FT-IR do biossurfactante de *C. mogii* UFPEDA 3968 cultivada em óleo de licuri e glicose

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

(Da Silva et al., 2024). A banda em 1454.91 cm^{-1} pode estar relacionada a vibrações de deformação C-H em alcanos. O pico em 1160.48 cm^{-1} pode indicar a presença de estiramentos C-O em éteres, álcoois ou ésteres. A banda em 720.99 cm^{-1} pode estar associada a vibrações de deformação de cadeias longas de alcanos. A literatura mostra espectros de glicolipídeos com bandas de absorção típicas de carbono alifático e carbonila nas mesmas regiões, correspondendo à porção de ácido graxo do biossurfactante (Caldas et al., 2024; Selva-Filho et al., 2024).

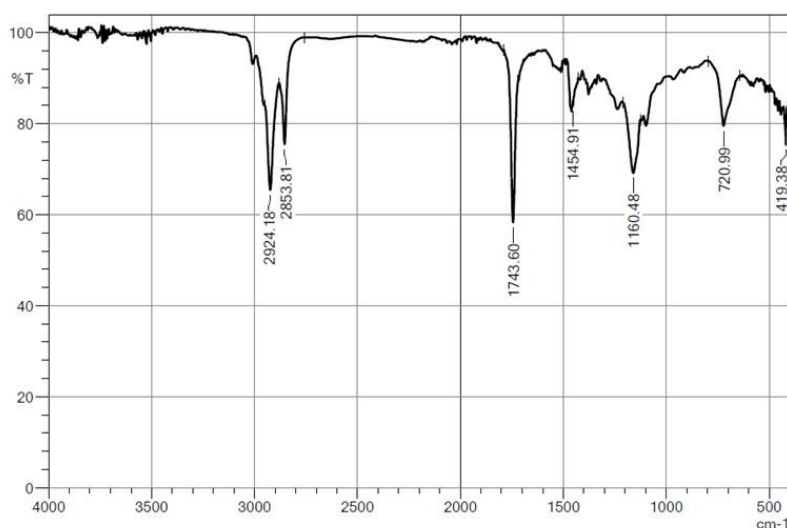


Fig. 7. Espectro FTIR do biossurfactante de *Starmarella bombicola* ATCC 22214

A análise de RMN de ^1H mostrou um conjunto de sinais na região entre 0 e 3 ppm, responsável pela cadeia alifática presente na estrutura molecular; essa cadeia é responsável pela fração apolar do biossurfactante (Figura 8). Os sinais encontrados entre 3 e 5 ppm sugerem a presença do grupo funcional hidroxila. Na região entre 5 e 6 ppm, o sinal em 5,277 mostra hidrogênio ligado a carbono contendo ligações duplas, sugerindo insaturação na molécula.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

No espectro de RMN de ^{13}C (Figura 9), a região de 0 a 50 ppm sugere a presença de longas cadeias alifáticas, características de ácidos graxos, confirmando a presença de cadeias de hidrocarbonetos na estrutura. Picos na região aromática ou alceno (120-140 ppm), particularmente entre 128,12 e 130,28 ppm, sugeriram a presença de carbonos sp^2 , provavelmente associados a ligações duplas insaturadas ($\text{C}=\text{C}$). A região de 150 a 200 ppm corresponde a carbonos em grupos carbonílicos, como cetonas, ésteres e ácidos carboxílicos, conforme demonstrado pelos sinais entre 170,19 e 174,79. Esses resultados, considerados em conjunto, sugerem que o biossurfactante de *S. bombicola* ATCC 22214 é um glicolípido.

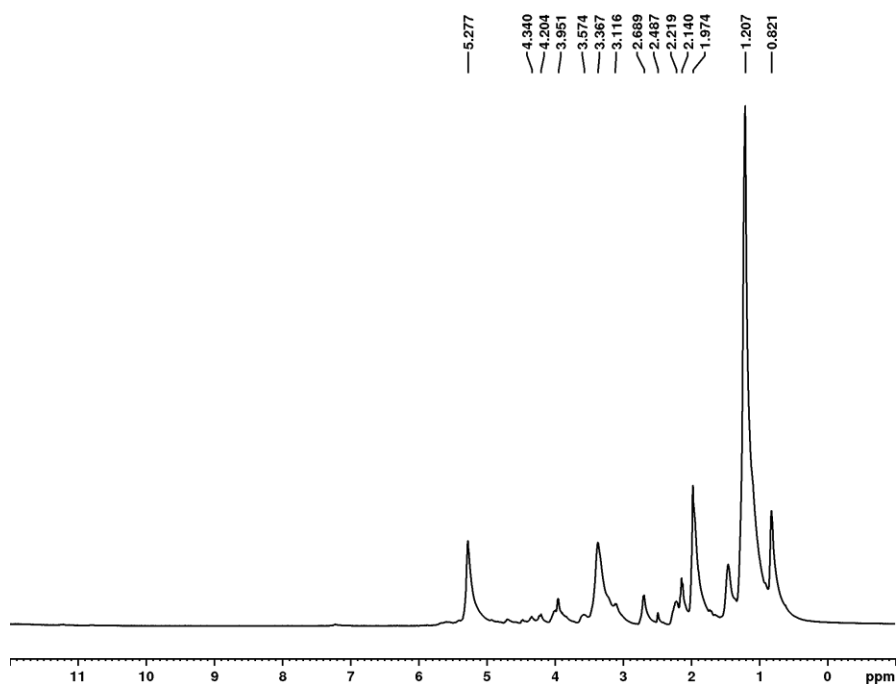


Fig. 8. Espectro de RMN do ^1H do biossurfactante de *Starmarella bombicola* ATCC 22214 (DMSO- d_6 , 400 MHz).

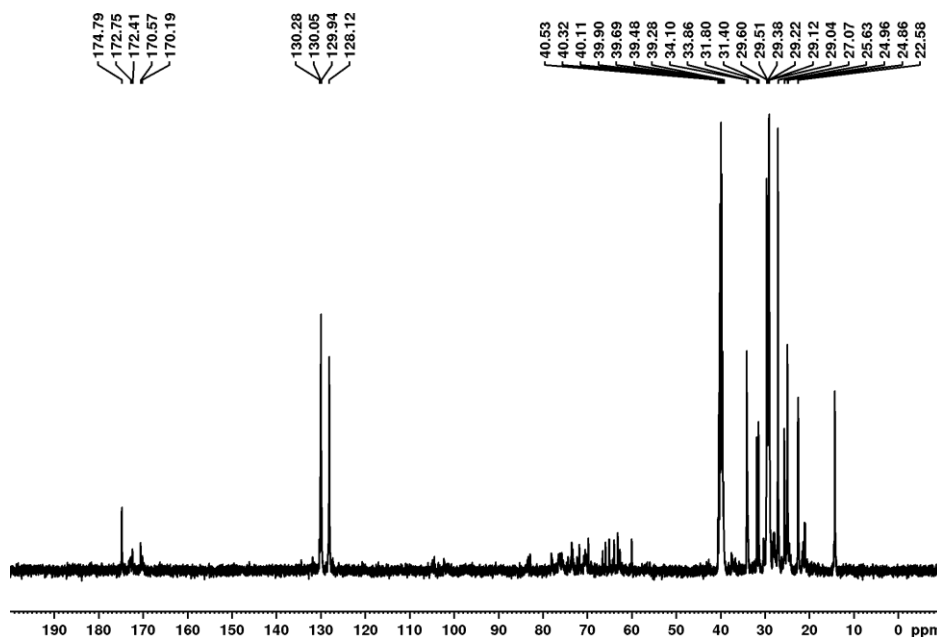


Fig. 9. Espectro de RMN do ^{13}C do biossurfactante de *Starmarella bombicola* ATCC 22214 (DMSO- d_6 , 100 MHz).

3.5. Formulação do xampu sólido

Formular uma mistura para limpar o couro cabeludo/pele e o cabelo/pelos, enquanto hidrata sem causar ressecamento, é um desafio. Além disso, a maioria dos surfactantes usados em xampus convencionais é agressiva. Portanto, o objetivo foi formular uma mistura de surfactantes que fornecesse as propriedades desejadas de detergência e espuma, limpando a sujeira e os detritos presos nos pelos, manteigas e óleos para nutri-los e endurecedores para conferir a textura e dureza necessária de um xampu sólido (Gubitosa et al., 2019).

Portanto, na maioria das vezes, a base da formulação é constituída por um tensoativo aniônico que ofereceria muita espuma e detergência, como dito anteriormente. Os surfactantes formam micelas quando adicionados em concentrações adequadas, como discutido previamente. No entanto, em alguns

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

casos, alguns surfactantes podem ficar separados das micelas como monômeros e interagir com as proteínas do couro cabeludo, causando irritação. Para aumentar a suavidade e diminuir a potencial irritação causada pelos surfactantes aniônicos (embora suaves) costuma-se adicionar uma mistura de anfóteros e não iônicos formando micelas maiores e estáveis, reduzindo o número de monômeros e diminuindo a CMC do sistema e conseqüentemente a irritação (Sechi, 2008).

Nesse sentido, os surfactantes cocoil isetionato de sódio, coco glucosídeo e o biossurfactante de *S. bombicola* ATCC 22214 foram utilizados na formulação.

O cocoil isetionato de sódio é um surfactante aniônico usado para preparar produtos líquidos e sólidos para higiene e cuidados pessoais. Tem excelente poder de limpeza, suave para cabelos e pele, proveniente de fontes naturais, vegetais, renováveis, e, é biodegradável. Isetionatos são tensoativos aniônicos, mais precisamente, derivados do ácido sulfônico. Isetionatos são ésteres formados a partir do ácido isetiônico ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{H}$) e ácidos alcanóicos de cadeia longa. São utilizados em cosméticos principalmente como sais, e também são ácidos fortes, não sofrendo auto-hidrólise em meio aquoso (Rieger; Rhein, 2017). Como o cocoil isetionato de sódio é o surfactante em pó e o objetivo era obter um xampu sólido, esse ingrediente foi utilizado em maior quantidade em comparação aos surfactantes líquidos.

O coco glicosídeo é um surfactante não iônico incluído no grupo alquil poliglicosídeo e é obtido a partir de matérias-primas renováveis, como uma mistura de álcoois graxos do óleo de coco que reagem com a glicose do milho, batata ou trigo. É totalmente biodegradável e é utilizado para aumentar a

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

capacidade de formação de espuma da mistura de surfactantes e para limpeza e condicionamento (Aguirre, 2014).

A utilização do biossurfactante na formulação do xampu para *Pets* foi motivada pelos benefícios relatados em pesquisas e patentes publicadas no mercado com o uso de biossurfactantes em formulações cosméticas. Alguns exemplos incluem a utilização de glicolípideos em formulações de xampus. Desanto (2008) propôs o uso de raminolípideo com 2% de concentração diluído em água para ser adicionado a um xampu. O resultado da patente mostrou que após três dias de aplicação do xampu, o couro cabeludo estava livre de odores, mantendo um brilho devido a um efeito antimicrobiano promovido pelo biossurfactante raminolípideo. Outras formulações de cuidados pessoais, como gel de banho, sabonete líquido e xampu desenvolvidos por uma combinação de biossurfactante soforolípideo e surfactante aniônico foram patenteadas. A concentração de biossurfactante soforolípideo sugerida foi de 1–20% (p/p), combinada a um surfactante aniônico na concentração de 1–20%. Outros produtos químicos foram adicionados como surfactantes de reforço de espuma (0–10%), aditivos detergentes adicionais (0–10%), um eletrólito adicional (0–2%) e 40–98% consistindo na fase aquosa (Trevor et al., 2013). Allef et al. (2014) patenteou várias formulações cosméticas, como um xampu condicionador anticaspa, um limpador corporal, um sabonete facial hidratante, um gel de banho e outros produtos contendo biossurfactantes e um ácido graxo. Cada formulação continha raminolípideo e soforolípideo em combinação com 10% de ácido oleico.

Para obter a dureza e a consistência desejada do xampu em barra sólido, os endurecedores são particularmente necessários. Assim, ácidos graxos e álcoois graxos devem ser usados para endurecer a barra. Além disso, as ceras

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

de origem vegetal também podem ser utilizadas como endurecedores, pois são misturas complexas de álcoois, ácidos graxos e ésteres, são muito resistentes à umidade, oxidação e degradação microbiana. Eles também fornecem estabilidade, aumentando a viscosidade e a consistência da mistura. Dessa forma, o amido de milho e o álcool cetosteárilico foram usados com esta finalidade.

O Amido de milho é um pó fino e branco obtido a partir do milho. É amplamente utilizado em vários setores industriais, como o alimentício, farmacêutico e têxtil, sendo usado como espessante, agente de ligação e estabilizante em diversos produtos (Tagliapetra et al., 2024).

O álcool cetearílico é uma mistura oleossolúvel de álcool cetílico e estearílico que possui propriedades emolientes e por isso hidrata o cabelo e o couro cabeludo, evitando o ressecamento. Além disso, é utilizado como espessante, proporcionando a dureza que o xampu sólido exige. O Álcool Cetosteárilico é extremamente suave e compatível com a pele e proporciona proteção e suavidade à pele (Morselli, 2014).

Os agentes condicionantes são utilizados para proporcionar maior maciez e brilho aos cabelos e melhorar o desembaraço, essencial para cabelos secos e danificados. Neste caso, os xampus sólidos orgânicos são essencialmente óleos e manteigas. Estes podem ajudar a equilibrar o efeito dos surfactantes de remover a oleosidade do cabelo, evitando que o cabelo resseque. No entanto, eles devem ser adicionados em determinadas quantidades, para garantir a nutrição do cabelo, mas, ao mesmo tempo, garantir a dureza da barra de xampu. Dessa forma, foram usados óleo de côco, manteiga de Karité, glicerina e lactato de sódio.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

O óleo de coco virgem é o óleo natural processado extraído diretamente da amêndoa do coco fresco e maduro por meios naturais e mecânicos com ou sem aquecimento e sem tratamento químico e procedimento de refino. O Óleo de Coco possui propriedades nutritivas e hidratantes em produtos de cuidados com a pele e cabelo. Este óleo versátil é rico em ácidos graxos essenciais e antioxidantes, oferecendo uma hidratação profunda e restauradora, suavidade e maciez (Agarwal; Bosco, 2017).

O óleo de coco é composto por 50% de ácidos graxos saturados e 50% de ácidos graxos insaturados, além dos principais ácidos palmítico, o mirístico, esteárico, oléico e linoléico, e componentes minoritários. Essa composição garante a estabilidade oxidativa quando comparado a outros óleos vegetais (Carandang, 2008).

A manteiga de karité é uma gordura vegetal da África Ocidental, extraída dos grãos da árvore de karité, *Vitellaria paradoxa* ou *Butyrospermum parii*. Essa manteiga é composta basicamente por triglicerídeos com ácidos graxos oleico, esteárico, linoleico e palmítico e insaponificáveis como triterpenos, tocoferol, fenóis e esteróis. A elevada percentagem de insaponificáveis confere-lhe propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e hidratantes. O ácido cinâmico presente ajuda a proteger a pele contra os raios UV. A manteiga de karité pode ser usada como amaciante de cabelo, pois sela a umidade revestindo cada fio de cabelo com uma fina camada de gordura (Maranz; Wiesma, 2004).

A glicerina ou glicerol é um fluido altamente higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor doce com baixa toxicidade, obtida a partir de fontes vegetais, como óleos de coco, soja ou palma. É um trihidroxiálcool geralmente obtido por saponificação, sendo um ingrediente multifacetado utilizado na indústria

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

alimentícia e cosmética (como solvente, umectante e dispersante de gomas naturais e espessantes). A glicerina tem o poder de deixar a derme macia e com mais facilidade em reter água, melhora a elasticidade, diminui as rugas, evita o aspecto ressecado em extremidades do corpo. Além das propriedades hidratantes, o glicerol tem outros efeitos biológicos e biofísicos na pele e nos cabelos, como propriedades anti-irritantes e auxilia no processo de cicatrização de feridas (Fluhr, 2008).

O lactato de sódio é um ingrediente comum usado em cosméticos e produtos de cuidados pessoais. É o sal de sódio do ácido láctico, um ácido natural derivado da fermentação de açúcares. O lactato de sódio consiste em um líquido transparente e incolor com um odor suave e desempenha múltiplas funções em produtos para a pele. Ele atua como um umectante, promovendo a hidratação e prevenindo o ressecamento. Além disso, o Lactato de Sódio pode funcionar como um regulador de pH, ajudando a estabilizar e ajustar o pH das formulações (Wit and Rombouts, 1990).

A Vitamina E (tocoferol) por sua vez, foi utilizada como agente antioxidante. A vitamina E é um potente ativo rejuvenescedor, rico em propriedades antioxidantes que reduzem os danos causados pelos radicais livres, combatem o envelhecimento precoce e melhoram significativamente a aparência da pele (Batista et al., 2007).

No caso dos xampus sólidos, pode haver a necessidade ou não de adição de conservantes, dependendo da quantidade de água utilizada na formulação e das condições em que é feito. Para prevenir a contaminação microbológica, recomenda-se o uso de conservantes, os quais estarão em quantidades muitos

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

reduzidas quando comparadas com as concentrações utilizadas nas formulações líquidas. Assim, o caprililglicol foi utilizado como conservante.

O caprililglicol é um álcool derivado do ácido caprílico, um ácido graxo encontrado no leite de alguns mamíferos, bem como nos óleos de palma e de côco. O caprililglicol é um agente condicionante e umectante, derivado natural, com boas propriedades hidratantes para a pele. Possui, também, propriedades bactericidas, podendo atuar como conservante quando combinado com outras substâncias dessa mesma categoria (Toxicology Risk Assessment Consulting, 2024).

A sequência da formulação foi inicialmente planejada de modo a favorecer a dissolução do cocoil isetionato de sódio.

Inicialmente, o experimento foi conduzido com uma quantidade significativa de água para dissolver o cocoil isetionato de sódio. Dessa forma, optou-se que a mistura permanecesse nos moldes por 5 dias, para dar mais tempo de endurecimento ao xampu. Porém, após 5 dias, o xampu foi desenformado e percebeu-se que estava extremamente macio, concluindo-se assim que nenhuma água evaporou durante a cura e que a quantidade de água da formulação deveria ser menor.

A adição de água também provoca uma separação de fases, uma vez que a maior parte da mistura é constituída por ingredientes lipossolúveis. Isso não depende da fase em que a água é adicionada. A quantidade reduzida de água, por outro lado, também contribui diretamente para o aumento da viscosidade e da heterogeneidade, o que deve ser minimizado com outros ingredientes que ajudam na maciez da formulação.

Dessa forma, as fases da formulação foram rearranjadas e o conteúdo de água foi reduzido ao máximo possível. A manteiga de Karité foi importante para evitar a ocorrência de rachaduras no xampu. A mistura fluida proporcionada pela manteiga também contribuiu para uma melhor moldagem, permitindo uma melhor coesão do xampu sem rachaduras. Durante o processo, após adição da fase D, a mistura tornou-se extremamente viscosa. Isso pode ser causado pela incorporação de algum ar na mistura. Para evitar a evaporação da água durante o procedimento, as temperaturas foram mantidas abaixo de 85°C do início ao fim, e o tempo de agitação foi reduzido.

A Figura 10 ilustra o xampu sólido formulado. Conforme a análise visual de cor, o xampu sólido se mostrou com coloração bege e odor bastante suave.



Fig. 10. Ilustração dos xampus obtidos

3.6. Caracterizações do xampu sólido

O pH do produto é um fator muito importante para manter a integridade da pele de gatos e cães, de forma que produtos como xampus voltados a este público devem ter pH mais neutro, pois precisam estar de acordo com o pH da pele, que pode variar entre 5,86 a 6,45, e o fluido lacrimal, que está em cerca de

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

8,09. Assim, quanto mais próximo da neutralidade, mais chances ele terá de não irritar essas duas regiões (Franquilino, 2024).

A determinação do pH nas amostras do xampu após 2, 10 e 20 dias, manteve-se na faixa ideal para *Pets*, com valores de 6,4, 6,7 e 7,0, respectivamente.

A presença de água ou umidade é condição fundamental para ocorrência de hidrólise, que pode ser catalisada pelo pH, pela presença de cátions divalentes em soluções de baixos valores de pH e pela temperatura, modificando a estabilidade dos cosméticos, principalmente a estabilidade microbiológica (ANVISA, 2015).

Para decidir se seria necessária a introdução de conservante na formulação, foi determinada a quantidade de água e voláteis do xampu. O xampu apresentou baixíssimo índice de umidade, de 9%. Isso se justifica, pois, nessa formulação, utilizou-se água somente para facilitar a fusão do isetionato de cocoil de sódio.

Com relação à alcalinidade, as amostras apresentaram um filtrado incolor, indicando ausência de alcalinidade livre. Dessa forma, determinou-se a acidez livre em ácido oleico, titulando com solução volumétrica de hidróxido de sódio 0,1 N até atingir a coloração rosa.

Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC N° 15 (ANVISA, 2015), a qual estabelece os requisitos técnicos relativos à formulação, segurança e rotulagem, para a concessão de registro de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes infantis, a alcalinidade livre máxima permitida é de 0,5%; logo, o xampu sólido encontra-se totalmente dentro da legislação, uma vez que

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

as amostras apresentaram percentual médio de 0,43% de acidez livre, comprovando a ausência de alcalinidade livre.

As gorduras em geral são compostas de três ácidos graxos (AG) ligados a uma molécula de glicerol por pontes de ésteres (triglicerídeos). Os Ácidos Graxos Livres (AGL) são produzidos quando esses triglicerídeos são hidrolisados. Portanto, a presença de AGL indica que a gordura foi exposta a água, ácidos e (ou) enzimas (Bellaver; Zanotto, 2004)

Embora a geração de espuma tenha pouco a ver com a capacidade de limpeza dos xampus, ela é de suma importância para o consumidor e, portanto, é um critério a ser considerado na avaliação de formulações cosméticas. Dessa forma, o xampu sólido apresentou uma capacidade de 50 ± 0.5% de formação de espuma (Figura 11a). Com relação à dispersão de sujeira, o xampu foi capaz de dispersar uma quantidade mediana da tinta, evidenciando seu poder hidratante e capacidade de detergência (Figura 11b).

Com relação ao conteúdo em sólidos e considerando que uma barra de xampu de boa qualidade deve ter de 20 a 30% de sólidos (Al Badi; Kan 2014). O xampu formulado nas condições dessa pesquisa apresentou 96,5 ± 0,2 % de sólidos, o que o caracteriza como um produto de excelente qualidade.

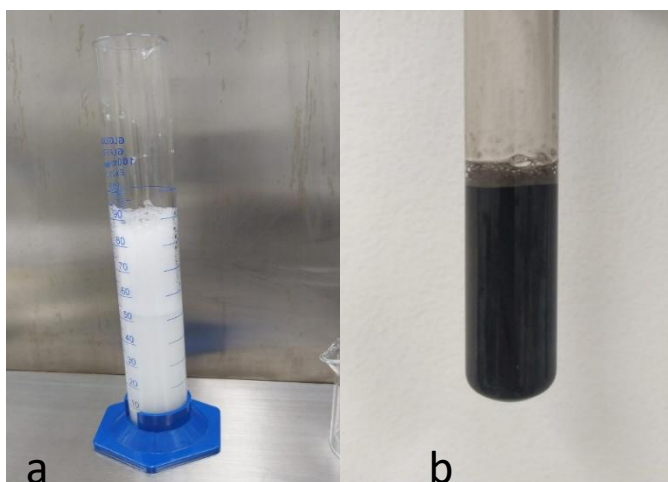


Fig. 11. Capacidade de geração de espuma (a) e de dispersão de sujeira (b) do xampu sólido para *Pets*

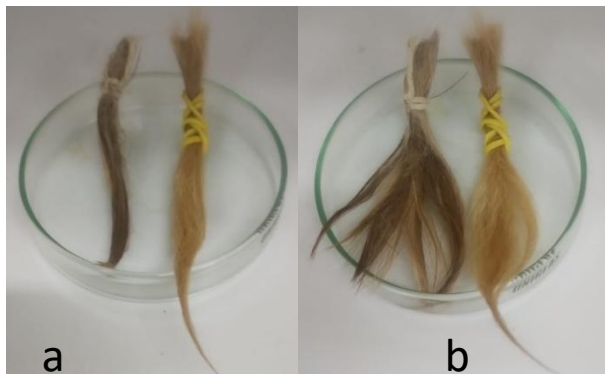


Fig. 12. Ilustração de mechas de pelos de *Pets* (a) antes e (b) após lavagem com o xampu sólido.

A lavagem dos pelos, realizada após sujar as mechas de cabelo de *Pets* com sebo artificial, demonstrou que o xampu sólido foi capaz de remover $85 \pm 0.6\%$ da gordura (Figura 12), através da formação de uma espuma cremosa, que apareceu rapidamente em contato com a água e proporcionou a umidade e hidratação necessárias aos fios do animal, restaurando e devolvendo brilho e maciez.

3.7. Análise microbiológica do xampu sólido

Os resultados obtidos na avaliação microbiológica mostraram que não houve crescimento de unidades formadoras de colônias para mesófilos, na diluição de 10^{-3} . As placas para o crescimento de bolores e leveduras também não apresentaram crescimento de unidades formadoras de colônias (Figura 13).

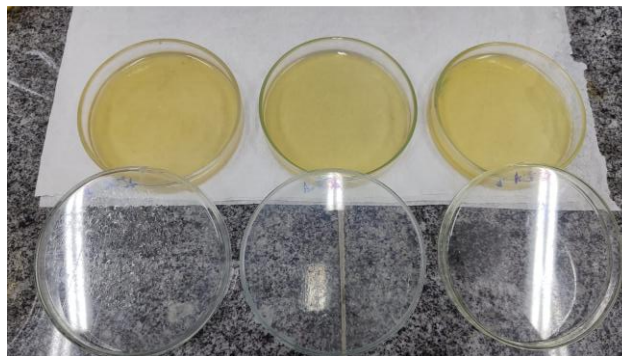


Fig. 13. Ilustração das Placas de *Petri* contendo os meios ágar Caseína-soja e ágar Sabouraud-dextrose mantidos a 25, 35 e 47 °C.

3.8. Potencial de Irritação ocular do xampu sólido

Os resultados da análise do potencial irritante ocular (PI) do xampu sólido avaliada pelo teste da membrana corioalantóide do ovo de galinha (HET-CAM) estão resumidos na Tabela 4. Considerando a escala de irritação, o xampu foi classificado como pouco irritante (PI = 4,27), especialmente quando comparado ao LSS. Devido ao baixo potencial de irritação do protótipo de xampu, seu uso para animais de estimação não representa nenhum risco, inclusive para animais com pele sensível.

Tabela 4

Resultados do teste da membrana corioalantóide do ovo de galinha aplicado ao xampu sólido para *Pets*.

Tipo de Irritação	Tempo de início de cada processo (segundos)		
	Xampu sólido	Tampão fosfato salino (PBS)	Lauril Sulfato de Sódio (LSS)
Vasoconstrição	120	-	55

Hemorragia	-	-	14
Coagulação	-	-	39
Potencial de Irritação	4,27	0	18,38

3.9. Vida de prateleira do xampu sólido

Ao longo de um mês, todas as barras de xampu foram retiradas e armazenadas em temperatura ambiente (30°C), bem como no refrigerador (4°C). As amostras foram analisadas mensalmente, durante 6 meses.

Como resultado, o xampu obtido atendeu a todos os requisitos esperados, ou seja, adquiriu o formato exato do molde quando desenformado, apresentou-se coeso, o que permite não perder muito produto durante as lavagens; adquiriu dureza necessária, evitando a quebra durante as lavagens.

As amostras do xampu avaliadas apresentaram uma aparência uniforme e homogênea, além de uma rigidez aceitável na sua estrutura. A avaliação do aspecto do produto depois do uso mostrou resultados satisfatórios, visto que todas as amostras não apresentaram rachaduras ou qualquer modificação na sua estrutura após 24 h.

As amostras do xampu apresentaram a mesma coloração, bege claro, sendo este um resultado favorável, que comprova a estabilidade da metodologia adotada. As amostras analisadas também apresentaram um odor muito suave, uma vez que não foram inseridas fragrâncias na formulação, tendo em vista que as formulações para *Pets* devem ser mais suaves para não incomodar o animal, visto que sua capacidade olfativa é superior à do ser humano.

3.10. Avaliação dos custos de venda do xampu sólido

A avaliação dos custos foi realizada considerando o valor das matérias-primas utilizadas nas formulações (Tabela 5) e o *Markup*, que possibilitou calcular o preço de venda.

Tabela 5

Preço aproximado dos componentes em reais.

INGREDIENTES	PREÇO (R\$/Kg)
Coco Glucosídeo	84,21
Glicerina	8,50
Lactato de Sódio	37,98
Cocoil Isetionato de Sódio	104,80
Óleo de Côco	23,00
Manteiga de Karité	35,00
Álcool Cetoestearílico	27,30
Biossurfactante	220,00
Amido de Milho	28,60
Caprilil Glicol	105,00
Vitamina E	151,37

Com o auxílio da Tabela 5, o percentual de cada componente utilizado e um *Markup* de 6, determinou-se o custo total de cada xampu sólido, considerando produto de 90 g, que pode ser vendido a R\$ 34,50. A partir de pesquisas realizadas em estabelecimentos do setor e em plataformas de comércio eletrônico, identificou-se a comercialização de um xampu sólido artesanal para *Pets* pela empresa brasileira MATU BOTANIC, com um valor unitário de R\$ 33,50, para 50 g de produto.

O preço final obtido também foi comparado com o preço de outros xampus sólidos comercializados para humanos. Atualmente, uma das marcas mais conhecidas no mercado brasileiro de xampus sólidos para humanos, que utilizam surfactantes não derivados do petróleo na composição, é a B.O.B - BARS OVER

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

BOTTLES COSMETICOS S.A., fundada em fevereiro de 2019. O valor médio de cada xampu sólido, no site, está em torno de R\$ 58,00 (B.O.B., 2025).

Embora praticamente não existam xampus sólidos para *Pets*, o preço do produto obtido neste trabalho foi comparado ao preço de algumas marcas de xampus líquidos para *Pets* conhecidas no mercado, como o xampu para *Pets* da marca Granado, que custa entre R\$ 45-53,00/500 mL, o Aumigos, da marca O Boticário, que está em torno de R\$ 50,00/400 mL e o Senses, da Hydra Pet Spa, que custa R\$ 170,00/1000mL. Considerando que o xampu em barra pode render até duas embalagens de 200 mL das versões líquidas convencionais, a barra de 90 g deve durar o dobro de um xampu líquido de 200 mL, equivalendo a um xampu de 400 mL. Portanto, o custo final do xampu sólido produzido nesta pesquisa está bem abaixo do mercado.

3.11. *Embalagem e rótulo do xampu sólido*

A embalagem para o xampu foi criada com base na composição do produto usando na nomenclatura INCI e a partir da breve descrição das características mais relevantes do xampu, da ilustração do selo de produto vegano sem sulfatos, plásticos e silicones, equivalência entre o xampu sólido e o xampu líquido e instruções de uso.

Além das informações descritas acima, foram selecionados os dois ingredientes mais relevantes e acrescentados ao nome do xampu na divisão principal da embalagem.

No Brasil, os cosméticos para *Pets* são regulados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e estão isentos de registro, sendo necessário apenas um cadastro nesse órgão. Em relação à estabilidade desses

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

produtos, os testes podem ser feitos com base na Instrução Normativa nº 15 de 9 de maio de 2005 do MAPA, que é um regulamento técnico para a análise da estabilidade de produtos farmacêuticos de uso veterinário.

De acordo com a legislação da União Europeia (UE), apenas produtos agrícolas e alimentos certificados podem ser comercializados como biológicos. Contudo, tal limitação legal não existe para produtos cosméticos. A ausência de regulamentação a nível da UE sobre cosméticos orgânicos levou ao desenvolvimento de certificações, para garantir aos consumidores o cumprimento de um conjunto de valores ambientais e níveis de segurança na utilização destes produtos. Assim, existem vários organismos de certificação globais que realizam inspeções e garantem que os produtos cosméticos são realmente naturais e orgânicos, de acordo com os critérios definidos. Existem muitas destas organizações em todo o mundo, as quais possuem critérios definidos pelos principais organismos de certificação europeus.

4. Conclusão

O mercado *Pet* tem assumido uma posição cada vez mais importante no crescimento da economia global. Pensar em produtos e soluções mais verdes também se tornou uma necessidade constante do setor industrial e da sociedade, que a cada dia demonstra uma grande preocupação com o meio ambiente e com as questões relativas à saúde e ao bem-estar. Nesse sentido, o biossurfactante com capacidade emulsificante foi produzido, caracterizado quanto às propriedades tensoativas e avaliado quanto à toxicidade, sendo utilizado juntamente com outros ingredientes para a produção do xampu sólido. Conservantes e extratos naturais foram combinados juntamente com o

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

biossurfactante, para obtenção de uma formulação eficiente e estável. A formulação foi caracterizada e avaliada quanto à toxicidade e seu uso comercial foi estimado. O biossurfactante mostrou-se eficiente como ingrediente inovador e o xampu sólido, formulado com ingredientes verdes e de baixa toxicidade, apresentou propriedades satisfatórias para aplicação em animais de estimação, como ausência de perfume e suavidade. O investimento em estratégias para utilizar o potencial tecnológico desses compostos naturais é o caminho para a produção de produtos mais seguros e com menor probabilidade de efeitos colaterais aos animais e à natureza e que contribuam de forma expressiva para a redução da poluição ambiental, fornecendo um cosmético inovador, seguro e prático em consonância com o desenvolvimento sustentável.

Financiamento

Esta pesquisa foi financiada pelas agências brasileiras Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Finance Code 001).

Agradecimentos

Os autores agradecem aos laboratórios da Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI)

Conflitos de Interesse

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Os autores declaram não haver conflito de interesses

Referências Bibliográficas

ABIHPEC (Associação Brasileira de Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos), 2023. Brasil. <https://abihpec.org.br/> (accessed 03 January 2025).

Agarwal, R.K., Bosco, S., 2017. Extraction processes of virgin coconut oil. *MOJ Food Process Technology*, 4, 54-56. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2017.04.00087>.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), 2015. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 15, de 24 de abril de 2015. Brasília, Ministério da Saúde, Brasil.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), 2010. Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos. Brasília: Ministério da Saúde, Brasil.

ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), 2004. Guia de estabilidade de produtos cosméticos. Brasília: Ministério da Saúde, Brasil.

Aguirre, T.A., 2014. Investigation of coco-glucoside as a novel intestinal permeation enhancer in rat models. *European J. Pharmaceutics Biopharmaceutics* 88, 856-865. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2014.10.013>.

Akbari, S., Abdurahman, N.H., Yunus, R.M., Fayaz, F., Alara, O.R., 2018. Biosurfactants—A new frontier for social and environmental safety: A mini review. *Biotechnol. Res. Innov.* 2, 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2018.09.001>.

Al Badi, K.A., Khan, S.A., 2014. Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos. *J. Basic Appl. Sci.* 3, 301-305. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.11.005>.

Allef, P., Hartung, C., Schilling, M., 2014. Aqueous hair and skin cleaning compositions comprising biosurfactants. US Patent 20140349902 A1.

AlQuadeib, B.T., Eltahir, E.K.D., Banafa, R.A., Al-Hadhairi, L.A., 2018. Pharmaceutical evaluation of different shampoo brands in local Saudi market. *Saudi Pharm. J.* 26, 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2017.10.006>.

Araujo, A., 2013. Avaliação da qualidade microbiana de sabonetes comercializados em feiras de artesanato de Brasília (Master Thesis, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasil. http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/13018/1/2013_AnaCarolinaFernandesAraujo.pdf (accessed 10 October 2024).

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

ABINPET (Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação), 2023. Brasil. <https://abinPet.org.br/2024/01/industria-Pet-cresce-11em-em-relacao-a-2022/> (accessed 25 November 2024).

Azadbakht, M., Monadi, T., Esmaeili, Z., Chabra, A., Tavakoli, N., 2018. Formulation and evaluation of licorice shampoo in comparison with commercial shampoo. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 10, 208. https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS_243_17.

Aziz, Z.A. A., Setapar, S.H.M., Khatoon, A., Ahmad, A., 2021. The potential use of biosurfactants in cosmetics and dermatological products: Current trends and future prospects, in: Sarma, H., and Prasad, M.N.V. (Eds.), *Biosurfactants for a Sustainable Future: Production and Applications in the Environment and Biomedicine*. John Wiley & Sons, New York, pp. 397-421. <https://doi.org/10.1002/9781119671022.ch18>.

Batista, E.S., Costa, A.G.V., Pinheiro-Sant'ana, H.M., 2007. Adding vitamin E to foods: implications for the foods and for human health. *Revista de Nutrição*, 20, 525-535.

Bellaver, C., Zanotto, D.L., 2004. Parâmetros de qualidade em gorduras e subprodutos protéicos de origem animal. Conferência APINCO, Santos, Brasil. https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/parametros_qualidade_gorduras_e_subprodutos_proteicos_de_origem_animal_000fyrf0t6n02wx5ok0pvo4k33hlhtkv.pdf. (accessed 05 December 2024).

Bezerra, K.G.O., Durval, I.J.B., Silva, I.A., Almeida, F.C.G., Melo, Y.T.F., Rufino, R.D., Sarubbo, L.A., 2020. Emulsifying capacity of biosurfactants from *Chenopodium quinoa* and *Pseudomonas aeruginosa* UCP 0992 with focus of application in the cosmetic industry. *Chem. Eng. Trans.* 79, 211-216. <https://doi.org/10.3303/CET2079036>.

Bezerra, K.G.O., Rufino, R.D., De Luna, J.M., Sarubbo, L.A., 2018. Saponins and microbial biosurfactants: potential raw materials for the formulation of cosmetics. *Biotechnol. Progress*, 34, 1482-1493, 2018. <https://doi.org/10.1002/btpr.2682>.

Bom, S., Jorge, J., Ribeiro, H.M., Marto, J., 2019. A step forward on sustainability in the cosmetics industry: A review. *J. Cleaner Prod.* 225, 270-290. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.255>.

Caldas, M.C.F., Silva, R.R., Meira, H.M., Silva, G.S., Sarubbo, L.A., Luna, J.M., 2024. Biosurfactant production using *Candida tropicalis* URM 1150 and its application in the bioremediation of coast environments impacted by oil spills. *Front. Biosci.* 16, 33. <https://doi.org/10.31083/j.fbe1604033>.

Campbell, K.L., 2006. *The Pet Lover's Guide to Cat & Dog Skin Diseases*. Elsevier, St Louis.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Carandang, E.V., 2008. Health benefits of virgin coconut oil. *Indian Coconut Journal*, XXXI, 8-12.

COSMETIC INNOVATION, 2024. Brasil.

<https://cosmeticinnovation.com.br/mercado-brasileiro-de-Pet-care-crescera-mais-de-55-nos-proximos-5-anos/> (accessed 05 December 2024).

Cooper, D.G., Goldenberg, B.G., 1987. Surface-active agents from two *Bacillus* species. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53, 224-229.

<https://doi.org/10.1128/aem.53.2.224-229.1987>.

COSMÉTICOS naturais, orgânicos e veganos. *Cosmetics & Toiletries Brasil*, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 30–36, maio/jun. 2019.

Couteau, C., Diarra, H., Schmitt, Z., Coiffard, L., 2019. Study of the composition of 140 shampoos; similarities and differences depending on the sales channel used. *European J. Dermatol.* 29, 141-159.

<https://doi.org/10.1684/ejd.2019.3531>.

da Silva, P.F.F., da Silva, R.R., Sarubbo, L.A., Guerra, J.M.C., 2024. Production and optimization of biosurfactant properties using *Candida mogii* and Licuri oil (*Syagrus coronata*). *Foods*, 13, 4029. <https://doi.org/10.3390/foods13244029>.

Dardouri, M., Bettencourt, A., Martin, V., Carvalho, F.A., Santos, C., Monge, N., Santos, N.C., Fernandes, M.H.; Gomes, P.S., Ribeiro, I.A.C., 2022. Using plasma mediated covalent functionalization of rhamnolipids on polydimethylsiloxane towards the antimicrobial improvement of catheter surfaces. *Biomater. Adv.* 34, 112563. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112563>.

Desanto, K., 2008. Rhamnolipid-based formulations. WO Patent 2008013899 A2.

Draelos, Z.D., 2013. Aging Skin: The Role of Diet: Facts and Controversies. *Clinics in Dermatology*, 31, 701-706.

<https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2013.05.005>.

D'souza, P., Rathi, S.K., 2015. Shampoo and conditioners: What a dermatologist should know? *Indian Journal of Dermatology*, 60, 248-254.

<https://doi.org/10.4103/0019-5154.156355>.

ECYCLE, 2024. Cosméticos sustentáveis: o que são e como identificá-los.

<https://www.ecycle.com.br/cosmeticos-sustentaveis/> (accessed 02 June 2024).

Farias, C.B.B., De Almeida, F.C.G., Da Silva, I.A., Souza, T.C., Meira, H.M., Da Silva, R.C.F.S., Luna, J.M., Dos Santos, V.A., Converti, A., Banat, I.M.,

Sarubbo, L.A., 2021. Production of green surfactants: Market prospects. *Electronic J. Biotechnol.* 51, 28-39.

<https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2021.02.002>.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Farias, J.M., Stamford, T.C.M., Resende, A.H.M., Aguiar, J.S., Rufino, R.D., Luna, J.M., Sarubbo, L.A., 2019. Mouthwash containing a biosurfactant and chitosan: An eco-sustainable option for the control of cariogenic microorganisms. *Int. J. Biol. Macromol.* 129, 853–860. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.090>.

Ferreira, A., Vecino, X., Ferreira, D., Molde, A.D. Rodrigues, L.R., 2017. Novel cosmetic formulations containing a biosurfactant from *Lactobacillus paracasei*. *Col. Surf. B: Biointerfaces*, 155, 522–529. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2017.04.026>.

Fluhr, J.W., 2008. Glycerol and the skin: holistic approach to its origin and functions. *British Journal of Dermatology*, 159, 23-34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2008.08643.x>.

Franquilino, E., 2024. Em ritmo de expansão. *Revista de Negócios da Indústria da Beleza. Edição Temática Digital*, 85.

Freire, P.L.L., Stamford, T.C.M., Albuquerque, A.J.R., Sampaio, F.C., Cavalcante, H.M.M., Macedo, R.O., Galembeck, A., Flores, M.A.P., Rosenblatt, A., 2015. Action of silver nanoparticles towards biological systems: Cytotoxicity evaluation using hen's egg test and inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm formation. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 45, 183–187. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2014.09.007>.

Fukuoka, T., Morita, T., Konishi, M., Imura, T., Sakai, H., Kitamoto, D., 2007. Structural characterization and surface-active properties of a new glycolipid biosurfactant, mono-acylated mannosylerythritol lipid, produced from glucose by *Pseudozyma antarctica*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 76, 801–810. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-1051-4>.

Gadhawe, A., 2014. Determination of hydrophilic-lipophilic balance value. *Int. J. Sci. Res.* 3, 573–575.

Gaur, V.K., Regar, R.K., Dhiman, N., Gautam, K., Srivastava, J.K., Patnaik, S., Kamthan, M., Manickam, N., 2019. Biosynthesis and characterization of sophorolipid biosurfactant by *Candida* spp.: Application as food emulsifier and antibacterial agent. *Bioresour. Technol.* 285, 121314. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121314>.

Gubitosa, J., Rizzi, V., Fini, P., Cosma, P., 2019. Hair care cosmetics: From traditional shampoo to solid clay and herbal shampoo: A Review. *Cosmetics*, 6, 13. <https://doi.org/10.3390/cosmetics6010013>.

ICCVAM (Interagency Coordinating Committee on the Validation of Alternative Methods), 2010. Recommended test method protocol: Hens Egg Test–chorioallantoic membrane (HET-CAM) test method. ICCVAM test method eval rep 13, B30–B38.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Jadhav, J.V., Pratap, A.P., Kale, S.B., 2019. Evaluation of sunflower oil refinery waste as feedstock for production of sophorolipid. *Process Biochem.* 78, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.01.015>.

Konishi, M., Yoshida, Y., Horiuchi, J., 2015. Efficient production of sophorolipids by *Starmerella bombicola* using a corncob hydrolysate medium. *J. Biosci. Bioeng.* 119, 317-322. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2014.08.007>.

Lima, B.G.A., Santos, J.C.V., Silva, R.R., Caldas, M.C.F., Meira, H.M., Rufino, R.D., Sarubbo, L.A., Luna, J.M., 2024. Sustainable production of biosurfactant grown in medium with industrial waste and use for removal of oil from soil and seawater. *Surfaces*, 7, 537–549. <https://doi.org/10.3390/surfaces7030036>.

Maranz, S., Wiesma, Z., 2004. Influence of climate on the tocopherol content of shea butter. *J. Agricultural Food Chem.* 52, 2934-2937. <https://doi.org/10.1021/jf035194r>.

Medeiros, A.O., da Silva, M.G.C., Converti, A., de Almeida, F.C.G., Sarubbo, L.A., 2024. Development of natural fungicidal agricultural defensives using microbial glycolipid and vegetable oil blends. *Surfaces* 7, 879–897. <https://doi.org/10.3390/surfaces7040058>.

Meylheuc, T., van Oss, C.J., Bellon-Fontaine, M.N., 2001. Adsorption of biosurfactant on solid surfaces and consequences regarding the bioadhesion of *Listeria monocytogenes* LO28. *J. Appl. Microbiol.* 91, 822. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2001.01455x>.

MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento), 2005. Instrução Normativa Nº 15, de 9 de junho de 2005. Regulamento Técnico para Testes de Estabilidade de Produto Farmacêutico de Uso Veterinário, Brasil. <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1775629259> (accessed 13 March 2024).

Morselli, L.N. da S., 2014. Estudos de pré-formulação e desenvolvimento de cosméticos Dimora Del Sole. (Monography, Curso de Farmacêutica-Bioquímica, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, Brasil. <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/b1fcaa21-aa5b-4149-bc11-6a418fb31184> (accessed 15 October 2024).

Patel, H., Patel, H., Zangariya, S., Patel, S., Patel, S., Vasava, D., 2023. Formulation and evaluation of herbal solid shampoo. *J. Emerging Technol. Innovative Res.* 10, 1289-1294.

Pires-Oliveira, R., Joekes, I., 2014. UV–vis spectra as an alternative to the Lowry method for quantify hair damage induced by surfactants. *Col. Surfaces B: Biointerfaces*, 123, 326-330. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.09.035>.

Rebello, T., 2017. Guia de Produtos Cosméticos, 12 ed. Senac São Paulo, São Paulo.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Resende, A.H.M., Farias, J.M., Silva, D.D.B., Rufino, R.D., Luna, J.M., Stamford, T.C.M., Sarubbo, L.A., 2019. Application of biosurfactants and chitosan in toothpaste formulation. *Col. Surfaces B: Biointerfaces*, 181, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.05.032>.

Ribeiro, B.G., Guerra, J.M.C., Sarubbo, L.A., 2020b. Potential food application of a biosurfactant produced by *Saccharomyces cerevisiae* URM 6670. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 8, 434. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00434>.

Ribeiro, B.G., Leão, V.L.X.S., Guerra, J.M.C., Sarubbo, L.A., 2023. Cookies and muffins containing biosurfactant: textural, physicochemical and sensory analyses. *J. Food Sci. Technol.* 60, 2180–2192. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05745-9>.

Ribeiro, B.G., Veras, B.O., Aguiar, J.S., Guerra, J.M.C., Sarubbo, L.A., 2021a. Biosurfactant produced by *Candida utilis* UFPEDA1009 with potential application in cookie formulation. *Electronic J. Biotechnol.* 46, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2020.05.001>.

Rieger, M.M., Rhein, L.D., 2017. *Surfactants in Cosmetics*, second ed. Taylor & Francis, New York. 658 p. <https://doi.org/10.1201/9780203737743>.

Rodriguez-Lopez, L., Rincon-Fontan, M., Vecino, X., Cruz, J.M., Moldes, A.B., 2019. Preservative and irritant capacity of biosurfactants from different sources: a comparative study. *J. Pharm. Sci.* 108, 2296–2304. <https://doi.org/10.1016/j.xphs.2019.02.010>.

Santos, D.K.F, Luna, J.M., Rufino, R.D., Santos, V.A., Sarubbo, L.A., 2016. Biosurfactants: multifunctional materials of the XXI century. *International J. Mol. Sci.* 17, 401. <https://doi.org/10.3390/ijms17030401>.

Sarubbo, L.A., Rocha Jr, R.B., De Luna, J.M., Rufino, R.D., Santos, V.A., Banat, I.M., 2015. Some aspects of heavy metals contamination remediation and role of biosurfactants. *Chem. Ecol.* 31, 707–723. <https://doi.org/10.1080/02757540.2015.1095293>.

Sarubbo, L.A., Silva, M.G.C., Durval, I.J.B., Bezerra, K.G.O., Ribeiro, B.G., Silva, I.A., Banat, I.M., 2022. Biosurfactants: production, properties, applications, trends, and perspectives. *Biochem. Eng. J.* 181, 108377. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108377>.

Secchi, G. Role of protein in cosmetics. *Clinics in Dermatol.* 26, 321-325, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2008.04.004>.

Selva Filho, A.A.P., Faccioli, Y.E., Converti, A., da Silva, R.d.C.F.S., Sarubbo, L.A., 2024. Maximization of the production of a low-cost biosurfactant for application in the treatment of soils contaminated with hydrocarbons. *Sustainability*, 16, 7970. <https://doi.org/10.3390/su16187970>.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Setapar, M.S.H., Nasir, M.H.M., 2018. Natural ingredients in cosmetics from Malaysian plants: a Review. *Sains Malaysiana*, 47, 951–959.
<https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4705-10>.

Shah, M.U.H., Sivapragasam, M., Moniruzzaman, M., Talukder, M.M.R., Yusup, S.B., Goto, M., 2017. Production of sophorolipids by *Starmerella bombicola* yeast using new hydrophobic substrates. *Biochem. Eng. J.* 127, 60-67.
<https://doi.org/10.1016/j.bej.2017.08.005>.

Siaan, M.M., Anwair, M.A.S., Elmajeri, M.A., Zeglam, T.H., Ramadan, M.A., Almog, T., Elmezogi, J.S., 2014. Evaluation of some brands of shampoos according to the Libyan standard specification. *J. Biomedical Pharm. Res.*, 3, 52-57.

Silva, I.A., Fortunato, J.G.L.A., Almeida, F.C.G., Alves, R.N., Cunha, M.C.C., Rufino, R.D., Fernandes, M.L.B., Sarubbo, L.A., 2024. Production and application of a new biosurfactant for solubilisation and mobilisation of residual oil from sand and seawater. *Processes*, 12, 1605.
<https://doi.org/10.3390/pr12081605>.

Silva, I.G.S., de Almeida, F.C.G., da Rocha e Silva, N.M.P., de Oliveira, J.T.R., Converti, A., Sarubbo, L.A., 2021. Application of green surfactants in the remediation of soils contaminated by hydrocarbons. *Processes*, 9, 1666.
<https://doi.org/10.3390/pr9091666>.

Sinclair, R.D., 2007. Healthy hair: what is it? *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*, 12, 2-5.
<https://doi.org/10.1038/sj.jidsymp.5650046>.

Steiling, W., Bracher, M., Courtellemont, P., De Silva, O., 1999. The HET-CAM, a useful in vitro assay for assessing the eye irritation properties of cosmetic formulations and ingredients. *Toxicology in Vitro*, 13, 375–384.
[https://doi.org/10.1016/S0887-2333\(98\)00091-5](https://doi.org/10.1016/S0887-2333(98)00091-5).

Tagliapietra, B.L., Soares, C.F., Clerici, M.T.P.S., 2024. Rice (*Oryza sativa* L.) and its products for human consumption: general characteristics, nutritional properties, and types of processing. *Food Science and Technology*, 44, e00292.
<https://doi.org/10.5327/fst.00292>.

Tamayo, F.M.J., Vinocunga-Pillajo, R.D., Zurita, S.N.G., 2024. Formulation of a solid shampoo with *Oenocarpus bataua* oil, cocoa butter, and *Cinchona officinalis*. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 11, 26-35, 2024.
<http://doi.org/10.26423/rctu.v11i2.844>.

Thompson, D., Lemaster, C., Allen, R., Whittam, J., 1985. Evaluation of relative xampu detergency. *J. Soc. Cosmet. Chem.* 286, 271–286.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Toxicology Risk Assessment Consulting, 2024. Caprylyl glycol (CAS #1117-86-8): Greenscreen® for Safer Chemicals Assessment. GreenScreen® Chemical Assessment Report Template, Washington, USA.

Trevor, F., Crawford, R., Garry, L., 2013. Mild to the skin, foaming detergent composition. US Patent 8563490 B2.

Urbina, L., Algar, I., Garcia-Astrain, C., Gabilondo, N., Gonzalez, A., Corcuera, M., Eceiza, A., Retegi, A., 2016. Biodegradable composites with improved barrier properties and transparency from the impregnation of PLA to bacterial cellulose membranes. *Journal of Applied Polymer Science*, 133, 43669. <https://doi.org/10.1002/app.43669>.

Van Bogaert, I.N.A., Soetaert, W., 2011. Sophorolipids, in: Soberón-Chávez, G. (Ed.), *Biosurfactants. Microbiology Monographs*. Springer, Heidelberg, pp. 179–210. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14490-5>.

Varjani, S. J., Upasani, V. N., 2017. Critical review on biosurfactant analysis, purification and characterization using rhamnolipid as a model biosurfactant. *Bioresource Technology*, 232, 389–397. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.047>.

Varjani, S.J., Upasani, V.N., 2016. Carbon spectrum utilization by an indigenous strain of *Pseudomonas aeruginosa* NCIM 5514: Production, characterization and surface-active properties of biosurfactant. *Bioresour. Technol.* 221, 510-516. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.09.080>.

Vecino, X., Rodríguez-Lopez, L., Ferreira, D., Cruz, J. M., Moldes, A.B., Rodrigues, L.R., 2017. Bioactivity of glycolipopeptide cell-bound biosurfactants against skin pathogens. *Int. J. Biol. Macromol.* 109, 971–979. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.088>.

Wagemaker, T.A.L., 2017. Desenvolvimento de formulações cosméticas para animais de estimação: desafios e perspectivas. *Revista do Instituto de Ciências da Saúde*, 37, 272-5.

Wilson, T.D., Steck, W.F., 2000. A modified HET-CAM assay approach to the assessment of anti-irritant properties of plant extract. *Food Chem. Toxicol.* 38, 867–872. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(00\)00091-0](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(00)00091-0).

Wit, J.C., Rombouts, F.M., 1990. Antimicrobial activity of sodium lactate. *Food Microbiol.* 7, 113-120. [https://doi.org/10.1016/0740-0020\(90\)90017-C](https://doi.org/10.1016/0740-0020(90)90017-C).

Zhang, Y., Alsop, R. J., Soomro, A., Yang, F., Rheinstädter, M.C., 2015. Effect of shampoo, conditioner and permanent waving on the molecular structure of human hair. *PeerJ*, 3, 1-16. <https://doi.org/10.7717/peerj.1296>.

CAPÍTULO IV

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados permitem as seguintes conclusões:

- A *Starmerella bombicola* ATCC 222214 demonstrou grande potencial como produtora de composto com atividades surfactante e emulsificante para uso em cosméticos.
- O biossurfactante produzido apresentou elevado potencial como agente tensoativo, alcançando um valor de tensão superficial equivalente aos valores descritos na literatura para microrganismos reconhecidos como superprodutores de biossurfactantes.
- O biossurfactante produzido pode ser utilizado como emulsificante de óleos vegetais, evidenciando sua aplicação na formulação de cosméticos.
- O biossurfactante apresenta potencial como agente umectante na formulação de cosméticos.
- O biossurfactante tem natureza iônica e glicolípídica, conforme observado para biossurfactantes descritos na literatura.
- O surfactante microbiano demonstrou não apresentar toxicidade, destacando-se como uma alternativa segura para aplicações industriais.
- A possível utilização comercial do biossurfactante como aditivo biotecnológico está alinhada com as políticas de preservação ambiental e redução de impactos nos ecossistemas, consolidando-o como uma solução sustentável e inovadora.
- A combinação de ingredientes verdes garantiu a obtenção de um xampu sólido seguro para uso em animais de estimação.
- A formulação se apresentou adequada quanto às propriedades esperadas para uso em animais de estimação.
- A formulação se apresentou eficiente e estável para uso em animais de estimação.

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

- A formulação mostrou-se segura do ponto de vista tóxico e da presença de contaminantes.
- O xampu sólido apresenta um preço competitivo frente a xampus líquidos comercializados.
- O desenvolvimento do xampu sólido para *pets* se apresenta como uma inovação tecnológica, segura e prática, em consonância com o desenvolvimento sustentável.
- A formulação obtida contribui com a redução do uso de embalagens plásticas e com o consumo de água do planeta.

2. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

O desenvolvimento de estudos futuros, com o objetivo de trazer melhorias e explorar novas aplicações, inclui as seguintes direções:

- Aumento de escala de produção em biorreator semi-industrial, identificar o ponto ótimo de operação que maximize a produção e permita a obtenção de uma maior concentração do biossurfactante isolado.
- Desenvolver outros produtos cosméticos verdes para *pets*, como agentes condicionadores e hidratantes, a fim de oferecer ao mercado uma linha completa de cosméticos inovadores para esse mercado em crescimento.

3. Apêndice

3.1 Artigo publicado na Revista Fermentation, Fator de Impacto 3.88 e Qualis A2.



Article

Production of a Biosurfactant for Application in the Cosmetics Industry

Ana Paula Barbosa Cavalcanti ^{1,2}, Gleice Paula de Araújo ^{2,3}, Káren Gercyane de Oliveira Bezerra ², Fabíola Carolina Gomes de Almeida ², Maria da Glória Conceição da Silva ², Alessandra Sarubbo ^{2,4}, Cláudio José Galdino da Silva Júnior ², Rita de Cássia Freire Soares da Silva ² and Leonie Asfora Sarubbo ^{1,2,*}

- ¹ Escola de Tecnologia e Comunicação, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Rua do Príncipe, n. 526, Boa Vista, Recife 50050-900, Brazil; arjoapocrifo@gmail.com
- ² Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI), Rua Potyra, n. 31, Prado, Recife 50751-310, Brazil; gleice.araujo@iati.org.br (G.P.d.A.); karen.oliveira@iati.org.br (K.G.d.O.B.); fabiola.almeida@iati.org.br (F.C.G.d.A.); gloria.silva@iati.org.br (M.d.G.C.d.S.); alesarubbo@gmail.com (A.S.); claudiojunior@iati.org.br (C.J.G.d.S.J.); rita.freire@iati.org.br (R.d.C.F.S.d.S.)
- ³ Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO), Universidade Federal Rural Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife 52171-900, Brazil
- ⁴ Caprichar srl, Via Bellini, 27, Praia a Mare, 87028 Cosenza, Italy
- * Correspondence: leonie.sarubbo@unicap.br

Abstract

The cosmetics industry has been seeking to develop products with renewable natural ingredients to reduce the use of or even replace synthetic substances. Biosurfactants can help meet this demand. These natural compounds are renewable, biodegradable, and non-toxic or have low toxicity, offering minimal risk to humans and the environment, which has attracted the interest of an emerging consumer market and, consequently, the cosmetics industry. The aim of the present study was to produce a biosurfactant from the yeast *Starmerella bombicola* ATCC 22214 cultivated in a mineral medium containing 10% soybean oil and 5% glucose. The biosurfactant reduced the surface tension of water from 72.0 ± 0.1 mN/m to 33.0 ± 0.3 mN/m after eight days of fermentation. The yield was 53.35 ± 0.39 g/L and the critical micelle concentration was 1000 mg/L. The biosurfactant proved to be a good emulsifier of oils used in cosmetic formulations, with emulsification indices ranging from $45.90 \pm 1.69\%$ to $68.50 \pm 1.10\%$. The hydrophilic-lipophilic balance index demonstrated the wetting capacity of the biosurfactant and its tendency to form oil-in-water (O/W) emulsions, with $50.0 \pm 0.20\%$ foaming capacity. The biosurfactant did not exhibit cytotoxicity in the MTT assay or irritant potential. Additionally, an antioxidant activity of $58.25 \pm 0.32\%$ was observed at a concentration of 40 mg/mL. The compound also exhibited antimicrobial activity against various pathogenic microorganisms. The characterisation of the biosurfactant using magnetic nuclear resonance and Fourier transform infrared spectroscopy revealed that the biomolecule is a glycolipid with an anionic nature. The results demonstrate that biosurfactant produced in this work has potential as an active biotechnological ingredient for innovative, eco-friendly cosmetic formulations.

Keywords: *Starmerella bombicola*; microbial surfactant; sustainable development



Academic Editor: Cristiano J. De Andrade

Received: 24 June 2025

Revised: 23 July 2025

Accepted: 1 August 2025

Published: 2 August 2025

Citation: Cavalcanti, A.P.B.; de Araújo, G.P.; Bezerra, K.G.d.O.; de Almeida, F.C.G.; da Silva, M.d.G.C.; Sarubbo, A.; da Silva Júnior, C.J.G.; Soares da Silva, R.d.C.F.; Sarubbo, L.A. Production of a Biosurfactant for Application in the Cosmetics Industry. *Fermentation* **2025**, *11*, 451. <https://doi.org/10.3390/fermentation11080451>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The cosmetics sector experienced significant growth in the 20th Century, especially in developed nations. The expansion of means of communication contributed significantly

to the promotion and marketing of these products, in addition to driving technological innovations. By the end of the century, the cosmetics industry had established itself as a considerably important segment of the economic landscape [1].

New technologies and concerns emerged with the advance of the cosmetics market. The sector began to invest in improving raw materials, equipment, packaging, and formulation methods, such as microemulsions, liposomes, nanotechnology, biotechnology, and sustainable practices. Attention to the quality, safety, stability, and efficacy of products also intensified, which are fundamental aspects for innovation in the sector [1,2].

Large cosmetics companies can produce as much as ten thousand different cosmetic products, with as much as 30% of these products reformulated every year. Approximately 10% of reformulated products employ novel active ingredients, with around 80 new ingredients introduced into the product portfolio of these companies annually [3,4]. Moreover, the growing concern for sustainability has led industries to prioritise practices directed at the preservation of natural resources and the assessment of the environmental impacts of cosmetics. Thus, sustainable cosmetics—also known as green cosmetics—have been gaining ground, reflecting the consumer trend towards natural organic products [1,5].

Shampoos, which are the most widely consumed cosmetic products, contain surfactants with emulsifying properties and other additives that have benefits for the skin, while also making the consistency and look of the product appealing to consumers [6].

Surfactants have hydrophobic and hydrophilic portions that preferentially partition between fluid phases with different degrees of polarity, forming an ordered molecular film that results from the reduction in surface/interfacial tension [7]. Hydrocarbon chains or aglycones generally compose the hydrophobic portion, whereas a hydroxyl, ester, phosphate, sugar, or carboxyl group generally composes the hydrophilic portion [8,9].

The main properties of surfactants include the ability to form foams, emulsions, and suspensions as well as to provide surface detergency, wetting, and the formation of liquid films. These properties give surfactants a range of applications that go beyond the cleaning and cosmetics industries, with uses also in the petrochemical/oil, textile, agricultural, paint, pharmaceutical, leather, and paper industries [10].

An effective surfactant has the ability to lower surface and interfacial tensions, thus enabling greater interaction between molecules of different polarities [9]. The lowest concentration of a surfactant required to achieve the lowest surface tension is known as the critical micelle concentration (CMC). When the CMC is reached, the amphipathic molecules are aggregated, with the hydrophilic portions positioned towards the external part of the molecule and the hydrophobic portions positioned towards the internal part [11], and no additional amount of surfactant will further reduce the surface tension. Thus, surfactants with a low CMC are preferable over those with a higher CMC [12].

Most commercially available surfactants are not biodegradable and are toxic to both humans and the environment [13]. Chemical surfactants are derived from by-products of the petroleum industry and account for the vast majority of surfactants on the market [14]. As these surfactants are produced on a large scale, the prices are much more competitive. However, synthetic surfactants are toxic, and degradation takes a long time [15].

Synthetic surfactants of sulphate origin, such as sodium lauryl sulphate, sodium lauryl ether sulphate, and ammonium lauryl sulphate, are among the most widely used in shampoo formulations. With the spread of information that “sulphated” products can be harmful to health, consumers have been searching for formulations without these surfactants, and it is currently possible to find the term sulphate-free on some labels, referring to the absence of sulphated surfactants in the composition [16].

Therefore, the search for natural surfactants as an alternative to synthetic compounds is necessary, as natural surfactants have a high rate of biodegradability, low toxicity, envi-

ronmental compatibility, and stability in a broad range of temperatures, pH values, and salt concentrations. The increase in environmental concerns among consumers, combined with new environmental legislation, are other factors that encourage the development of products with natural components, such as green surfactants [9].

A diversity of living organisms is able to synthesise green surfactants, such as microorganisms and plants, as well as bile salts produced by animals [14]. Microorganisms, in particular, are able to produce surfactants with a variety of molecular structures and surfactant activities when grown on different substrates that serve as carbon sources, such as hydrocarbons, carbohydrates, oils, and fats. These green surfactants are better known scientifically as biosurfactants and are some of the most promising biomolecules of this century [10,17].

Traditional surfactants pose significant environmental and health concerns due to their toxicity, persistence in ecosystems, and potential to cause skin and eye irritation or allergic reactions in humans. In contrast, biosurfactants offer a safer and more sustainable alternative. These characteristics make biosurfactants especially attractive for use in personal care, pharmaceutical, and environmental applications, where minimising ecological impact and ensuring consumer safety are increasingly critical priorities [9,13–17].

Lifetime CO₂ emissions would be reduced by 8% if synthetic surfactants were replaced with biosurfactant, avoiding the release of approximately 1.5 million tons of CO₂ into the atmosphere. Biosurfactants currently account for approximately one-tenth of the global production of surfactants which corresponds to roughly 10,000,000 tons every year [9,18]. Investments in research applied to these biomolecules have a good chance of being applicable in innovative cosmetic reformulations that ensure greater safety [19].

The wetting, foaming, solubilising, and dispersing properties of biosurfactants are essential to cosmetics. Foaming is considered a desirable property in shaving creams, soaps, and shampoos. Wetting ability facilitates the penetration of water-in-oil creams into skin. Solubilising and dispersing enable the incorporation of pigments into nail polish and hair dyes [20].

The classification of surfactants of a microbial origin is performed based on chemical composition and the type of producing microorganism. The largest classes are lipopeptides, glycolipids, particulate surfactants, fatty acids, polymeric surfactants, and phospholipids [10]. Vecino et al. [21] state that microbial biosurfactants exhibit surface properties suitable for cosmetic applications, especially when combined with their biological activities. The development of formulations using biosurfactants as active ingredients is a promising possibility and investment in research for the development of these biomolecules can result in innovative, safe formulations in the market [22].

Glycolipids are promising for use in cosmetic formulations, offering the advantages of high selectivity, low toxicity, ecological acceptance, and high biodegradability. Sophorolipids are produced by the yeast *Candida (Starmerella) bombicola* and have no cytotoxic effects. This type of glycolipid has received approval from the US Food and Drug Administration for use in different industries [23–25]. The hydrophilic portion of sophorolipids is formed by a sophorose molecule linked to a long chain of fatty acids (hydrophobic portion) through a β -glycosidic bond. Sophorose is a glucose disaccharide with an unusual β -1,2 bond that can be acetylated at the 6' and/or 6'' positions. The fatty acid chain generally contains 16 or 18 carbon atoms, such that the carboxylic extremity of the fatty acid can be free (acidic form, which is anionic under alkaline conditions) or internally esterified in the 4'' position or 6'/6'' position (lactone form, which is neutral) (Figure 1) [25,26].

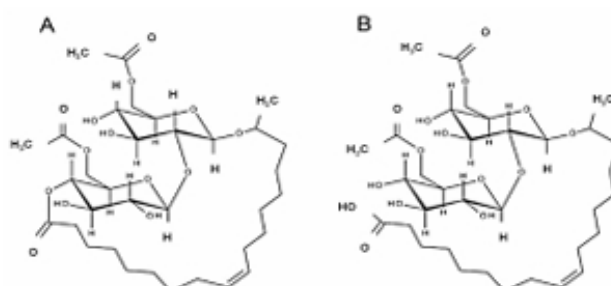


Figure 1. Molecular representation of two forms of sophorolipids: (A) lactone form; (B) acidic form.

Sophorolipids have been used as active ingredients in personal care products, mainly as detergents, foaming agents, wetting agents, stabilisers, and emulsifiers [27]. Sophorolipids have low cytotoxicity to human fibroblasts and keratinocytes and can enhance collagen synthesis in the dermis of the skin, thus serving as an anti-ageing agent [28].

The use of sustainable ingredients, which is increasingly valued in the international market, can constitute a prosperous investment for the cosmetics industry. Thus, the aim of the present study was to produce a biosurfactant with emulsifying properties for application in green formulations. The methodologies employed were designed to demonstrate the suitability of the biosurfactant for the cosmetic industry.

2. Materials and Methods

2.1. Production of Biosurfactant

The yeast *Starmerella bombicola* ATCC 22214 was tested as a biosurfactant producer and was maintained in a yeast mould agar (YMA) medium with the following composition: yeast extract (0.3%), peptone (0.5%), D-glucose (1%), agar (2%), and distilled water q.s.p. (100 mL). For sterilisation, the solubilised components were placed in an autoclave for 20 min at 121 °C. The growth medium was yeast mould broth (YMB) (exclusion of agar). The culture was transferred to a tube containing YMB medium to obtain a young culture and standardise the inoculum, followed by transference of the sample to flasks containing 250 mL of YMB and incubation under orbital stirring at 200 rpm and 28 °C for 48 h. Dilutions were then obtained, achieving a final cell concentration of 10% (v/v).

For biosurfactant production, the yeast was placed in a medium consisting of 10% soybean oil, 5% glucose, 0.5% yeast extract, 0.1% KH_2PO_4 , 0.07% peptone, 0.05% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, and 0.01% sodium chloride. Production was performed in 2 L Erlenmeyer flasks with orbital stirring at 200 rpm and 28 °C for a period of eight days (192 h).

2.2. Isolation of Biosurfactant

The biosurfactant contained in the metabolic broth obtained after fermentation was extracted twice with ethyl acetate at a ratio of 1:2 (v/v). The extract collected in the solvent was centrifuged for 15 min at 4500 rpm to remove the microorganism and filtered through Whatman No. 1 paper and set to dry on a hot plate in the exhaust hood. After drying, 80% ethyl alcohol was added for dissolution and the solution was transferred to a separatory funnel. Hexane was added at a ratio of 1:3 (v/v) and the contents were shaken vigorously. The alcoholic portion was collected and placed to evaporate in a laboratory oven at 60 °C until dry [29].

2.3. Determination of Surface Tension and Critical Micelle Concentration of Biosurfactant

A Sigma 700 tensiometer (KSV Ltd., Helsinki, Finland) and du Nouty ring were used to determine surface tension. For such, the platinum ring was immersed in the liquid and the force needed to pull the ring through the liquid–air interface was recorded.

2.4. Determination of Ionic Charge of Biosurfactant

The modified double diffusion in agar method was used to determine the ionic charge of the biosurfactant [30]. Two test tubes were prepared with low-viscosity agar (1% solution). The solution of the isolated biosurfactant was added to one of the tubes, whereas the second tube contained a pure compound whose ionic charge was known. Sodium dodecyl sulphate (SDS) (concentration: 0.02 M) was used as the anionic substance and barium chloride (concentration: 0.05 M) was the cationic substance. Monitoring was performed at room temperature for 48 h to observe the emergence of precipitation, indicating the anionic or cationic nature of the biosurfactant.

2.5. Determination of Emulsification Activity of Biosurfactant

To determine emulsification activity, a solution of the isolated biosurfactant was prepared at its previously determined CMC (1 g/L) and analysed following the method described by Cooper and Goldenberg [31]. An oily substrate (3.0 mL of grape seed oil, coconut oil, almond oil, neem oil, and avocado oil), was placed in a graduated tube with the biosurfactant solution (3.0 mL). The tube was vortexed for two minutes. After 24 h, the height of the emulsion was divided by the total height of the mixture and the quotient as multiplied by 100 to provide the percentage of the emulsion formed in the tube, thus determining the emulsification index.

2.6. Determination of Hydrophilic–Lipophilic Balance of Biosurfactant

The hydrophilic–lipophilic balance (HLB) was determined for the biosurfactant through the rapid determination of emulsion stability [32]. The oil phase was mineral oil, whose HBL was 10.5. Tween 20 (HLB: 16.7) and Tween 80 (HLB: 15.0) were the co-emulsifiers used along with the biosurfactant. After three to five min of centrifugation at 10,000 rpm, the emulsions formed using different mixtures of emulsifiers were analysed for stability. Griffin's equation (Equation (1)) was used to determine the HLB value of the biosurfactant based on the most stable emulsions:

$$\text{HLB of mineral oil} = (W_{\text{Tween}} \times \text{HLB}_{\text{Tween}} + W_{\text{biosurfactante}} \times \text{HLB}_{\text{biosurfactant}}) / (W_{\text{Tween}} + W_{\text{biosurfactant}}) \quad (1)$$

in which W is the weight (quantity) of the emulsifier and the HLB is the value for the emulsifier, where the HLB of the mineral oil is the value required for the type of emulsion desired. Water solubility and the HLB are classified as follows: 1–4 = no ability to disperse in water; 3–6 = little dispersibility in water; 6–8 = unstable milky dispersion after emulsification; 8–10 = stable milky dispersion; 10–13 = translucent to clear solution; and >13 = clear solution. The application of surfactants according to the HLB range is classified as follows: 4–6 = water-in-oil (W/O) emulsifiers; 7–9 = wetting agents; 8–18 = oil-in-water (O/W) emulsifiers; 13–15 = detergents; and 10–18 = solubilizers.

2.7. Foam Formation and Dirt Dispersion Capacity of Biosurfactant

To determine the foaming capacity of the biosurfactant, 50 mL of the biosurfactant solution at the CMC (1 g/L) was placed in a 250 mL graduated cylinder, which was capped for subsequent shaking 10 times at one-minute intervals. The volumes of foam after one minute of shaking was recorded. Foam height was then divided by total height of the

solution and the quotient was multiplied by 100 to provide the percentage of foam formed in the tube [33].

To determine the dispersion capacity of the biosurfactant, a drop of India ink was added to a test tube containing 10 mL of 1% biosurfactant solution. The tube was then capped and shaken manually ten times. The anionic surfactant sodium cocoyl isethionate was used for comparison purposes. The categorisation of the amount of ink in the foam was as follows: none, light, moderate, or heavy [33].

2.8. Structural Characterisation of Biosurfactant

After dissolving the isolated biosurfactant in methanol, FTIR analysis was performed in a Bruker IFS66 spectrometer (Karlsruhe, Germany) considering the region from 4000 to 400 cm^{-1} , with precision in the wavenumber range from -0.1 to $+0.1\text{ cm}^{-1}$ [34].

Nuclear magnetic resonance (NMR) was used for the chemical characterisation of the isolated biosurfactant dissolved in deuterated chloroform (CDCl_3). A Bruker AVANCE III 400 NMR spectrometer (Bruker BioSpin GmbH, Rheinstetten, Germany) operating at 9.4 T was used to acquire NMR data at 298 K in DMSO-d_6 in, observing ^1H and ^{13}C at 400 and 100 MHz, respectively. The spectrometer had a 5 mm direct detection probe with a z-gradient. All ^1H and ^{13}C NMR chemical shifts (δ) were given in ppm related to the TMS signal at 0.00 as the internal reference. The spectra were processed in the TOPSPIN software 4.5.0 version.

2.9. Determination of Antimicrobial Activity of Biosurfactant

A 96-well microplate (flat bottom) was used for the determination of the minimum inhibitory concentration (MIC), employing the microdilution test. The biosurfactant was diluted to a concentration of $100\text{ }\mu\text{g/mL}$ in sterile distilled water. The test microorganisms were *Streptococcus mutans* ATCC 25175, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Escherichia coli* ATCC 25922, and *Candida albicans* ATCC 1106. All microorganisms were inoculated (5 mL of brain heart infusion broth for bacteria and Sabouraud broth for the yeast) for 18 h. Spectrophotometry was performed for the standardisation of the inoculum and preparation of the pre-inoculum, with readings at 530 nm in the range of 0.140 to 0.150, corresponding to a suspension of approximately 1.5×10^8 colony-forming units/mL [24].

Microplates with different proportions of the test substance and culture medium were prepared to obtain different concentrations of the test products (0 to $60\text{ }\mu\text{g/mL}$ for the biosurfactant) and determine the minimum inhibitory concentration (MIC). Each well had a final volume of $100\text{ }\mu\text{L}$. An amount of $80\text{ }\mu\text{L}$ of the medium was added for the control of microbial viability and $100\text{ }\mu\text{L}$ was used for the control of sterility. With the exception of the sterility control well, all wells then received $20\text{ }\mu\text{L}$ of the microbial inoculum. The test was conducted in triplicate. After the preparation of the wells (biosurfactant, culture medium, and microbial inoculum), the microorganisms were incubated for 24 h at $37\text{ }^\circ\text{C}$ for the cultivation of the bacteria and for 48 h at $28\text{ }^\circ\text{C}$ for the cultivation of the yeast. After the incubation period, $30\text{ }\mu\text{L}$ of resazurin were added to the wells to determine cell viability of the microorganisms. One hour after the addition of resazurin, the colour reading was performed. A blue-violet colour indicated the absence of microbial growth, whereas pink-red variations indicated the presence of viable cells [24].

2.10. Eye Irritation Potential of Biosurfactant

The HET-CAM test was performed to determine the eye irritation potential of the biosurfactant at a concentration of 1.0% in the chorioallantoic membrane (CAM) of chicken eggs, as described by Wilson and Steck [35]. A sodium lauryl sulphate (SLS) solution (concentration: 1.0%) dissolved in phosphate-buffered saline (PBS) was the positive control

and PBS alone was the negative control. The volume was 0.2 mL. Changes in the membrane were observed for 300 s and the time of onset of any lesions was recorded. Irritation was indicated by the occurrence of haemorrhage, vascular lysis, and coagulation (intra- and extravascular protein denaturation), as described by the Interagency Coordinating Committee on the Validation of Alternative Methods [36]. The irritation index (*II*) was calculated using Equation (2), in which *H* corresponds to the time, in seconds, required for haemorrhage to begin, *L* corresponds to the time for lysis to occur, and *C* corresponds to the time of the onset of coagulation [37].

$$II = \left[(301 - H) \times \frac{5}{300} \right] + \left[(301 - L) \times \frac{7}{300} \right] + \left[(301C) \times \frac{9}{300} \right] \quad (2)$$

The analyses were repeated three times. The irritation potential was defined as follows:

0.0–0.9 = non-irritant

1.0–4.9 = mildly irritant

5.0–8.9 = moderately irritant

9.0–21.0 = irritant

2.11. Assessment of 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical Sequestering Activity of Biosurfactant

The free radical scavenging method was used to determine the antioxidant activity of the biosurfactant [38]. A stock solution of methanolic 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (200 mM) was further diluted in methanol until it reached UV–VIS absorbance between 0.6 and 0.7 at 517 nm. Solutions (40 mL) of the biosurfactant at concentrations of 1.25, 2.5, 5.0, 10.0, 20.0, and 40.0 mg/mL were mixed with a 250 mL solution of DPPH. After incubation for 30 min in the absence of light, absorbance was read at the wavelength described above. Inhibition activity was calculated from measurements made in triplicate based on the percentage of DPPH eliminated (percentage of inhibition [I%]) calculated using the following equation:

$$I\% = [(Abs_0 - Abs_1) / Abs_0] 100 \quad (3)$$

in which Abs_0 is the control absorbance and Abs_1 is absorbance in the presence of the biosurfactant. The calibration curve was established using a standard solution of Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) (synthetic antioxidant) at concentrations of 10 to 200 mM.

2.12. Assessment of Cytotoxicity of Biosurfactant

Cytotoxicity of the biosurfactant was assessed using the colorimetric MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) assay. The L929 (mouse fibroblast) cell line was maintained in Dulbecco's modified Eagle's medium. Supplementation of all media was performed with foetal bovine serum (10%) and a 1% solution of penicillin/streptomycin solution. The cells were subjected to a CO₂-enriched humid atmosphere (5%) and kept at 37 °C [39,40]. Cell suspensions with a cell density of 2×10^5 cells/mL were plated in 96-well plates and incubated for 24 h, followed by the addition of 100 µL of the biosurfactant solution to the wells at concentrations of 1000 mg/L (CMC) and 2000 mg/L (twice the CMC). Twenty-five µL of MTT (5 mg/mL) were added after 72 h, followed by incubation for three hours. The culture media with MTT were aspirated, followed by the addition of 100 µL of dimethyl sulfoxide to each well. Absorbance was read at 560 nm in a microplate reader (DR-200BN-BI, Kasuaki, Campinas, Brazil). Mean cell viability was determined from experiments performed in triplicate.

2.13. Statistical Analysis

All tests were conducted in triplicate, with the determination of mean and standard deviation values. Analysis of variance (ANOVA) was employed for the statistical analysis. All *p*-values less than 0.05 indicated statistical significance.

3. Results and Discussion

3.1. Biosurfactant Production

Despite being a widely explored topic in recent decades, the production of biosurfactants for industrial use is affected by multiple factors, such as the producing strain, cultivation conditions, combination of substrates, production methods, and even the equipment used. Thus, obtaining satisfactory results that combine efficiency (low surface tension and CMC) and economic viability, which is achieved by obtaining a high production yield, remains a challenge.

In the present study, a biosurfactant was produced by *S. bombicola* ATCC 22214 for use as an active ingredient in a green cosmetic formulation. The biosurfactant had a liquid appearance with little viscosity, dark brown colour, and a characteristic odour, lowering the surface tension of water from 72.0 ± 0.1 mN/m to 33.0 ± 0.3 mN/m after eight days of fermentation. The yield was 53.35 ± 0.39 g/L.

Biosurfactants can be considered effective when exhibiting the ability to lower the surface tension of water from 72 to ≤ 35 mN/m [41]. As biosurfactant production was performed in flasks, the surface tension and yield obtained were satisfactory in comparison to data in previous studies described for yeast-produced surfactants, as will be discussed below.

A biosurfactant produced by the same yeast in a medium composed of glucose and oleic acid obtained in a 1 L fermenter lowered surface tension to 31.56 ± 1.0 mN/m, with a yield of 10 ± 0.5 g/L [42]. In the study conducted by Silva et al. [43], *S. bombicola* ATCC 22214 grown in flasks in a low-cost medium containing canola vegetable oil, corn starch, and sucrose produced a biosurfactant that reduced the surface tension to 32.76 N/m, the yield of which was 23.0 g/L. The biosurfactant also produced by *S. bombicola* ATCC 22214 in a medium containing olive oil and glucose lowered the surface tension to 32.30 mN/m [29]. Shah et al. [44] used *S. bombicola* ATCC 22214 for the production of sophorolipids using different hydrophobic substrates. The yields obtained using Tapis oils, Melita oil, and Ratawi oil were 26, 21, and 19 g/L, respectively, with surface tension lowered to 36.38, 37.84, and 38.92 mN/m, respectively. The biosurfactant produced by *S. bombicola* in a corncob hydrolysate medium in a fermenter yielded 49.2 g/L [45]. Jadhav et al. [46] produced 41.6 g/L of a sophorolipid in flasks using *S. bombicola* grown in residual acid sunflower oil obtained from a vegetable oil refinery and glucose. The biosurfactant was able to reduce the surface tension to 35.5 mN/m after fermentation.

A biosurfactant produced by the yeast *Candida lipolytica* UCP 0988 grown in a medium containing sugarcane molasses, corn steep liquor, and soybean oil fry waste lowered the surface tension to 25 mN/m, with a yield of 12 g/L [47]. The yield of a biosurfactant from *C. utilis* UFPEDA1009 grown in flasks in a medium supplemented with canola oil fry waste and glucose was 24.22 g/L [48]. A biosurfactant from *Saccharomyces cerevisiae* URM 6670 grown in a medium containing soybean oil fry waste and corn steep liquor lowered the surface tension of the medium to 26 mN/m, although the yield was only 5.8 g/L [49]. *C. mogii* UFPEDA 3968 was also used for the production of a biosurfactant in a medium containing licuri oil and glucose, lowering the surface tension from 71.04 mN/m to 28.66 mN/m [50]. Gaur et al. [51] investigated the growth of *C. albicans* and *C. glabrata* in media composed of glucose and a nitrogenous yeast base in distilled water, respectively, lowering

the surface tension from 72 mN/m to 42 mN/m and 55 mN/m. The biosurfactant yield was 1.320 g/L for *C. albicans* and 1.6 g/L for *C. glabrata*.

The reduction in surface tension is dependent on the surfactant concentration. The CMC is defined as the lowest concentration of surfactant able to achieve the maximum reduction in the surface tension of water, initiating the formation of micelles, which are necessary for emulsification. Thus, an efficient surfactant will have a low CMC [9]. The CMC of the isolated biosurfactant from *S. bombicola* ATCC 22214 was 1000 mg/L, achieving a surface tension of 33.0 ± 0.5 mN/m, as shown in the graph illustrated in Figure 2.

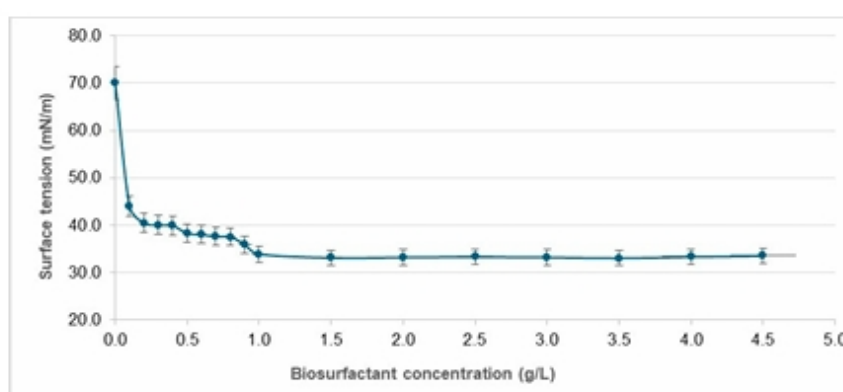


Figure 2. Critical micelle concentration of biosurfactant produced by *Starmerella bombicola* ATCC 22214 in mineral medium containing canola oil and glucose.

Other biosurfactants produced by the same yeast in media composed of hydrophobic and hydrophilic carbon sources had CMCs of 366 mg/L [42] and 600 mg/L [43], respectively. However, biosurfactants produced by *S. bombicola* ATCC 22214 using Tapis, Melita, and Ratawi oils had much lower CMCs (54.39, 55.68, and 58.34 mg/L, respectively) [44]. Such differences may be related to the purification levels obtained, among other factors. Biosurfactants produced by other yeasts of the genus *Candida* have similar CMCs, such as 500 mg/L for the biosurfactant produced by *C. lipolytica* UCP 0988 [46] and 800 mg/L for the biosurfactant produced by *C. mogii* UFPEDA 3968 [50].

Studies have demonstrated that sophorolipids possess surface-active properties comparable to or superior to those of synthetic surfactants, including low critical micelle concentration (CMC), making them effective at lower doses [26,27]. Synthetic surfactants, such as sodium lauryl sulphate (SLS), sodium laureth sulphate (SLES), and linear alkylbenzene sulfonates (LASs), are known to exhibit moderate to high aquatic toxicity, poor biodegradability under anaerobic conditions, and a potential for skin irritation and disruption of skin barrier function [52–55]. Moreover, synthetic surfactants, although cost-effective and widely used, are often associated with ecological risks due to their resistance to biodegradation and potential to bioaccumulate, which can lead to aquatic toxicity and endocrine disruption [54–56]. Thus, biosurfactants from *S. bombicola* not only offer functional equivalence to synthetic surfactants but also align with growing regulatory and consumer demands for green and health-conscious ingredients.

3.2. Emulsification, Foaming, and Dirt Dispersing Capacities and Hydrophilic–Lipophilic Balance (HLB) of Biosurfactant

To be a good emulsifying agent, a biosurfactant must have the ability to form stable emulsions (above 50%) for at least 24 h [57]. The results of the emulsification index test

after 24 h (displayed in Table 1) show that the biosurfactant exhibited greater affinity for the neem and coconut oils, as illustrated in Figure 3, although the percentages found for other vegetable oils commonly used in cosmetic formulations were also within the satisfactory emulsification range.

Table 1. Emulsification of hydrophobic substrates by biosurfactant produced by *Starmerella bombicola* ATCC 22214 in mineral medium containing soybean oil and glucose. Results expressed as means \pm SD (n = 3); $p < 0.05$ indicative of significant difference.

Substrate	Emulsification Index (%)
Neem oil	68.50 \pm 1.10
Coconut oil	66.60 \pm 1.12
Almond oil	53.60 \pm 1.51
Grape seed oil	47.50 \pm 1.73
Avocado oil	45.90 \pm 1.69

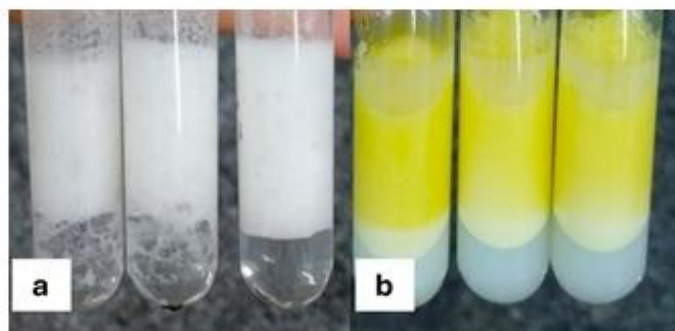


Figure 3. Emulsification of coconut oil (a) and neem oil (b) by biosurfactant produced from *S. bombicola* ATCC 22214.

The hydrophilic–lipophilic balance (HLB) is used to determine what emulsifier works best with the oil phase of an emulsified product. All emulsifiers have a hydrophilic head and a lipophilic tail, as shown above. The ratio between these portions in a surfactant molecule in terms of the weight percentages is an indication of the behaviour that can be expected from a product. A more lipophilic emulsifier has a low HLB value, and a more hydrophilic emulsifier receives a high value [32].

In contact with water, the biosurfactant from *S. bombicola* ATCC 22214 exhibited stable milky dispersion, characterising an HLB in the range of 8–10, which is typical of biosurfactants with humectant (wetting) capacity and ability to form oil-in-water (O/W) emulsions (Figure 4). In cosmetic applications, lipophilic biosurfactants (lower HLB values) range between 1 and 4 and are preferable due to the nature of the skin, which contains a lipid film and favours oil-soluble active ingredients. However, consumers prefer oil-in-water (O/W) emulsions with HLB values between 8 and 16 due to the less oily effect and higher absorption rate. Furthermore, O/W cosmetic emulsions are generally found in semi-solid or liquid formulations [28].



Figure 4. Appearance of dispersion of biosurfactant produced by *Starmarella bombicola* ATCC 22214 in water.

Although foam generation has little effect on the cleansing capacity of shampoos, this feature is important to consumers and therefore an aspect to consider when assessing cosmetic formulations. The biosurfactant from *S. bombicola* ATCC 22214 exhibited foaming capacity of $50.0 \pm 0.20\%$.

Surfactants with detergency characteristics should not enable dirt to concentrate in the foam; dirt should remain in the water [58]. However, surfactants with wetting characteristics do not have this capacity, as observed for the biosurfactant from *S. bombicola* ATCC 22214, which had a large amount of ink in its foam, demonstrating its wetting nature, as observed for the HLB value. The surfactant sodium cocoyl isethionate used for comparison purposes was able to disperse a greater amount of ink, as observed by the concentration of ink on the wall of the tube, demonstrating its detergency capacity, which was compatible with its HLB (~16) (Figure 5).



Figure 5. Dispersion of India ink by foam of sodium cocoyl isethionate (a) and foam of biosurfactant produced by *Starmarella bombicola* ATCC 22214 (b).

3.3. Characterisation of Biosurfactant

Ionic behaviour is an important factor of biosurfactants in cosmetics. According to the polar charge, most biosurfactants are anionic, such as sophorolipids from *S. bombicola* [26]. Anionic surfactants are more effective in terms of foaming, wetting, and emulsification, but are also more irritating to the skin and eyes, followed by non-ionic and amphoteric surfactants. However, such effects can be eliminated by using lower concentrations of these compounds to ensure compatibility with mucous membranes and skin while maintaining effectiveness [28]. The ionic charge test revealed precipitation when in contact with barium

chloride (cationic compound). In contrast, no precipitate was formed in contact with SDS (anionic compound), demonstrating the anionic nature of the biomolecule (Figure 6).

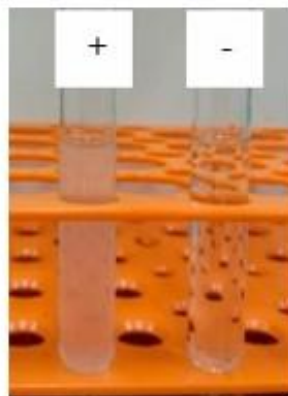


Figure 6. Interaction between biosurfactant produced by *Starmerella bombicola* ATCC 22214 and barium chloride (+) and sodium dodecyl sulphate (-). Biosurfactant reacted with barium chloride, indicating anionic nature.

The purified, isolated biosurfactant was subjected to Fourier transform infrared (FTIR) and NMR analyses (Figures 7–9). In the FTIR spectrum, C–H stretching characteristic of alkanes was evident by the bands at 2924.18 cm^{-1} and 2853.81 cm^{-1} , suggesting a hydrophobic structure. The band at 1743.60 cm^{-1} is characteristic of the C=O stretching common in carbonyl groups, such as esters, aldehydes, ketones, or carboxylic acids. The FTIR spectrum of the biosurfactant produced by *C. mogii* UFPEDA 3968 grown in licuri oil and glucose exhibited identical peaks [50]. The band at 1454.91 cm^{-1} may be related to C–H deformation vibrations in alkanes. The peak at 1160.48 cm^{-1} may indicate the presence of C–O stretching in ethers, alcohols, or esters. The band at 720.99 cm^{-1} may be associated with deformation vibrations of long alkane chains. The literature shows a spectra of glycolipids with typical absorption bands of aliphatic carbon and carbonyl in the same regions, corresponding to the fatty acid portion of the biosurfactant [59].

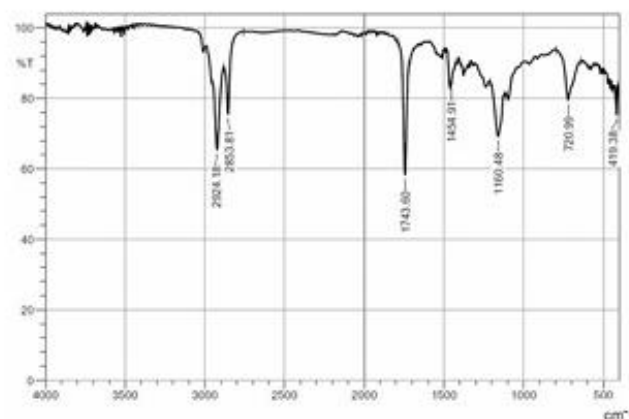


Figure 7. FTIR spectrum of biosurfactant produced by *Starmerella bombicola* ATCC 22214.

(C=C). The region from 150 to 200 ppm corresponds to carbons in carbonyl groups, such as ketones, esters, and carboxylic acids, as demonstrated by the signals between 170.19 and 174.79. Taken together, these results suggest that the biosurfactant from *S. bombicola* ATCC 22214 is a glycolipid.

3.4. Antimicrobial Activity of Biosurfactant

Biosurfactants have recognised antimicrobial activity, making these compounds potential candidates for the development of cosmetic products with hair and skin applications. The antimicrobial activity of glycolipids is related to the synergistic effect of the sugar and lipid moieties, which cause changes in or the rupture of the cell membrane, inducing lysis and extravasation of the cytoplasmic contents of microorganisms. Due to their amphiphilic characteristics, glycolipids alter the properties of the plasma membranes of pathogens, thus demonstrating germicidal characteristics against Gram-positive and Gram-negative bacteria [25,60,61]. According to Diaz de Rienzo et al. [62], an alteration in the charge–charge properties is hypothesised as the mechanism of action of biosurfactants, which may reduce the likelihood of bacteria acquiring antibiotic resistance.

While interactions between carbohydrates and bacterial membranes have been investigated for years, studies have only recently sought to demonstrate the effect of monosaccharides and disaccharides on the membrane structure, such as the disaccharide sophorose in the sophorolipid molecule, which is an effective bactericidal agent able to induce the death of planktonic cells as well as the biofilms of Gram-positive and Gram-negative bacteria [63,64].

The minimum inhibitory concentrations (MICs) of the biosurfactant from *S. bombicola* ATCC 22214 against typical microorganisms are displayed in Table 2. The biosurfactant was effective against all microorganisms tested. The best results were found for *Streptococcus mutans* and *Escherichia coli*.

Table 2. Minimum inhibitory concentrations (MICs) of biosurfactant produced by *Starmerella bombicola* ATCC 22214 ($\mu\text{g/mL}$) for inhibition of pathogenic microorganisms.

Microorganisms	MIC of Biosurfactant ($\mu\text{g/mL}$)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	30
<i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175	20
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	30
<i>Candida albicans</i> ATCC 1106	40
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	20

3.5. Irritation Potential of Biosurfactant

Although the biocompatibility and low toxicity of biosurfactants make these natural compounds strong candidates for the development of novel cosmetic products, it is necessary to investigate toxicity before proposing applications in cosmetic formulations [9,10,22]. The HET-CAM test is a measure of the acute effects of a given compound through the changes in the blood vessels and proteins found in the chorioallantoic membrane of embryonic eggs with gestational age between seven and ten days [36]. The determination of the irritant potential of biosurfactants is particularly important to the pharmaceutical and cosmetic fields by enabling the prediction of possible toxic effects. The HET-CAM test is accepted as an official *in vitro* assay in some European countries as a fast, non-animal test for the determination of the irritant potential of a given compound [65], offering the advantages of sensitivity, simplicity, and low cost [66–68].

In the analysis of changes in the chorioallantoic membrane after 300 s, the positive control—1% sodium lauryl sulphate (SLS), which is widely used as a surfactant in cosmetics—caused vasoconstriction (55 s), haemorrhage (14 s), and coagulation (39 s),

which were detected by the reduction in vessel diameter, bleeding, and clot formation, respectively, proving to be severely irritating (irritation potential = 18.38). Considering the irritation scale, the positive control (SLS) is classified as extremely irritating, whereas the negative control (PBS) had no irritating effect. The biosurfactant from *S. bombicola* ATCC 22214 was classified as non-irritating (irritation potential = 0).

Ferreira et al. [23] investigated the emulsifying capacity of a biosurfactant synthesised from a strain of *Lactobacillus paracasei* for application in a cosmetic formulation. The biomolecule was added to oil-in-water emulsions containing a natural antioxidant extract and essential oils, and the formulation was compared to oil-in-water emulsions containing SDS (synthetic surfactant). Cytotoxicity was determined using a mouse fibroblast cell line. The solutions with 5.0 g/L of biosurfactant exhibited cell proliferation rates higher than 97%, differing significantly from the solutions with SDS.

3.6. Antioxidant Activity of Biosurfactant

The antioxidant properties of natural compounds are of considerable interest to the food industry, emerging from a growing trend to use natural antioxidants rather than their synthetic counterparts [69–72]. Antioxidant compounds can inhibit or slow the harm caused by oxidising agents through mechanisms such as metal complexation and the inhibition of free radicals [70–73]. Antioxidant compounds are particularly used in “antiaging” products, contributing to the restoration of the skin and the prevention of signs of ageing [74]. Antioxidants can also prevent hair loss and assist in the healthy growth of hair by increasing blood circulation [75].

The prevention of the oxidation of the DPPH radical by the biosurfactant and a standard (Trolox) was determined by the reduction in this compound to hydrazine, as demonstrated by the change in colour from purple to yellow and the corresponding reduction in absorbance [76].

The results in terms of the concentration (mg/mL) required to scavenge 50% (IC_{50}) of the radical are shown in Table 3. Considering a concentration of 1 mg/mL of the standard, the biosurfactant exhibited considerable antioxidant activity using the DPPH radical reduction method, with a maximum of $58.25 \pm 0.32\%$, compared to $87.54 \pm 0.15\%$ for Trolox. Fan et al. [77] studied the antioxidant activity of sophorolipids produced by *S. bombicola* cultivated in soybean oil and oleic acid using the DPPH method. The results showed antioxidant activity of 15 to 60% with sophorolipid concentrations of 3.125 mg/mL to 50 mg/mL. Hoa et al. [78] produced sophorolipids using fish oil and investigated antioxidant activity using the same method, reporting an inhibition rate of 10 to 80% with an IC_{50} of 4.45 mg/mL. The biosurfactant produced by the bacterial strain *Marinobacter litoralis* MB15 exhibited an antioxidant activity of 72.6% at 5.0 mg/mL; the biosurfactant also exhibited excellent antimicrobial properties against several pathogens, including *S. aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Streptococcus pyogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, *Vibrio parahaemolyticus*, and *Candida albicans* [79]. The biosurfactant produced by a strain of *Bacillus subtilis* RW-I isolated from refinery wastewater had DPPH scavenging activity of 85.2% at a concentration of 1.0 mg/mL [80].

The relatively low antioxidant activity of the biosurfactant produced by *S. bombicola* under the conditions of this work, compared to other biosurfactants, can be attributed to several structural and compositional factors. First, sophorolipids are glycolipids composed mainly of a sophorose sugar head and a long-chain hydroxylated fatty acid tail, lacking functional groups typically associated with strong antioxidant properties, such as phenolic hydroxyls, conjugated double bonds, or sulphur-containing moieties. In contrast, certain lipopeptides (e.g., surfactin from *Bacillus subtilis*) or rhamnolipids from *Pseudomonas aerug-*

inosa may contain amino acids or unsaturated lipid chains that can donate electrons or scavenge free radicals more effectively [81].

Table 3. Percentage of DPPH radical sequestration (% I) of different concentrations of biosurfactant produced by *Starmerella bombicola* ATCC 22214. Results expressed as means \pm SD (n = 3); $p < 0.05$ indicative of significant difference.

Concentration of Biosurfactant (mg/mL)	% I (DPPH)
40	58.25 \pm 0.32
20	36.23 \pm 0.22
10	25.51 \pm 0.11
5	15.43 \pm 0.02
2.5	12.29 \pm 0.62
1.25	10.75 \pm 0.17

Secondly, the antioxidant potential of a biosurfactant is often influenced by the presence of associated minor metabolites or co-produced secondary compounds during fermentation. Biosurfactants from some bacterial strains may be co-extracted with peptides, or other redox-active molecules that enhance total antioxidant capacity, whereas sophorolipid preparations are typically more chemically homogeneous and may lack such bioactive impurities [82]. Furthermore, the degree of lactonization or acetylation in sophorolipids can affect their hydrophobicity and solubility, potentially limiting their interaction with aqueous-phase free radicals in standard antioxidant assays such as DPPH [83].

Lastly, the production medium and conditions used to cultivate *S. bombicola* can influence the final chemical structure and purity of sophorolipids. Media optimised for yield rather than bioactivity may favour the production of specific sophorolipid congeners with limited antioxidant function. As a result, compared to structurally diverse and functionally rich biosurfactants from other microbial sources, *S. bombicola* sophorolipids may inherently lack the chemical features necessary for high radical scavenging activity [83–85].

3.7. Toxicity of Biosurfactant

The results of the MTT assay conducted with mouse fibroblasts (L929) to determine the cytotoxicity of the biosurfactant revealed cell viability exceeding 95% at both concentrations tested—around the critical micelle concentration (CMC) and double the CMC. This indicates that the biomolecule exhibited no toxicity to this cell line, thus confirming its biocompatibility with the standards required across various industrial sectors.

Other biosurfactants derived from yeasts and bacteria have also been reported as non-toxic. For instance, the biosurfactant produced by *C. sphaerica* UCP 0995 had no cytotoxic effects on mouse fibroblast cells [86]. Additionally, biosurfactants obtained from *S. cerevisiae* and *C. utilis* exhibited no toxicity to the non-cancerous L929 and RAW 264.7 cells [48,49]. The same was reported for the biosurfactant produced by *Rhodococcus* sp. 51T7 [87]. The results of the cytotoxic test revealed that biosurfactant extracts produced from *Lactobacillus pentosus* and *Bacillus* sp. at a concentration of 1 g/L were also not cytotoxic to fibroblasts (fibroblast growth > 90%) [88].

4. Conclusions

The results of the present study demonstrate the considerable potential of the biosurfactant produced by the yeast *S. bombicola* ATCC 22214 as an active ingredient for cosmetic applications. The physicochemical properties, such as a significant reduction in surface tension as well as emulsifying capacity, foaming activity, and wetting profile, demonstrate its functional efficacy in oil-in-water formulations. Moreover, the biodegradability, absence of toxicity, as well as antioxidant and antimicrobial activities, demonstrate the viability of

this biosurfactant as a sustainable alternative to synthetic surfactants traditionally used in the cosmetics industry. Thus, the biosurfactant studied here constitutes a promising option for the development of new products aligned with current ecological trends and the growing demand for safe natural ingredients. We are currently developing an innovative green formulation containing the biosurfactant produced under the conditions of this study.

Author Contributions: All authors contributed to this work. Conceptualisation, L.A.S.; methodology, A.P.B.C., G.P.d.A., K.G.d.O.B., F.C.G.d.A., M.d.G.C.d.S., C.J.G.d.S.J., A.S. and R.d.C.F.S.d.S.; validation, K.G.d.O.B., R.d.C.F.S.d.S. and L.A.S.; formal analysis, K.G.d.O.B., F.C.G.d.A. and L.A.S.; investigation, A.P.B.C., G.P.d.A., K.G.d.O.B., F.C.G.d.A., M.d.G.C.d.S. and C.J.G.d.S.J.; resources, L.A.S.; data curation, A.S., R.d.C.F.S.d.S. and L.A.S.; writing—original draft preparation, A.P.B.C., G.P.d.A., K.G.d.O.B. and C.J.G.d.S.J.; writing—review and editing, L.A.S. and A.S.; visualisation, L.A.S.; supervision, R.d.C.F.S.d.S. and L.A.S.; project administration, L.A.S.; funding acquisition, L.A.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This study was funded by the following Brazilian fostering agencies: Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Finance Code 001).

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The original contributions presented in this study are included in this article. Further inquiries can be directed to the corresponding author.

Acknowledgments: The authors are grateful to the laboratories of the Catholic University of Pernambuco (UNICAP) and the Advanced Institute of Technology and Innovation (IATI), Brazil.

Conflicts of Interest: Author Alessandra G. Sarubbo was employed by the company Caprichar srl. The remaining authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

References

- Lawrence, P.; Scacchi, B.; Dew, K.; Ceccoli, J. Reviving a more than century-old technology for modern skincare. *J. Cosmet. Sci.* **2024**, *75*, 536–552.
- Al Jbour, N.D. An overview of new trends in the cosmetics industry. *Int. J. Appl. Pharm.* **2025**, *17*, 136–147. [[CrossRef](#)]
- Wanjari, N.; Waghmar, J. A review on latest trend of cosmetics-cosmeceuticals. *Int. J. Pharma Res. Rev.* **2015**, *4*, 45–51.
- Naseri, R.N.N.; Esa, M.M.; Ibrahim, R.; Jais, Z. A review of makeup products, trends, and consumer behaviour. *Int. J. Res. Innov. Soc. Sci.* **2025**, *IX*, 2077–2083. [[CrossRef](#)]
- Mondello, A.; Salomone, R.; Mondello, G. Exploring circular economy in the cosmetic industry: Insights from a literature review. *Environ. Impact Assess. Rev.* **2024**, *105*, 107443. [[CrossRef](#)]
- Couteau, C.; Diarra, H.; Schmitt, Z.; Coiffard, L. Study of the composition of 140 shampoos: Similarities and differences depending on the sales channel used. *Eur. J. Dermatol.* **2019**, *29*, 141–159. [[CrossRef](#)]
- Varjani, S.J.; Upasani, V.N. Critical review on biosurfactant analysis, purification and characterization using rhamnolipid as a model biosurfactant. *Bioresour. Technol.* **2017**, *232*, 389–397. [[CrossRef](#)]
- Kregiel, D.; Berlowiska, J.; Witonska, I.; Antolak, H.; Proestos, C.; Babic, M.; Babic, L.; Zhang, B. Saponin-based, biological-active surfactants from plants. In *Application and Characterization of Surfactants*; Najjar, R., Ed.; InTech Open: London, UK, 2017; pp. 183–225. [[CrossRef](#)]
- Jahan, R.; Bodratti, A.M.; Tsianou, M.; Alexandridis, P. Biosurfactants, natural alternatives to synthetic surfactants: Physicochemical properties and applications. *Adv. Colloid Interface Sci.* **2020**, *275*, 102061–102083. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Hsu, C.-Y.; Mahmoud, Z.H.; Hussein, U.A.-R.; Abduvalieva, D.; Alsultany, F.H.; Kianfar, E. Biosurfactants: Properties, applications and emerging trends. *S. Afr. J. Chem. Eng.* **2025**, *53*, 21–39. [[CrossRef](#)]
- Eras-Muñoz, E.; Farré, A.; Sánchez, A.; Font, X.; Gea, T. Microbial biosurfactants: A review of recent environmental applications. *Bioengineered* **2022**, *13*, 12365–12391. [[CrossRef](#)]

12. Vega, G.R.; Stampino, P.G. Bio-Based surfactants and biosurfactants: An overview and main characteristics. *Molecules* **2025**, *30*, 863. [\[CrossRef\]](#)
13. Pires-Oliveira, R.; Joekes, I. UV-vis spectra as an alternative to the Lowry method for quantify hair damage induced by surfactants. *Col. Surfaces B Biointerfaces* **2014**, *123*, 326–330. [\[CrossRef\]](#)
14. Farias, C.B.B.; De Almeida, F.C.G.; Da Silva, I.A.; Souza, T.C.; Meira, H.M.; Da Silva, R.C.F.S.; Luna, J.M.; Dos Santos, V.A.; Converti, A.; Banat, I.M.; et al. Production of green surfactants: Market prospects. *Electron. J. Biotechnol.* **2021**, *51*, 28–39. [\[CrossRef\]](#)
15. Paulino, B.N.; Pessôa, M.G.; Mano, M.C.R.; Molina, G.; Neri-Numa, I.A.; Pastore, G.M. Current status in biotechnological production and applications of glycolipid biosurfactants. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **2016**, *100*, 10265–10293. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
16. Draelos, Z.D. Aging skin: The role of diet: Facts and controversies. *Clin. Dermatol.* **2013**, *31*, 701–706. [\[CrossRef\]](#)
17. Zahed, M.A.; Matinvafa, M.A.; Azari, A.; Mohajeri, L. Biosurfactant, a green and effective solution for bioremediation of petroleum hydrocarbons in the aquatic environment. *Discov. Water* **2022**, *21*, 5. [\[CrossRef\]](#)
18. Kandasamy, R.; Rajasekaran, M.; Kv, S.; Uddin, M. New trends in the biomufacturing of green surfactants: Biobased surfactants and biosurfactants. In *Next-Generation Biomufacturing Technologies*; Rathinam, N.K., Sani, R.K., Eds.; ACS Publications: Washington, DC, USA, 2019; Volume 1329, pp. 243–260. [\[CrossRef\]](#)
19. Gudina, E.J.; Pereira, J.F.B.; Costa, R.; Coutinho, J.A.P.; Teixeira, J.A.; Rodrigues, L.R. Biosurfactant-producing and oil-degrading *Bacillus subtilis* strains enhance oil recovery in laboratory sand-pack columns. *J. Hazard. Mater.* **2013**, *261*, 106–113. [\[CrossRef\]](#)
20. Bom, S.; Jorge, J.; Ribeiro, H.M.; Marto, J. A step forward on sustainability in the cosmetics industry: A review. *J. Clean. Prod.* **2019**, *225*, 270–290. [\[CrossRef\]](#)
21. Vecino, X.; Rodríguez-Lopez, L.; Ferreira, D.; Cruz, J.M.; Moldes, A.B.; Rodrigues, L.R. Bioactivity of glycolipopeptide cell-bound biosurfactants against skin pathogens. *Int. J. Biol. Macromol.* **2017**, *109*, 971–979. [\[CrossRef\]](#)
22. Bezerra, K.G.O.; Rufino, R.D.; De Luna, J.M.; Sarubbo, L.A. Saponins and microbial biosurfactants: Potential raw materials for the formulation of cosmetics. *Biotechnol. Prog.* **2018**, *34*, 1482–1493. [\[CrossRef\]](#)
23. Ferreira, A.; Vecino, X.; Ferreira, D.; Moldes, A.D.; Rodrigues, L.R. Novel cosmetic formulations containing a biosurfactant from *Lactobacillus paracasei*. *Colloids Surf. B Biointerfaces* **2017**, *155*, 522–529. [\[CrossRef\]](#)
24. Farias, J.M.; Stamford, T.C.M.; Resende, A.H.M.; Aguiar, J.S.; Rufino, R.D.; Luna, J.M.; Sarubbo, L.A. Mouthwash containing a biosurfactant and chitosan: An eco-sustainable option for the control of cariogenic microorganisms. *Int. J. Biol. Macromol.* **2019**, *129*, 853–860. [\[CrossRef\]](#)
25. Fontoura, I.C.C.; Saikawa, G.I.A.; Silveira, V.A.I.; Pan, N.C.; Amador, I.R.; Baldo, C.; Rocha, S.; Celligoi, M.A.P.C. Antibacterial activity of sophorolipids from *Candida bombicola* against human pathogens. *Braz. Arch. Biol. Technol.* **2020**, *63*, e20180568. [\[CrossRef\]](#)
26. Van Bogaert, I.N.A.; Soetaert, W. Sophorolipids. In *Biosurfactants. Microbiology Monographs*; Soberón-Chávez, G., Ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2011; pp. 179–210. [\[CrossRef\]](#)
27. Fukuoka, T.; Morita, T.; Konishi, M.; Imura, T.; Sakai, H.; Kitamoto, D. Structural characterization and surface-active properties of a new glycolipid biosurfactant, mono-acylated mannosylerythritol lipid, produced from glucose by *Pseudozyma antarctica*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **2007**, *76*, 801–810. [\[CrossRef\]](#)
28. Aziz, Z.A.A.; Setapar, S.H.M.; Khatoun, A.; Ahmad, A. The potential use of biosurfactants in cosmetics and dermatological products: Current trends and future prospects. In *Biosurfactants for a Sustainable Future: Production and Applications in the Environment and Biomedicine*; Sarma, H., Prasad, M.N.V., Eds.; John Wiley & Sons: New York, NY, USA, 2021; pp. 397–421. [\[CrossRef\]](#)
29. Hu, Y.; Ju, L.-K. Purification of lactonic sophorolipids by crystallization. *J. Biotechnol.* **2001**, *87*, 263–272. [\[CrossRef\]](#)
30. Meylheuc, T.; van Oss, C.J.; Bellon-Fontaine, M.N. Adsorption of biosurfactant on solid surfaces and consequences regarding the bioadhesion of *Listeria monocytogenes* LO28. *J. Appl. Microbiol.* **2001**, *91*, 822. [\[CrossRef\]](#)
31. Cooper, D.G.; Goldenberg, B.G. Surface-active agents from two *Bacillus* species. *Appl. Environ. Microbiol.* **1987**, *53*, 224–229. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
32. Gadhave, A. Determination of hydrophilic-lipophilic balance value. *Int. J. Sci. Res.* **2014**, *3*, 573–575.
33. Al Badi, K.A.; Khan, S.A. Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos. *J. Basic Appl. Sci.* **2014**, *3*, 301–305. [\[CrossRef\]](#)
34. Varjani, S.J.; Upasani, V.N. Carbon spectrum utilization by an indigenous strain of *Pseudomonas aeruginosa* NCIM 5514: Production, characterization and surface active properties of biosurfactant. *Bioresour. Technol.* **2016**, *221*, 510–516. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
35. Wilson, T.D.; Steck, W.F. A modified HET-CAM assay approach to the assessment of anti-irritant properties of plant extract. *Food Chem. Toxicol.* **2000**, *38*, 867–872. [\[CrossRef\]](#)
36. ICCVAM (Interagency Coordinating Committee on the Validation of Alternative Methods). *Recommended Test Method Protocol: Hens Egg Test-Chorioallantoic Membrane (HET-CAM) Test Method*; ICCVAM Test Method Eval Rep 13; ICCVAM: Research Triangle Park, NC, USA, 2010; pp. B30–B38.

37. Steiling, W.; Bracher, M.; Courtellemont, P.; De Silva, O. The HET-CAM, a useful in vitro assay for assessing the eye irritation properties of cosmetic formulations and ingredients. *Toxicol. Vitro* **1999**, *13*, 375–384. [\[CrossRef\]](#)
38. Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* **1995**, *28*, 25–30. [\[CrossRef\]](#)
39. Alley, M.C.; Scudiero, D.A.; Monks, P.A.; Hursley, M.L.; Czerwinski, M.J.; Fine, D.L.; Abbott, B.J.; Mayo, J.G.; Shoemaker, R.H.B.; Boyd, M.R. Feasibility of drug screening with panels of human tumor cell lines using a microculture tetrazolium assay. *Cancer Res.* **1998**, *48*, 589–601.
40. Mosmann, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. *J. Immunol. Methods* **1983**, *65*, 55–63. [\[CrossRef\]](#)
41. 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. *Biotechnol. Res. Innov.* **2018**, *2*, 81–90. [\[CrossRef\]](#)
42. Medeiros, A.O.; da Silva, M.G.C.; Converti, A.; de Almeida, F.C.G.; Sarubbo, L.A. Development of natural fungicidal agricultural defensives using microbial glycolipid and vegetable oil blends. *Surfaces* **2024**, *7*, 879–897. [\[CrossRef\]](#)
43. Silva, I.A.; Fortunato, J.G.L.A.; Almeida, F.C.G.; Alves, R.N.; Cunha, M.C.C.; Rufino, R.D.; Fernandes, M.L.B.; Sarubbo, L.A. Production and application of a new biosurfactant for solubilisation and mobilisation of residual oil from sand and seawater. *Processes* **2024**, *12*, 1605. [\[CrossRef\]](#)
44. Shah, M.U.H.; Sivapragasam, M.; Moniruzzaman, M.; Talukder, M.M.R.; Yusup, S.B.; Goto, M. Production of sophorolipids by *Starmerella bombicola* yeast using new hydrophobic substrates. *Biochem. Erg. J.* **2017**, *127*, 60–67. [\[CrossRef\]](#)
45. Konishi, M.; Yoshida, Y.; Horiuchi, J. Efficient production of sophorolipids by *Starmerella bombicola* using a corn cob hydrolysate medium. *J. Biosci. Bioeng.* **2015**, *119*, 317–322. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
46. Jadhav, J.V.; Pratap, A.P.; Kale, S.B. Evaluation of sunflower oil refinery waste as feedstock for production of sophorolipid. *Process Biochem.* **2019**, *78*, 15–24. [\[CrossRef\]](#)
47. Lima, B.G.A.; Santos, J.C.V.; Silva, R.R.; Caldas, M.C.F.; Meira, H.M.; Rufino, R.D.; Sarubbo, L.A.; Luna, J.M. Sustainable production of biosurfactant grown in medium with industrial waste and use for removal of oil from soil and seawater. *Surfaces* **2024**, *7*, 537–549. [\[CrossRef\]](#)
48. Ribeiro, B.G.; Veras, B.O.; Aguiar, J.S.; Guerra, J.M.C.; Sarubbo, L.A. Biosurfactant produced by *Candida utilis* UFPEDA1009 with potential application in cookie formulation. *Electron. J. Biotechnol.* **2021**, *46*, 14–21. [\[CrossRef\]](#)
49. Ribeiro, B.G.; Guerra, J.M.C.; Sarubbo, L.A. Potential food application of a biosurfactant produced by *Saccharomyces cerevisiae* URM 6670. *Front. Bioeng. Biotechnol.* **2020**, *8*, 434. [\[CrossRef\]](#)
50. da Silva, P.F.F.; da Silva, R.R.; Sarubbo, L.A.; Guerra, J.M.C. Production and optimization of biosurfactant properties using *Candida mogii* and Licuri oil (*Syngnathus coronata*). *Foods* **2024**, *13*, 4029. [\[CrossRef\]](#)
51. Gaur, V.K.; Regar, R.K.; Dhiman, N.; Gautam, K.; Srivastava, J.K.; Patnaik, S.; Kamthan, M.; Manickam, N. Biosynthesis and characterization of sophorolipid biosurfactant by *Candida* spp.: Application as food emulsifier and antibacterial agent. *Bioresour. Technol.* **2019**, *285*, 121314. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
52. Karnwal, A.; Shrivastava, S.; Al-Tawaha, A.R.M.S.; Kumar, G.; Singh, R.; Kumar, A.; Mohan, A.; Yogita; Malik, T. Microbial biosurfactant as an alternate to chemical surfactants for application in cosmetics industries in personal and skin care products: A critical review. *BioMed Res. Int.* **2023**, *2023*, 375223. [\[CrossRef\]](#)
53. Freeling, F.; Alygizakis, N.A.; von der Ohe, P.C.; Slobodnik, J.; Oswald, P.; Aalizadeh, R.; Cirka, L.; Thomaidis, N.S.; Scheurer, M. Occurrence and potential environmental risk of surfactants and their transformation products discharged by wastewater treatment plants. *Sci. Total Environ.* **2019**, *681*, 475–487. [\[CrossRef\]](#)
54. Kaida, H.; Syed, M.E.; Shukor, Y.; Othman, A. Biodegradation of linear alkylbenzene sulfonates (LAS): A mini review. *Bioresour. Technol.* **2021**, *9*, 1–6. [\[CrossRef\]](#)
55. Moldes, A.B.; Rodríguez-López, L.; Rincón-Fontán, M.; López-Prieto, A.; Vecino, X.; Cruz, J.M. Synthetic and bio-derived surfactants versus microbial biosurfactants in the cosmetic industry: An overview. *Int. J. Mol. Sci.* **2021**, *22*, 2371. [\[CrossRef\]](#)
56. Ivanković, T.; Hrenović, J. Surfactants in the environment. *Arch. Ind. Hyg. Toxicol.* **2010**, *61*, 95–110. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
57. Pilz, M.; Cavalius, P.; Qoura, F.; Awad, D.; Brück, T. Lipopeptides development in cosmetics and pharmaceutical applications: A comprehensive review. *Biotechnol. Adv.* **2023**, *67*, 108210. [\[CrossRef\]](#)
58. AlQuadeib, B.T.; Eltahir, E.K.D.; Banafa, R.A.; Al-Hadhairi, L.A. Pharmaceutical evaluation of different shampoo brands in local Saudi market. *Saudi Pharm. J.* **2018**, *26*, 98–106. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
59. Selva Filho, A.A.P.; Faccioli, Y.E.; Converti, A.; da Silva, R.d.C.F.S.; Sarubbo, L.A. Maximization of the production of a low-cost biosurfactant for application in the treatment of soils contaminated with hydrocarbons. *Sustainability* **2024**, *16*, 7970. [\[CrossRef\]](#)
60. Silveira, V.A.I.; Nishio, E.K.; Freitas, C.A.U.Q.; Amador, I.R.; Kobayashi, R.; Caretta, T.; Macedo, F.; Celligoi, M.A.P.C. Production and antimicrobial activity of sophorolipid against *Clostridium perfringens* and *Campylobacter jejuni* and their additive interaction with lactic acid. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* **2019**, *21*, 101287. [\[CrossRef\]](#)

61. Develter, D.W.G.; Laurysen, L.M.L. Properties and industrial applications of sophorolipids. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **2010**, *112*, 628–638. [\[CrossRef\]](#)
62. Díaz De Rienzo, M.A.; Banat, I.M.; Dolman, B.; Winterburn, J.; Martin, P.J. Sophorolipid biosurfactants: Possible uses as antibacterial and antibiofilm agent. *New Biotechnol.* **2015**, *32*, 720–726. [\[CrossRef\]](#)
63. Moiset, G.; López, C.A.; Bartelds, R.; Syga, L.; Rijpkema, E.; Cukkemane, A.; Baldus, M.; Poolman, B.; Marrink, S.J. Disaccharides impact the lateral organization of lipid membranes. *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, *136*, 16167–16175. [\[CrossRef\]](#)
64. Valotteau, C.; Banat, I.M.; Mitchell, C.A.; Lydon, H.; Marchant, R.; Babonneau, F.; Pradier, C.-M.; Baccile, N.; Humblot, V. Antibacterial properties of sophorolipid-modified gold surfaces against Gram positive and Gram negative pathogens. *Colloids Surf. B Biointerfaces* **2017**, *157*, 325–334. [\[CrossRef\]](#)
65. Rodriguez-Lopez, L.; Rincon-Fontan, M.; Vecino, X.; Cruz, J.M.; Moldes, A.B. Preservative and irritant capacity of biosurfactants from different sources: A comparative study. *J. Pharm. Sci.* **2019**, *108*, 2296–2304. [\[CrossRef\]](#)
66. Freire, P.L.L.; Stamford, T.C.M.; Albuquerque, A.J.R.; Sampaio, F.C.; Cavalcante, H.M.M.; Macedo, R.O.; Galembeck, A.; Flores, M.A.P.; Rosenblatt, A. Action of silver nanoparticles towards biological systems: Cytotoxicity evaluation using hen's egg test and inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm formation. *Int. J. Antimicrob. Agents* **2015**, *45*, 183–187. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
67. Budai, P.; Lehel, J.; Tavaszi, J.; Kormos, É. HET-CAM test for determining the possible eye irritancy of pesticides. *Acta Vet. Hung.* **2010**, *58*, 369–377. [\[CrossRef\]](#)
68. Krakowian, D.; Gađarowska, D.; Daniel-Wójcik, A.; Mrzyk, I. Cytotoxicity assay to assess eye irritation—A comparison with other methods and possible strategies for use. *Toxicol. Vitro* **2022**, *81*, 105343. [\[CrossRef\]](#)
69. Dardouri, M.; Bettencourt, A.; Martin, V.; Carvalho, F.A.; Santos, C.; Monge, N.; Santos, N.C.; Fernandes, M.H.; Gomes, P.S.; Ribeiro, I.A.C. Using plasma mediated covalent functionalization of rhamnolipids on polydimethylsiloxane towards the antimicrobial improvement of catheter surfaces. *Biomater. Adv.* **2022**, *34*, 112563. [\[CrossRef\]](#)
70. Resende, A.H.M.; Farias, J.M.; Silva, D.D.B.; Rufino, R.D.; Luna, J.M.; Stamford, T.C.M.; Sarubbo, L.A. Application of biosurfactants and chitosan in toothpaste formulation. *Colloids Surfaces B Biointerfaces* **2019**, *181*, 77–84. [\[CrossRef\]](#)
71. Apak, R.; Mustafa, Ö.; Kubilay, G.; Çapanoğlu, E. Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *J. Agric. Food Chem.* **2016**, *64*, 997–1027. [\[CrossRef\]](#)
72. Tancredi, M.; Carandente Coscia, C.; Russo Krauss, I.; D'Errico, G. Antioxidant properties of biosurfactants: Multifunctional biomolecules with added value in formulation chemistry. *Biomolecules* **2025**, *15*, 308. [\[CrossRef\]](#)
73. Rashad, M.M.; Nooman, M.U.; Ali, M.M.; Al-kashef, A.S.; Mahmoud, A.E. Production, characterization and anticancer activity of *Candida bombicola* sophorolipids by means of solid state fermentation of sunflower oil cake and soybean oil. *Grasas Aceites* **2014**, *65*, e017. [\[CrossRef\]](#)
74. Afonso, C.R.; Hirano, R.S.; Gaspar, A.L.; Chagas, E.G.L.; Carvalho, R.A.; Silva, F.V.; Leonardi, G.R.; Lopes, P.S.; Silva, C.F.; Yoshida, C.M.P. Biodegradable antioxidant chitosan films useful as an anti-aging skin mask. *Int. J. Biol. Macromol.* **2019**, *132*, 1262–1273. [\[CrossRef\]](#)
75. Joshi, N.; Patidar, K.; Solanki, R.; Mahawar, V. Preparation and evaluation of herbal hair growth promoting shampoo formulation containing *Piper betle* and *Psidium guajava* leaves extract. *Int. J. Green Pharm.* **2018**, *2018*, S835–S839. [\[CrossRef\]](#)
76. Turnes, J.M.; Bonetti, A.F.; Krause, M.S.; Canteli, V.C.D.; Paula, C.S.; Duarte, M.R.; Zanin, S.M.W.; Dias, J.F.G.; Miguel, M.D.; Miguel, O.G. Avaliação da atividade antioxidante e alelopática do extrato etanólico e frações das cascas do caule de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam., Rutaceae. *Rev. Ciênc. Farm. Bós. Apl.* **2014**, *35*, 459–467.
77. Fan, Y.; Xiaohui, Z.; Jing, H.; Ci, Z. Preliminary studies on surface properties and antioxidant activities of sophorolipids. *Sci. Technol. Food Ind.* **2012**, *33*, 166–168.
78. Hoa, N.L.H.; Loan, L.Q.; Sang, V.T. Production and characterization of sophorolipids by *Candida bombicola* using catfish fat. *Nat. Sci. Technol.* **2017**, *14*, 152–159.
79. Haque, E.; Kayalvizhi, K.; Hassan, S. Biocompatibility, antioxidant and anti-infective effect of biosurfactant produced by *Marinobacter litoralis* MB15. *Int. J. Pharm. Investig.* **2020**, *10*, 173–178. [\[CrossRef\]](#)
80. Yalçın, E.; Çavuşoğlu, K. Structural analysis and antioxidant activity of a biosurfactant obtained from *Bacillus subtilis* RW-1. *Turk. J. Biochem.* **2010**, *35*, 243–247.
81. Naughton, P.J.; Marchant, R.; Naughton, V.; Banat, I.M. Microbial biosurfactants: Current trends and applications in biomedical, biotechnological and environmental fields. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* **2019**, *39*, 117–129. [\[CrossRef\]](#)
82. Shekhar, S.; Arumugam, S.; Tangavel, B. Biosurfactant producing microbes and their potential applications: A review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* **2015**, *45*, 1522–1554. [\[CrossRef\]](#)
83. Jezierska, S.; Claus, S.; Van Bogaert, I.N.A. Yeast glycolipid biosurfactants. *FEBS Lett.* **2017**, *592*, 1312–1329. [\[CrossRef\]](#)
84. Santos, D.K.F.; Rufino, R.D.; Luna, J.M.; Santos, V.A.; Sarubbo, L.A. Biosurfactants: Multifunctional biomolecules of the 21st century. *Int. J. Mol. Sci.* **2016**, *17*, 401. [\[CrossRef\]](#)
85. Sarubbo, L.A.; Silva, M.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. *Biochem. Eng. J.* **2022**, *181*, 108377. [\[CrossRef\]](#)

86. Mendes da Silva Santos, E.; Alvares da Silva Lira, I.R.; Moraes Meira, H.; dos Santos Aguiar, J.; Diniz Rufino, R.; Germano de Almeida, D.; Casazza, A.A.; Converti, A.; Asfora Sarubbo, L.; Moura de Luna, J. Enhanced oil removal by a non-toxic biosurfactant formulation. *Energies* **2021**, *14*, 467. [[CrossRef](#)]
87. Marqués, A.M.; Pinazo, A.; Farfan, M.; Aranda, F.J.; Teruel, J.A.; Ortiz, A.; Manresa, A.; Espuny, M.J. The physicochemical properties and chemical composition of trehalose lipids produced by *Rhodococcus erythropolis* 51T7. *Chem. Phys. Lipids* **2009**, *158*, 110–117. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
88. Rodríguez-López, L.; López-Prieto, A.; Lopez-Álvarez, M.; Pérez-Davila, S.; Serra, J.; González, P.; Cruz, J.M.; Moldes, A.B. Characterization and cytotoxic effect of biosurfactants obtained from different sources. *ACS Omega* **2020**, *5*, 31381–31390. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

3.2 Normas da revista *Journal of Cosmetic Science* referente a submissão de artigo de revisão



Dedicated to the advancement of cosmetic science

INFORMATION FOR JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE AUTHORS

The JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE publishes papers concerned with cosmetics or the sciences underlying cosmetics, as well as other papers of interest to Society of Cosmetic Chemists (SCC) members. In particular, the JOURNAL welcomes papers concerned with cosmetics, cosmetic products, fragrances, their formulation and their effects in skin care or in overall consumer well-being, as well as papers relating to the sciences underlying cosmetics, such as human skin physiology, color physics, physical chemistry of colloids and emulsions, or psychological effects of olfaction in humans. Papers of interest to the cosmetic industry and to the understanding of the cosmetic markets are also welcome for publication. The Editor relies on the advice of reviewers who are experts in the field in deciding whether a submission has sufficient scientific merit to warrant publication.

Results concerning animal (not human) physiology are outside of the scope of the JOURNAL, therefore manuscripts reporting results related to it will not be taken into consideration for publication in the JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE.

Manuscripts reporting results obtained with botanical extracts should describe the preparation and the characterization of the extract so that other scientists can reproduce the preparation and the results.

Papers reporting on the anti-oxidant properties of botanical extracts should show that the anti-oxidant activity is due to a scavenging activity, and not to the artifactual protection of the experimental target of the pro-oxidant because of the addition of excess target for that pro-oxidant. Papers should also describe an effect of the botanical extract on some clinical endpoints (whitening, roughness, redness, etc.) with human volunteers. Papers that do not meet these criteria will not be taken into consideration for publication in the Journal of Cosmetic Science.

All published papers are eligible for the following awards:

ALAN B. and JEANETTE BLACK AWARD

The Alan B. and Jeanette Black Award is presented in December to the author(s) of the Best Paper on Sustainable Formulation Technology published in the JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE or presented at the preceding SCC Annual Meeting.

The award consists of a framed certificate for each author and an honorarium to be divided equally among all authors, if applicable. There are no Honorable Mentions for this award. The Committee can recommend that no award be given in any year. This shall in no way affect future selections or the size of the award in future years.

JOSEPH P. CIAUDELLI AWARD

The Joseph P. Ciaudelli Award is presented to the Best Article appearing in the JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE on the subject of hair care technology. The Award, however, should only be granted when, in the opinion of the Committee, there is a paper that merits the Award.

The award consists of a framed certificate for each author and an honorarium to be divided equally among all authors, if applicable. There are no Honorable Mentions for this award. The Committee can recommend that no award be given in any year. This shall in no way affect future selections or the size of the award in future years.

DES GODDARD AWARD

The Des Goddard Award is presented to the author(s) of the Most Innovative Paper or Student Technical Poster on the topic of Polymer Science related to Cosmetics or Personal Care presented at the preceding Annual Meeting or published in the JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE.

The award consists of a framed certificate for each author and an honorarium to be divided equally among all authors, if applicable. There are no Honorable Mentions for this award. The Committee can recommend that no award be given in any year. This shall in no way affect future selections or the size of the award in future years.

SUBJECT MATTER

The JOURNAL will consider papers for publication in the following categories, provided they are prepared in proper scientific style and adequately referenced:

1. **Original Articles:** Descriptions of original research work in cosmetics or related areas.
2. **General Articles:** Articles of a general character may be considered for publication providing they are of a scientific and technical nature. These articles may be concerned with newer analytical techniques, developments in dermatology, toxicology, etc.
3. **Review Articles:** Intended to present an overview of recent advances in a specific area related to cosmetics. The author of such a review is expected to be actively engaged in the area and capable of presenting a critical evaluation of published reports of a scientific and technical nature. Solicited by special invitation from the Editor and Editorial Committee; not subject to review by the Editorial Committee.
4. **Technical Notes:** Relatively short manuscript containing new information obtained by laboratory investigations; these do not contain the depth or extent of research involved in an Original Article.
5. **Letters to the Editor:** Comments on JOURNAL articles are invited, as well as brief contributions on any aspect of cosmetic or related science that does not warrant publication of a full-length paper in one of our other categories. May include figures and/or references, but brevity is necessary.

SUBMISSION OF PAPERS

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

Articles must be properly written and not artificially automated using ChatGPT or other similar Artificial Intelligence technologies.

Paper Submission: Papers should be submitted for publication online through the following link: <https://jcs.scholasticahq.com/>. On the manuscript submission form, enter the title of the paper as it would appear in the JOURNAL, if selected, followed by your paper's abstract, corresponding author's country of residence, and 3 keywords that describe the topic of your paper. Next, you will enter the full name and affiliation of each author, full manuscript, and any supporting files (e.g. figures, meeting the requirements in section 8 below). The corresponding author's details should be entered first, prior to entering any additional authors' details.

Papers received by the Editor will be acknowledged and sent to reviewers. The JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE uses a double-blind review process. **Authors are responsible for removing any information from their papers that might lead a reviewer to discern their identities or affiliations.** Normally, the Editor will advise the author of acceptance, rejection, or need for revision of the paper within 8 weeks.

Important: Papers and the data therein must not have been published previously. Upon acceptance, authors will be required to sign a Transfer of Copyright Agreement, and the paper will become the property of the SOCIETY OF COSMETIC CHEMISTS and may not be produced in part or as whole without written permission of the Society.

PREPARATION OF PAPERS

Stylebooks for the JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE are the American Medical Association's *AMA Manual of Style* and the University of Chicago Press's *A Manual of Style*. Authors whose papers include figures should follow the section below on figure preparation.

The responsibility for good grammar and correct sentence structure rests with the author.

Organization should be thoughtful and not necessarily chronological. Unfamiliar or rare terms should be explained to make their meanings clear to all readers, especially those who are not well-versed in the language of the publication. Avoid all colloquialisms, jargon, unusual abbreviations, and be as clear and brief as possible in the paper.

If you are not a native English speaker, we strongly recommend that you have your paper professionally edited before submission. Professional editing will mean that reviewers are better able to read and assess your paper. Below are some professional editing companies for your consideration*. You are not required to use any of these companies; they are merely suggested as potential resources.

- Science Journal Editors (www.scienceje.com)
- American Manuscript Editors (www.americanmanuscripteditors.com)
- American Journal Experts (www.aje.com)

*Your interactions with the above organizations, including payment and delivery of goods or services, and any other terms, conditions, warranties or representations associated with such dealings, are solely between you and such organizations. You should make whatever investigation or reference checks you feel necessary or appropriate before proceeding with any online or offline transaction with any of these third parties. You agree that SCC shall not be responsible or liable for any loss or damage of any sort incurred as the result of any such dealings.

Major revision or retyping of papers cannot be undertaken by the Editor; these must be done by the author or his designated colleague. The suggestions that follow are intended to reduce the number of revisions and exchanges of correspondence needed prior to the publication of an article. Authors who follow these instructions closely will see their articles reviewed and published in the shortest possible time.

1. **General Format:** Papers must be submitted electronically in Microsoft Office Word. Figures should be supplied digitally as either a Word file, PDF, TIFF, JPG, or similar format. The title page of the paper should include a suggested short title and the title and date of the meeting where it was presented, if any **Papers must include line numbers to aid reviewers in the review process.**

2. **Synopsis:** Each article should be preceded by a brief but informative synopsis of 100 to 200 words. The synopsis should state the objective of the research, the experimental approach used, the principal findings, and the major conclusions. Follow the form used by Chemical Abstracts in preparing the synopsis.

3. **Units of Measure:** The SI (System International) metric units are preferred, following the trend in the scientific community. Where English or cgs units must be used, they should be converted to SI and placed following in parentheses. Abbreviations such as m/s, ml, rpm, and ug are used without periods. It is requested that authors avoid all unusual notations, e.g., milligram per cent (mg %) or ppm are better expressed as mg/100g or mg/kg.

4. **Abbreviations:** Any abbreviation that will not be immediately understood by a non-expert reader should be defined in parentheses following its first appearance in the text. In most cases, both clipped words and acronyms are unpunctuated. Chemical names and formulae should be unambiguously clear to the editor. Some prefixes before names of organic compounds must be italicized, e.g., *cis-*, *p-*, *tert-*, etc. Consult the list of commonly used abbreviations in the *ACS Handbook*.

5. **Trade Names:** A trade name must be followed by the sign "®," All common cosmetic ingredients should be referred to by their GENERIC names, as indicated in the latest edition of *International Cosmetic Ingredient Dictionary and Handbook (PCPC's)*, the *United States Pharmacopeia (U.S.P.)*, and the *National Formulary (N.F.)*. Manufacturer's designation may be included in parentheses. If a material is not listed, then the proprietary or trademarked name can be used, with the chemical composition and name and address of the manufacturer given in parentheses or footnote.

6. **Structural Formulae:** Structural formulae should be used only if absolutely necessary and if the chemical in question is not known to the reader. They should be numbered and referred to in the text by Arabic numerals.

7. **Tables:** Tables should be numbered consecutively, using Roman numerals. Appropriate captions should also be included.

8. **Figures:** To publish the figures in your article with the highest quality, it is important to submit digital art that conforms to the appropriate resolution, size, color mode, and file format. Doing so will help to avoid delays in publication and maximize the quality of images.

Photographs will be published in color at no additional cost to the author.

Sizing and preparation: Submit figures at their final publication size; do not scale figures.

All panels of a multipart figure should be provided in the same file. If symbols are not explained on the face of the figure, only standard print characters may be used. Include figure titles in the legend and not on the figure itself.

Labeling and Font Usage: Please use the same font for all figures in your paper, and use a standard font such as Arial, Helvetica, Times, Symbol, Mathematical Pi, and European Pi. Do not use varying letter type sizes within a single figure; use the same size or similar sizes throughout. The preferred font size is 8 points; the minimum font size is 6 points.

Resolution and Raster Images: Low-resolution images are one of the leading causes of art resubmission and schedule delays. Submitted raster (i.e. pixel-based) images must meet the minimum resolution requirements:

Monochrome (1-bit) images (line-art): Common examples are graphs and charts made of solid black and white, with no gray values. The suggested minimum resolution for this type of image is 1000 ppi at publication size.

Combination Halftones: Common examples are color or grayscale figures containing halftone and line art elements. The suggested minimum resolution for this type of image is 600 ppi at publication size.

Halftones: Common examples are color or grayscale figures containing pictures only, with no text or thin lines. The suggested minimum resolution for this type of image is 300 ppi at publication size.

Raster images should be supplied in TIFF format. PDF and JPG are also acceptable.

Vector Images: Vector images are typically generated using drawing or illustration programs (e.g., Adobe Illustrator) and are composed of mathematically defined geometric shapes—lines, objects, and fills. Vector graphics are resolution independent and can be enlarged to any size without quality loss.

Vector images should be supplied in EPS format, with all fonts embedded or converted to outlines, and graph lines at least 0.25 points thick. PDF is also acceptable.

Authors who do not comply with these guidelines will be asked to resubmit their figures in a printquality format, which may delay publication.

9. **References:** References should be numbered in the order in which they appear in the text and should be listed in numerical order at the end of the article under "References". Each reference should be cited in the text using superscript Arabic numerals, as outlined by [AMA's formatting guidelines](#).

The following is an example of a correctly prepared journal reference; note all spacing and punctuation:

- 1) Gaul LE, Underwood GB. Relation of dew point and barometric pressure to chapping of normal skin. *J Investig Dermatol.* 1952;19(1):9-19. doi:10.1038/jid.1952.61.

Book references are handled similarly and should include pertinent page numbers:

Cavalcanti, A.P.B. Formulação de cosmético *ecofriendly*...

1) Rothman S. Physiology and Biochemistry of the Skin. University of Chicago Press; 1954:494-560.

References to books containing contributions from authors appear as follows:

1) Gershon SD, Goldberg MA, Rieger MM. Permanent waving. In: Balsam MS, Sagarin E, eds. Cosmetics, Science and Technology. 2nd ed; vol 2. Wiley Interscience; 1972:167-250.

10. Claims of Priority/Primacy: The JOURNAL OF COSMETIC SCIENCE does not allow claims of priority or primacy; therefore, terms such as “new”/“novel”/“first” should not be included in the title or body of the paper.

For more guidance on preparing manuscripts, see

<https://www.sconline.org/Resources/Journal-of-Cosmetic-Science/JCS-Philosophy>

AFTER SUBMISSION OF PAPERS

Rejection of Papers Submitted: Papers not prepared in accordance with these directions or deemed to be outside the scope of articles published in the JOURNAL will be rejected by the Editor.


After the paper has been reviewed by the editor and reviewers, the senior author will be sent any comments that need to be addressed. If necessary, the senior author must submit a revised paper, as well as a document referencing the line numbers that contain the changes and details regarding the changes, which will be reviewed by the Editor prior to being approved for publication. If the revised paper is still not acceptable, the Editor may reject for publication. Authors have 6 months from the date they received the comments to submit a revised paper. If a revised paper is not received within that timeframe, the paper is considered withdrawn.

Page Proofs: After an author's paper is accepted and before final publication, page proofs will be emailed to the senior author for careful review and correction. Proofs should be verified against the paper and any alterations annotated in the PDF. The Publication Committee does not accept this responsibility. Alterations in an article after it has been typeset will be made at the author's expense, and the author will be billed for such changes. Corrected page proofs must be returned within 10 days to the *Journal* office.

Offprints and Reprints: The senior author of each paper will automatically receive a PDF copy of the final version of their manuscript on the issue's publication date. The author will also receive 2 months complimentary access to the Journal of Cosmetic Science recent issues online.

Charges: There are no per-page charges to publish in the Journal of Cosmetic Science. Any accepted article, including accompanying tables, illustrations, or figures, may not be withdrawn. If the article, including accompanying tables, illustrations, or figures, requires editing once in the proof stage, any fees associated with the requested change shall be invoiced to and payable by the senior author prior to the publication date.

3.1. Comprovante de submissão do artigo de revisão

 Outlook

Successful submission of manuscript Innovation and sustainability in the cosmetics industry: A global perspective with local insights to Journal of Cosmetic Science

De Scholastica Notifications <notifications@email.scholasticahq.com>


Data Qua, 18/06/2025 10:54

Para LEONIE ASFORA SARUBBO GAMA <leonie.sarubbo@unicap.br>

 Scholastica logo

Modernize your journal publishing process. Further your mission.

Hello Leonie Sarubbo,


 Your manuscript has been submitted successfully

"Innovation and sustainability in the cosmetics industry: A global perspective with local insights" has been **successfully submitted** to *Journal of Cosmetic Science*. **The editors have been notified.**

You can always check the progress of your submissions by logging into your account and clicking "My Manuscripts" in the top right.

[View details on Scholastica](#)

If you have any questions you can contact *Journal of Cosmetic Science* directly at journal@scconline.org

 **Guide: Submitting & managing your manuscript - A guide for authors**

Any questions?

Learn how easy it is to manage your submission in the Scholastica submission management platform! Our guide, *Submitting & Managing Your Manuscript: A Guide for Authors*, provides an in-depth look at how to manage your submission, find your receipts, contact the journal, and more!

[Get the guide](#)