

Surfactantes sintéticos e biossurfactantes: vantagens e desvantagens

Lorena de Oliveira Felipe e Sandra de Cássia Dias

O objetivo deste artigo é apresentar as principais vantagens e desvantagens dos surfactantes sintéticos e dos biossurfactantes. Tensoativos ou surfactantes são compostos orgânicos anfipáticos que apresentam em sua molécula uma parte polar e outra apolar. Os surfactantes são amplamente utilizados no nosso dia a dia, estando presentes em produtos de higiene pessoal, detergentes domésticos ou industriais, cosméticos e em alguns alimentos industrializados. Os surfactantes podem ser sintetizados por rota química a partir de derivados do petróleo ou pela via biotecnológica utilizando micro-organismos e matéria-prima renovável. Os surfactantes sintéticos são economicamente mais viáveis. Entretanto, quando comparados aos biossurfactantes, provocam maior impacto ambiental. Dessa forma, os biossurfactantes são uma alternativa promissora e seu consumo tem crescido cada dia mais.

► tensoativos, processos biotecnológicos, impactos ambientais ◀

Recebido em 26/04/2016, aceito em 11/12/2016

228

Surfactantes: uma visão geral

Tensoativos ou surfactantes (contração do termo *surface active agent*) são compostos orgânicos anfipáticos que apresentam em sua molécula uma porção polar e outra apolar. A porção apolar, também denominada de cauda, é constituída por uma ou duas cadeias carbônicas, ou fluorocarbônicas, ou siloxânicas. Enquanto a porção polar, ou cabeça, pode apresentar grupos iônicos (cátions ou ânions), não iônicos ou anfóteros, que se comportam como ácido ou base dependendo do pH do meio (Daltin, 2011). Os surfactantes são classificados em aniônicos, catiônicos, não iônicos ou anfotéricos, de acordo com o grupo presente na parte polar (Figura 1 e Tabela 1).

Os surfactantes, devido ao seu caráter anfifílico, quando adicionados a um solvente polar, como água, se acumulam na superfície do solvente, ou seja, na interface solvente/ar. A presença das moléculas de surfactantes na superfície diminui a força de coesão entre as moléculas do solvente, localizadas na superfície, reduzindo a tensão superficial (Figura 2). A adição de mais moléculas de surfactante após a saturação da

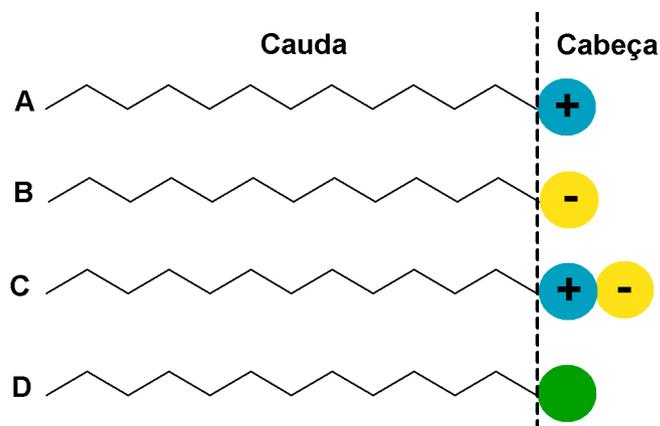
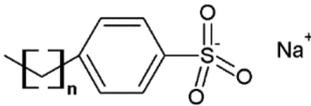
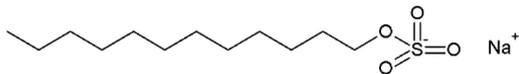
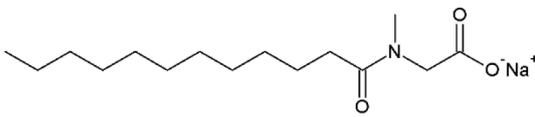
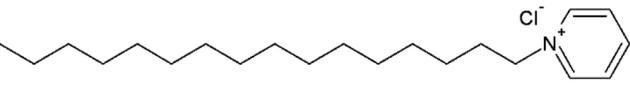
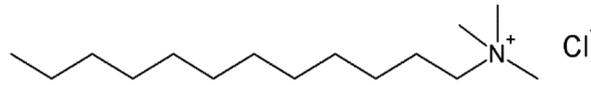
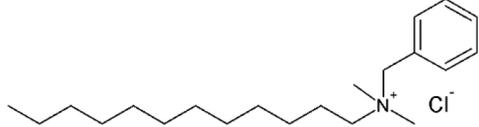
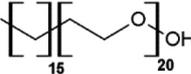


Figura 1: Representação esquemática dos surfactantes catiônicos (A), aniônicos (B), anfóteros (C) e não iônicos (D). A cauda corresponde à porção apolar e a cabeça à porção polar.

superfície entre as duas fases (polar/apolar) não diminuirá a tensão superficial. As moléculas de surfactante adicionadas após a saturação interagirão entre si formando agregados moleculares, denominados de micelas, no interior da fase polar (Figura 3A) e ou no interior da fase apolar (Figura 3B). A concentração na qual se inicia o processo de formação de micelas é denominada de concentração micelar crítica (cmc). A cmc é uma propriedade intrínseca e característica de cada surfactante. A natureza química do grupo hidrofóbico, do

A seção "Química e sociedade" apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre Ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.

Tabela 1: Classificação dos surfactantes de acordo com o grupo polar. Adaptado de: Daltin (2011), Myers (2006).

Classes de surfactantes	Nomenclatura	Fórmula química
Aniônicos	Sulfonato de alquilbenzeno	 $n = 9, 11, 13, 15, 17$
	Dodecil sulfato de sódio (SDS)	
	<i>N</i> -lauroilsarcosinato de sódio (Gardol®)	
Catiônicos	Cloreto de cetilpiridínio	
	Cloreto de dodecil trimetilamônio	
	Cloreto de hexadecilbenzildimetilamônio	
Não-iônico	Éter hexadecil (20)-Polioxi-etilênico (Brij 58®)	

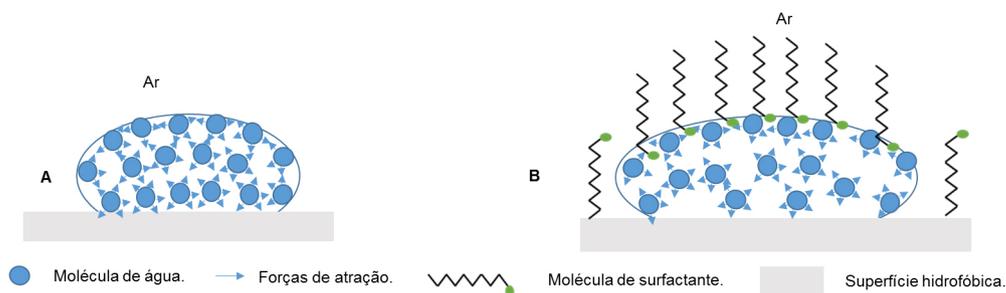


Figura 2: Representação esquemática. **A** – Gota de água em uma superfície hidrofóbica. **B** – Gota de água em uma superfície hidrofóbica, contendo moléculas de surfactante. A redução da tensão superficial na gota de água, após a adição do surfactante, aumentou a área de contato da água com a superfície hidrofóbica.

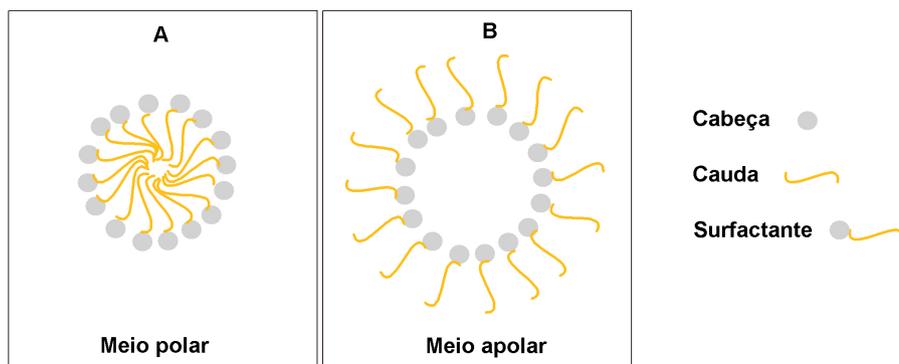


Figura 3: Esquema ilustrativo mostrando a organização molecular de um surfactante em uma micela direta (A) e uma micela inversa (B).

grupo hidrofílico, força iônica, temperatura e a presença de eletrólitos são fatores que afetam a cmc.

Os surfactantes são utilizados em diferentes processos industriais, domésticos e biológicos, exercendo funções como, emulsificante, agente molhante ou de suspensão, dispersão de fases e lubrificantes. Logo, apresentam importância significativa no cotidiano das pessoas (Tabelas 2 e 3) (Behring, 2004; Daltin, 2011).

Tabela 2: Algumas aplicações dos surfactantes em processos industriais.

Aplicação	Referência
Construção civil	Anghinetti (2012)
Cosméticos	Chou (2015)
Agroquímica	Sachdev e Cameotra (2013)
Indústria de alimentos	Nitschke e Costa (2007)
Indústria do petróleo	Myers (2006)
Indústria têxtil	Myers (2006)
Mineração	Myers (2006)
Saúde	Gugliotti (2002); Freddi <i>et al.</i> (2003)

A Figura 4 apresenta as fórmulas estruturais de alguns surfactantes descritos na Tabela 3.

230

Surfactante sintético: histórico, produção e impacto ambiental

O sabão é um tensoativo natural utilizado desde 79 a.C. Ele é produzido a partir da reação química entre gordura de origem animal ou óleos de origem vegetal com uma solução de hidróxido de sódio ou potássio, ou outras soluções alcalinas. Essa reação química é conhecida como reação de saponificação (Barbosa e Silva, 1995).

Detergentes são surfactantes sintéticos produzidos por rotas químicas. Eles são obtidos a partir de diferentes matérias-primas, principalmente dos derivados do petróleo (Figura 5) (Penteado *et al.*, 2006). A produção dos detergentes iniciou-se na Alemanha durante a Primeira Guerra Mundial. Na ocasião, a escassez de matérias-primas naturais,

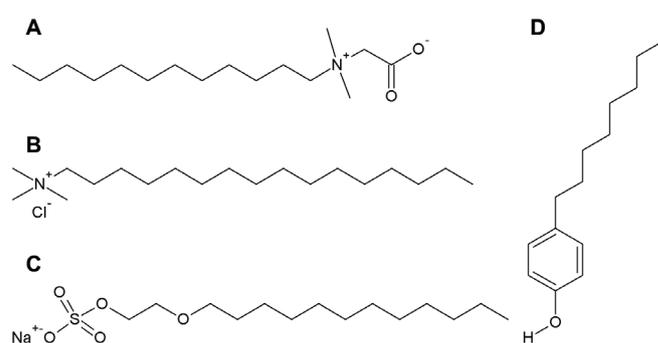


Figura 4: Fórmulas estruturais dos principais representantes das classes de surfactantes apresentados na Tabela 3: (A) betaína (surfactante anfotérico); (B) cloreto de cetil trimetil amônio (surfactante catiônico); (C) nonilfenol (surfactante não-iônico); (D) lauril éter sulfato de sódio (surfactante aniônico).

gordura animal e óleos vegetais estimulou a obtenção de uma nova rota de produção utilizando os derivados petroquímicos (Baker *et al.*, 2004).

O sulfonato de alquilbenzeno (ABS) é um detergente sintético produzido a partir do benzeno e do propileno. Suas propriedades superiores às do sabão e dos detergentes sintéticos existentes na época contribuíram para seu grande consumo e comercialização (Penteado *et al.*, 2006). O ABS quando comparado aos sabões apresenta maior poder de limpeza e solubilidade em água contendo os íons Ca^{2+} , Fe^{3+} e Mg^{2+} , conhecida como água dura (Barbosa e Silva, 1995). Entretanto, o alto potencial poluidor e a refratariedade à degradação biológica são duas desvantagens do ABS (Penteado *et al.*, 2006).

O potencial poluidor do ABS está relacionado à sua capacidade de formar uma densa camada de espuma, de coloração branca, em corpos d'água conhecida como "cisne-de-detergente". Essa densa camada de espuma é responsável pelo carregamento de diferentes tipos de poluentes por longas distâncias, diminuição da taxa de fotossíntese e mortalidade de seres aquáticos (Chimello *et al.*, 2012). Os carbonos quaternários da porção hidrofóbica da molécula do ABS não são passíveis de degradação biológica, causando sua persistência no ambiente por longos períodos (Figura 6A) (Penteado *et*

Tabela 3: Informações mercadológicas referentes às diferentes classes de surfactantes. Adaptado de: Bain e Company, 2014.

Classe de surfactante	Informações mercadológicas		
	Comercialização nacional	Principais surfactantes	Principais produtos
Aniônicos	Primeiro subsegmento mais representativo em volume e venda.	Sulfonato de alquilbenzeno linear (LAS)	
Lauril éter sulfato de sódio (LESS)	Sabão em pó para roupas, detergentes para louça e xampus.		
Não Iônicos	Segundo subsegmento mais representativo em volume e venda.	Polietilenoglicóis, álcoois, alquilfenóis e aminas etoxiladas	Produtos de limpeza industrial, emolientes e umectantes para cosméticos.
Catiônicos	Subsegmento com maior projeção de crescimento até 2018.	Sais quaternários de amônio	Limpeza industrial, amaciantes e detergentes.
Anfóteros	Subsegmento menos representativo	Betaínas	Xampu infantil, detergente para louça.

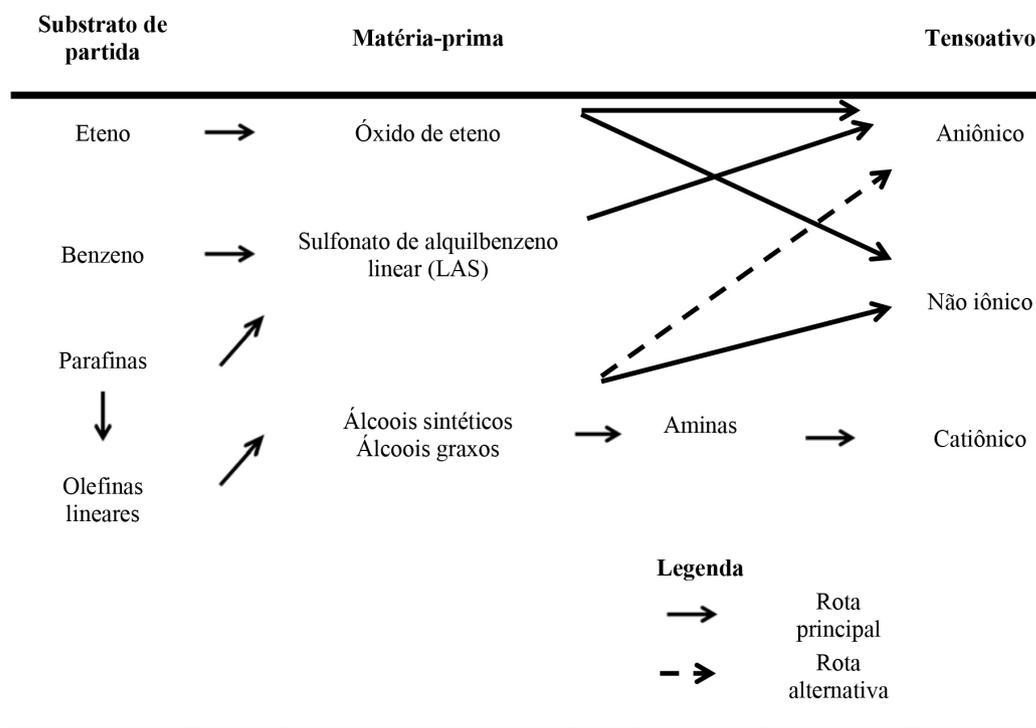


Figura 5: Esquema representativo das rotas de obtenção química dos surfactantes sintéticos. Adaptado de: Bain & Company, 2014.

al., 2006). A utilização do ABS foi proibida na Europa e nos EUA em 1965, devido aos impactos ambientais causados pelo seu uso. Entretanto, inúmeros países emergentes mantiveram sua utilização em diferentes aplicações industriais graças ao seu baixo custo. No Brasil, a utilização do ABS foi institucionalizada em 1976 e seu uso foi descontinuado obrigatoriamente em 1981 (Neto e Del Pino, 2001).

O ABS foi substituído pelo sulfonato de alquilbenzeno linear (LAS). A cadeia de hidrocarboneto do LAS é linear sendo mais suscetível à degradação biológica, o que diminui sua persistência no meio ambiente (Figura 6 B) (Penteado *et al.*, 2006).

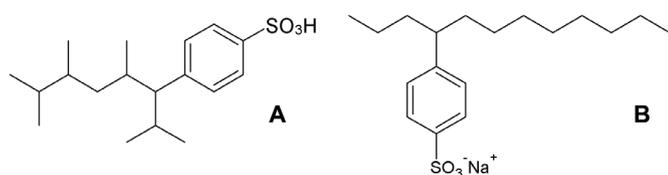


Figura 6: Representação da fórmula estrutural dos surfactantes sintéticos: (A) Sulfonato de alquilbenzeno (ABS); (B) Alquilbenzeno linear (LAS).

O uso dos surfactantes sintéticos, em diversos processos industriais e domésticos, provoca danos ambientais associados à sua produção e ao seu descarte. A presença de surfactantes nos corpos hídricos reduz a tensão superficial da água diminuindo sua taxa de evaporação, aumenta a solubilidade de compostos orgânicos presentes nos corpos hídricos. A espuma formada sobre a superfície da água diminui a penetração dos raios solares, reduz a solubilidade do oxigênio provocando a morte de micro-organismos, peixes e plantas aquáticas. Alguns detergentes apresentam em sua

formulação sais contendo o grupo fosfato, como o tripoli-fosfato de sódio. Este grupo complexa com os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} presentes na água denominada dura, favorecendo a ação do detergente. O fosfato, presente no efluente devido ao uso desses detergentes, é utilizado como nutriente pela vegetação aquática superficial favorecendo o seu crescimento excessivo, fenômeno conhecido como eutrofização. A eutrofização leva a menores concentrações de oxigênio no meio aquático provocando a morte dos outros seres vivos. Alguns compostos formados a partir da degradação dos surfactantes provocam distúrbios no sistema endócrino de organismos aquáticos e terrestres (Costa *et al.*, 2007; Olkowska *et al.*, 2014).

Outra questão ambiental a considerar é o uso de matérias-primas não renováveis, principalmente os derivados do petróleo. Diante do exposto, novas alternativas têm sido investigadas com o intuito de substituir os surfactantes sintéticos por surfactantes mais “amigos do ambiente”. Nesse contexto, os biossurfactantes, tensoativos produzidos pela via biotecnológica, são promissores (Brumano *et al.*, 2016).

Biossurfactante: vantagens, desvantagens e modo de produção

Na década de 80, foi criado o conceito de desenvolvimento sustentável. Esse conceito visa conciliar atividades industriais com a preservação do meio ambiente atrelado ao desenvolvimento econômico e social (Veiga, 2008). A preocupação dos consumidores em adquirir produtos ambientalmente corretos estimulou o mercado de produtos com menor impacto ambiental e uma nova maneira de “re-pensar a química” (Brumano *et al.*, 2016). Em se tratando do último

conceito, surgiu a Química Verde (Lenardão *et al.*, 2003).

De acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2010a), a “química verde, química ambiental ou química para o desenvolvimento sustentável é um campo emergente que tem como objetivo conduzir ações científicas e/ou processos industriais ecologicamente corretos”. Assim, a produção de inúmeros produtos através do desenvolvimento de bioprocessos foi estimulada, tornando-se uma opção para os produtos tradicionalmente comercializados (CGEE, 2010b). Portanto, a produção e a utilização de surfactantes naturais, também conhecidos como biossurfactantes, são alternativas aos surfactantes sintéticos (Myers, 2006).

Na natureza, diferentes organismos vivos produzem surfactantes que apresentam diversas funções. Dentre os exemplos mais importantes pode-se citar: (i) sais biliares – sintetizados pela vesícula biliar, são fundamentais para a digestão da gordura a partir da emulsificação das mesmas, ou seja, solubilizam a gordura (Maldonado-Valderrama *et al.*, 2011); (ii) surfactante pulmonar - evita que os alvéolos pulmonares colabem, as paredes dos alvéolos se toquem, durante a expiração, além de permitir maior permeabilidade às moléculas de oxigênio (Zasadzinski *et al.*, 2001; Gugliotti, 2002); (iii) saponinas – produto resultante do metabolismo secundário de alguns vegetais, atuam como defesa contra agentes externos (Cibulski, 2015; Silva *et al.*, 2015); e (iv) surfactantes de origem microbiana – produtos do metabolismo de diferentes bactérias, fungos e leveduras. A função biológica dos surfactantes microbianos está associada ao acesso a substratos hidrofóbicos, aumentando a disponibilidade de nutrientes para os micro-organismos produtores. Apresentam atividade antibiótica, sendo capazes de emulsificar a parede celular de outros micro-organismos, estimulando a competitividade e a sobrevivência das populações microbianas produtoras de biossurfactante (Mulligan *et al.*, 2014).

Os biossurfactantes, semelhante aos surfactantes sintéticos, apresentam em sua molécula uma porção hidrofóbica e uma porção hidrofílica. A maioria dos biossurfactantes é neutro ou aniônico. Além disso, apresentam tamanhos diferentes desde pequenos ácidos graxos até cadeias poliméricas. Os biossurfactantes são classificados de acordo com a composição química da molécula (Tabela 4). Os glicolípideos apresentam em sua estrutura carboidratos (glicose, galactose, manose ou ramnose) combinados com ácidos graxos de cadeia longa (Felix, 2012). Os lipopeptídeos e lipoproteínas são compostos caracterizados por peptídeos ou proteínas ligados a ácidos graxos. Seus aminoácidos estão dispostos em forma cíclica e a porção proteica pode ser aniônica ou neutra (Barros *et al.*, 2007). Os fosfolípídeos são constituídos por ácidos graxos ou lipídeos neutros e grupos fosfatos. Esta classe de biossurfactante é produzida por leveduras e bactérias que utilizam alcanos como fonte de carbono e energia para o crescimento (Silva *et al.*; 2014). Já os surfactantes poliméricos ou lipopolissacarídeos são caracterizados por ácidos graxos e polissacarídeos ligados covalentemente. O emulsan é um dos biossurfactantes poliméricos mais conhecidos. Ele foi o primeiro biossurfactante

Tabela 4: Classificação dos biossurfactantes de acordo com a estrutura molecular. Adaptado de: Winterburn e Martin (2012).

Classe de biossurfactante	Tipo	Micro-organismo produtor
Glicolípídeos	Ramrólípidios	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	Soforólípidios	<i>Candida bombicola</i>
	Trehalólípidios	<i>Rhodococcus erythropolis</i> ,
Lipopeptídeos	Viscosina	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
	Surfactina	<i>Bacillus subtilis</i>
	Polimixina	<i>Bacillus polymyxa</i>
Fosfolípídeos, ácidos graxos e lipídeos neutros	Ácidos graxos	<i>Corynebacterium lepus</i>
	Lipídeos neutros	<i>Nocardia erythropolis</i>
	Fosfolípídeos	<i>Thiobacillus thiooxidans</i>
Surfactantes poliméricos	Emulsan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	Biodispersan	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	Liposan	<i>Candida lipolytica</i>
Surfactantes particulados	Vesículas	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	Células	Cianobactéria

produzido e comercializado em larga escala (Felix, 2012). Os surfactantes particulados são vesículas extracelulares produzidas por algumas bactérias. Essas vesículas apresentam elevada atividade tensoativa, transportando alcanos para o interior das células.

Os biossurfactantes são utilizados em diversas aplicações, apresentando especificidade para cada situação em particular (Figura 7). Por exemplo, no setor farmacêutico a iturina A é um antifúngico eficiente contra micoses; a surfactina, por sua vez, apresenta ação antiviral, antibacteriana e inibe a formação de coágulos. No setor agrícola, os ramrólípidios são utilizados como biofungicida para prevenir o crescimento de fungos patogênicos em frutas e vegetais e, atualmente, são comercializados pela *JeneilBiotech* e *Ecover*, localizadas nos Estados Unidos e na Bélgica, respectivamente (Winterburn e Martin, 2012). A Figura 8 apresenta a estrutura química de alguns biossurfactantes.

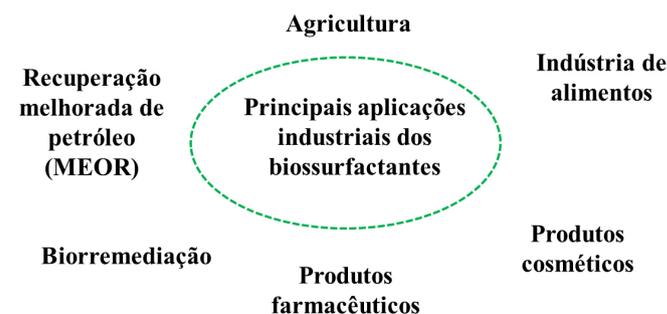


Figura 7: Diferentes aplicações comerciais dos biossurfactantes.

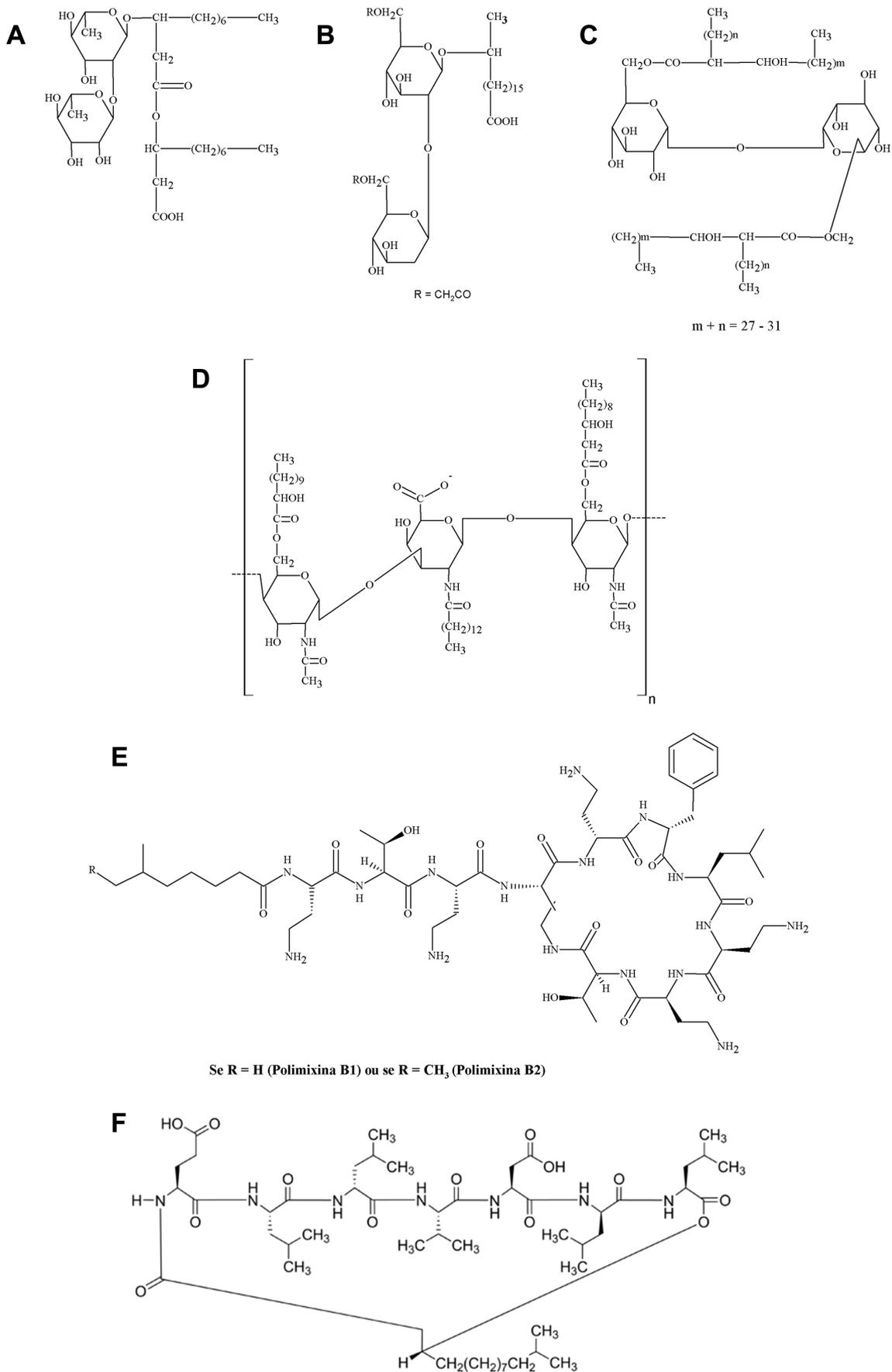


Figura 8: Representação da fórmula estrutural dos biossurfactantes: **(A)** ramnolípideo; **(B)** sofrorolípideos, **(C)** trehalolípideos, **(D)** Emulsan, **(E)** polimixina e **(F)** surfactina. Os biossurfactantes A, B e C pertencem à classe dos glicolípideos, o biossurfactante D é da classe dos poliméricos, e os biossurfactantes E e F são exemplos de moléculas da classe dos lipopeptídeos.

Os biossurfactantes, produzidos por diferentes micro-organismos, são opção tecnológica para a substituição dos surfactantes sintéticos, pois apresentam algumas vantagens (Nitschke e Pastore, 2002; Mulligan *et al.*, 2014):

- i. Maior atividade superficial e interfacial.** Menores concentrações de biossurfactantes provocam uma maior diminuição da tensão superficial devido a menor cmc dos biossurfactante. Por exemplo, a cmc do ramnolipideo é $0,07 \text{ g.L}^{-1}$ e a do surfactante sintético rokanol NL 6TM (surfactante aniônico) $0,12 \text{ g.L}^{-1}$.
 - ii. Baixa toxicidade.** Menor probabilidade de provocar reações alérgicas torna os biossurfactantes mais seguros para serem utilizados em cosméticos, alimentos e produtos farmacêuticos.
 - iii. Biodegradabilidade.** Os micro-organismos utilizam mais facilmente os biossurfactantes como substrato para obtenção de energia do que os surfactantes sintéticos.
 - iv. Estabilidade em força iônica alta.** Surfactantes sintéticos são estáveis entre 2 a 3% (m/v) de sais, já os biossurfactantes são estáveis até concentrações salinas de 10% (m/v).
 - v. Utilização de substratos alternativos na produção por via fermentativa.** Os biossurfactantes podem ser produzidos a partir de substratos renováveis e resíduos agroindustriais (soro de leite, água de maceração de milho, manípueira). A utilização dessas matérias-primas como alternativa a meio de cultura sintético encorajam ações de gerenciamento ambiental.
- Por outro lado, a produção de biossurfactante é uma área de estudo em desenvolvimento. Alguns desafios associados à produção precisam ser superados para viabilizar a produção e comercialização dos biossurfactantes em escala comercial (Saharan, 2011; Winterburn e Martin, 2012):

- i. Preço.** Principal desvantagem dos biossurfactantes sintéticos. Nesse caso, a diferença de preço chega a ser 50 vezes maior para os biossurfactantes quando comparados aos surfactantes sintéticos.
- ii. Baixa produtividade.** Micro-organismos capazes de produzir biossurfactantes em concentrações economicamente viáveis ainda não foram identificados.
- iii. Produção de espuma durante o processo.** Durante o cultivo dos micro-organismos, a agitação e o processo de aerar o biorreator produzem espuma, mistura coloidal formada pela dispersão de um gás em um líquido. A espuma arrasta o meio de cultivo para fora do biorreator, local onde está ocorrendo o cultivo, causando perdas e favorecendo a contaminação durante o processo.
- iv. Purificação do biossurfactante.** A recuperação e puri-

ficção dos biossurfactantes é um desafio. Para obter o biossurfactante puro são necessárias várias etapas o que diminui a recuperação e gera maiores quantidades de efluentes, inviabilizando economicamente a purificação do biossurfactante.

Apesar dos desafios técnicos, a estimativa é que o mercado de biossurfactantes apresente um faturamento de cerca de US\$ 2,7 bilhões de dólares e um volume de comercialização de aproximadamente 524 mil toneladas de surfactantes em 2023. As empresas líderes na produção desses compostos são a *Ecover* (Bélgica), a *Urumqui Unite* (China), a *BASF-Cognis* (Alemanhã), a *Saraya* (Japão) e a *MG Intobio* (Coreia do Sul).

Dentre os biossurfactantes, os sofrólídeos apresentam maior volume de venda sendo utilizados em produtos de cuidados pessoais e na biorremediação. Embora os biossurfactantes provoquem menor impacto ambiental quando comparado aos surfactantes sintéticos, o seu descarte deve ser feito de forma adequada, pois eles não são inócuos ao meio ambiente (GlobeNewswire, 2016).

Considerações finais

Conforme descrito no texto, os surfactantes são utilizados em diversos processos e produtos como xampu, pasta de dente, hidratantes corporais, fármacos e detergentes. Novos hábitos de consumo que valorizam produtos ecologicamente corretos estão alavancando a produção e comercialização dos biossurfactantes, tensoativos produzidos por micro-organismos a partir de matérias-primas renováveis com menor impacto ambiental durante o processo de produção e de descarte. Os biossurfactantes semelhantes aos surfactantes sintéticos são moléculas anfipáticas redutoras

Os biossurfactantes semelhante aos surfactantes sintéticos são moléculas anfipáticas redutoras da tensão superficial, agentes molhantes e umectantes. Eles podem ser utilizados na agricultura, na indústria de alimentos, tinta, recuperação de minérios, biorremediação de solos e água contaminados por óleos e como medicamentos. O grande desafio dos biossurfactantes é o elevado custo de produção comparado aos surfactantes sintéticos.

da tensão superficial, agentes molhantes e umectantes. Eles podem ser utilizados na agricultura, na indústria de alimentos, tinta, recuperação de minérios, biorremediação de solos e água contaminados por óleos e como medicamentos. O grande desafio dos biossurfactantes é o elevado custo de produção comparado aos surfactantes sintéticos.

Lorena de Oliveira Felipe (lorenaob@gmail.com). Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Mestre em Ciências, com área de concentração em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável. Ambas as formações pela Universidade Federal de São João del-Rei/Campus Alto Paraopeba. Ouro Branco, MG – BRL.
Sandra de Cássia Dias (andra@ufsj.edu.br). Bacharel em Farmácia (Universidade Federal de Ouro Preto). Doutora em Biotecnologia pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professora do Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João del-Rei/Campus Alto Paraopeba. Ouro Branco, MG – BRL

Referências

- ANGHINETTI, I.C.B. Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias. 2012. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 22, 2012.
- BAIN & COMPANY. Relatório 4 – Tensoativos. Potencial de diversificação da indústria química brasileira. 1 Ed. 2014. Disponível em: < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/aep_fep/chamada_publica_FEPprospec0311_Quimicos_Relat4_tensoativos.pdf>. p. 4 e 6. Acessado em: 10. Fev. 2016.
- BAKER, I. J.A.; DRUMMOND, C. J.; FURLONG, DN. N.; GRIESER, F. Surfactant biodegradation: sugar-based surfactants compared to other surfactants. In: Zoller, U. (ed). CRC Press, 2004. *Handbook of Detergents – Part B: Environmental Impact*. Ch. 28, p. 739-760.
- BARBOSA, A.B; SILVA, R.R. Xampus. *Química Nova na Escola*. n 2, p. 3-6, 1995.
- BARROS, F.F.C.; QUADROS, C.P.; MARÓSTICA JÚNIOR, M.R.; PASTORE, G.M. Surfactina: propriedades químicas, tecnológicas e funcionais para aplicações em alimentos. *Química Nova*. v. 30, n. 2, p.409-414, 2007.
- BEHRING, J.L.; LUCAS, M.; MACHADO, C.; BARCELOS, I.O. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da cmc de surfactantes no ensino da química. *Química Nova*. v. 27, n. 3, p. 492-495, 2004.
- BORGES, L. D.; MACHADO, P. F. L. Lavagem a seco. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 1, p. 11-18, 2013.
- BRUMANO, L.P.; SOLER, M.F.; DA SILVA, S.S. Recent advances in sustainable production and application of biosurfactants in Brazil and Latin America. *Industrial Biotechnology*. v. 12, n. 1, p. 31-39, 2016.
- CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos): Bioprodutos, biocombustíveis e bioprocessos. In: Química verde no Brasil: 2010-2030 - Ed. rev. e atual. - Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. Cap. 8, p. 333 – 374. Disponível em: <www.cgee.org.br/atividades/redirect/6528>. Acessado em: 10. Fev. 2016b.
- CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos): Química verde no Brasil: 2010-2030 - Ed. rev. e atual. - Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. 438 p. Disponível em: <www.cgee.org.br/atividades/redirect/6528>. Acessado em: 10. Fev. 2016a.
- CHIMELLO, C.M.; BRUZA, F.B.; RAMOS, M.J.; SILVA, R.C.S.; KREMER, C.K Estudo sobre a escolha do tipo de detergente utilizado pelos consumidores de Itatiba. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*. v. 8, n° 1, p. 60-61, 2012. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/view/317/248>>. Acessado em: 10. Fev. 2016.
- CHOU, T.H. Current application of lipid- and surfactant based vesicles for cosmeceuticals: a review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, v.16, p.1035-1044, 2015.
- CIBULSKI, S.P. *Saponinas de Quillaja brasiliensis: potencial imunoadjuvante e mecanismos celulares e moleculares de ação*. 2015. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 23, 2015.
- COSTA, M. J. C.; SOUZA, J. T.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SANTOS, K. D. Co-digestão anaeróbia de substâncias surfactantes, óleo de lodo de esgoto. *Eng. Sanit. Ambient.* v.12, n.4, p. 433-439, 2007.
- DALTIN, D. Introdução e primeiros conceitos. Tensoativos: química, propriedades e aplicações. São Paulo: Blucher, 2011. Cap. 1, p. 1-44.
- FELIX, A.K.N. *Caracterização e estudo da aplicabilidade do biosurfactante produzido por Bacillus subtilis LAMI005 a partir do suco de caju*. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 21-23, 2012.
- FREDDI, N. A.; PROENÇA, J. O.; FIORI, H. Terapia com surfactante pulmonar exógeno em pediatria. *Journal of Pediatrics*, v. 79, s. 2, 2003.
- GLOBONEWSWIRE - Biosurfactants Market size to reach \$2.69 billion 2023: Global Market insights, INC. Disponível em: <<https://globenewswire.com/news-release/2016/06/21/850261/0/en/Biosurfactants-Market-size-to-reach-2-69-Billion-2023-Global-Market-Insights-Inc.html>> Acessado em: 20 Jul. 2016.
- GUGLIOTTI, M. A química no corpo humano: Tensão superficial nos pulmões. *Química Nova na Escola*, n.16, p. 3-5, 2002.
- LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA, C. C. “Green Chemistry” – Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.
- MALDONADO-VALDERRAMA, J.; WILDE, P.; MACIERZANKA, A.; MACKIE, A. The role of bile salts in digestion. *Advances in Colloid and Interface Science*. v. 156, n. 1, p. 36–46, 2011.
- MULLIGAN, C. N.; SHARMA.S. K.; MUDHOO, A.; MAKHIJANI, K. Green chemistry and biosurfactant research. In: MULLIGAN, C. N.; SHARMA.S. K.; MUDHOO, A. (ed.). Taylor & Francis Group, 2014. *Biosurfactants: Research Trends and Applications*. Ch. 1, p. 1-30.
- MYERS, D. *Surfactant Science and Technology*. 3° ed. New Jersey: Wiley-Interscience. 2006.
- NETO, O. G. Z.; DEL PINO, J. C. Trabalhando a química dos sabões e detergentes. *Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS - Instituto de Química*. 2001. Disponível em: <www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/sabao.pdf>. Acessado em: 10. Fev. 2016.
- NITSCHKE, M.; COSTA, S. G. V. A. O. Biosurfactants in food industry. *Trends in Food Science & Technology* 18, p. 252-259, 2007.
- NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. Biosurfactantes: propriedades e aplicações. *Química Nova*. v. 25, n. 5, p. 772-776, 2002.
- OLKOWSKA, E.; RUMAN, M.; POLKOWSKA, Z. Occurrence of Surface Active Agents in the Environment. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. v. 2014, 2014.
- PENTEADO, J.C.P.; EL SEOUD, O.A.; CARVALHO, L.R.F. Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. *Química Nova*. v. 29, n. 5, p. 1038-1046, 2006.
- SACHDEV, D.P.; CAMEOTRA, S.S. Biosurfactants in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*. v. 93, p.1005-1016, 2013.
- SAHARAN, B.S.; SAHU, R.K e SHARMA, D. A review on biosurfactants: fermentation, current developments and perspectives. *Genetic Engineering and Biotechnology Journal*. 2011. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.259&rep=rep1&type=pdf>>. Acessado em: 10 Mar. 2016.

SILVA, R.C.F.S.; ALMEIDA, D.G.; RUFINO, R.D.; LUNA, J.M.; SANTOS, V.A e SARUBBO, L.A. Applications of biosurfactants in the petroleum industry and the remediation of oil spills. *Internacional. Journal of Molecular.Sciences*, n.15, p. 12523-12542, 2014.

SILVA, J. D. F.; SILVA, Y. P.; PIATNICKI, C. M. S.; BÖCKEL, W. j.; MEDONÇA, C. R. B. Microemulsões: componentes, características, potencialidades em química de alimentos e outras aplicações. *Química Nova*, v. 38, n, 9, p. 1196-1206, 2015.

VEIGA, J. E. *Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI*. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. Cap. 2, p. 109-184.

WINTERBURN, J. B.; MARTIN, P. J. Foam mitigation and exploitation in biosurfactant production. *Biotechnol Lett*, v.34, n. 2, p. 187-195

ZASADZINSKI, J. A.; DING, J.; WARRINER, H. E.; BRINGEZU, F.; WARING, A. J. The physics and physiology of lung surfactants. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. v. 6, p. 506-513, 2001.

Abstract: *Advantages and disadvantages of surfactants chemically synthesized and biosurfactants.* This paper aims to address the main advantages and disadvantages of chemically synthesized surfactants and biosurfactants. Surfactants are organic and amphipathic compounds which have in their molecule both polar and nonpolar portion. Surfactants are highly used in our daily activities, being present in personal care products, household and industrial detergents, and cosmetics and in some food. Surfactants can be synthesized by chemical route from petroleum or by biotechnological route using microorganisms and renewable raw material. Chemical surfactants are more economically feasible. However, when compared to biosurfactants, surfactants provoke a worst impact in the environment. Therefore, biosurfactants are a promising alternative and its consumption has increasingly been growing.

Keywords: Surfactants. Biosurfactants. Environmental impacts.