

Desenvolvimento e estabilidade de formulações de xampu sólido contendo extrato de *Sapindus saponaria* Linnaeus

Development and stability of solid shampoo formulations containing *Sapindus saponaria* Linnaeus extract

Amanda Oliveira da Conceição, Juliana Cristina de Souza Cavaletti, Rafael Laurindo Morales, Elton Brito Ribeiro, Dênia Mendes de Sousa Valladolid⁺

Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Sinop

Resumo. Xampus são produtos cosméticos destinados a limpeza do cabelo e couro cabeludo, que apresentam os tensoativos como seus principais constituintes. Os tensoativos mais empregados são sintéticos e, muitas vezes, estão associados a casos de irritações cutâneas, além de danos ambientais, relativos à sua produção e descarte. Nesse sentido, a utilização de biotensoativos como alternativa aos sintéticos vem sendo estimulada. O presente trabalho teve como finalidade desenvolver uma formulação sólida de xampu, incorporando o extrato de *Sapindus saponaria* Linnaeus como tensoativo natural, e avaliar suas características físico-químicas. Foram desenvolvidas quatro formulações contendo o extrato, e uma formulação controle, sem o extrato. Duas das formulações contendo extrato apresentaram características de xampu sólido. As formulações foram submetidas a testes de estabilidade preliminar e acelerada, mantendo suas características organolépticas e físico-químicas. Além disso, foram realizados ensaios relacionados à função de limpeza do xampu (índice de emulsificação, tensão superficial e percentual de limpeza), nos quais verificou-se que as formulações contendo o extrato de *S. saponaria* apresentaram melhora significativa quando comparados à formulação controle. O mesmo comportamento foi observado para o teste de formação e estabilidade de espuma, um aspecto importante para os consumidores. Dessa forma, a incorporação do extrato de *S. saponaria* em formulações de xampu sólido mostrou ser uma alternativa promissora aos tensoativos sintéticos, sendo menos agressiva ao couro cabeludo, além de contribuir para a redução do impacto ambiental gerados pelo uso de matérias-primas não renováveis.

Palavras-chaves: cosmético, saponinas, sustentabilidade, xampu.

Abstract. Shampoos are cosmetic products intended for cleaning the hair and scalp, which have surfactants as their main constituents. The most used surfactants are synthetic and are often associated with cases of skin irritation, as well as environmental damage related to their production and disposal. In this sense, the use of biosurfactants as an alternative to the synthetic ones has been stimulated. The present work aimed to develop a solid shampoo formulation using *Sapindus saponaria* Linnaeus extract as a natural surfactant and to evaluate its physicochemical characteristics. Four formulations containing the extract and one control formulation without the extract were developed. Two of the formulations containing the extract had the characteristics of a solid shampoo. The formulations were subjected to preliminary and accelerated stability tests, maintaining their organoleptic and physicochemical characteristics. Besides that, the shampoo's cleaning functions (emulsification index, surface tension, and cleaning percentage) were also tested, showing that the formulations containing the *S. saponaria* extract presented a significant improvement when compared to the control formulation. The same behavior was observed for the foam formation and stability test, an important aspect for consumers. Thus, the incorporation of *S. saponaria* extract in solid shampoo formulations proved to be a promising alternative to synthetic surfactants, being less aggressive to the scalp, besides reducing the environmental impact generated by the use of non-renewable raw materials.

Keywords: cosmetic, saponins, sustainability, shampoo.

Introdução

A indústria de cosméticos é um setor abrangente e diversificado em todo o mundo, sendo que o Brasil detém posição de destaque nesse cenário (Castro et al., 2023). O país destaca-se como um dos principais mercados consumidores de produtos de beleza e cuidados pessoais, ocupando a terceira posição global em lançamentos anuais nesse segmento (ABIHPEC, 2024).

Dentre os produtos para cuidados capilares, os xampus são os mais utilizados para a higiene diária, com a finalidade de limpar os fios de cabelo e couro cabeludo (Alquadeib et al., 2018). Sua apresentação é variada, podendo ser encontrados nas formas líquidas, gel, sólida e aerossóis (Matiello et al., 2019; Oliveira et al., 2021).

Dentre as opções, a forma sólida do xampu vem se destacando devido às suas características sustentáveis. As principais vantagens incluem o uso de embalagens biodegradáveis, facilidade no transporte, significativa redução ou eliminação da quantidade de água na composição, diminuição do percentual de conservantes e maior estabilidade microbiológica (Gubitosa et al., 2019; Lima et al., 2023).

Componentes essenciais dos xampus, os tensoativos exercem sua função de limpeza e detergência por meio da redução da tensão superficial da água (Allemand et al., 2019). Essa propriedade advém de sua estrutura anfílica, que permite a eficiente remoção de sujidades tanto dos fios de cabelo quanto do couro cabeludo (Amiralian & Fernandes, 2018; Dias, 2015).

Quanto à origem, os tensoativos podem ser classificados como naturais ou sintéticos (Daltin, 2011; Simão et al., 2018). Tensoativos sintéticos são aqueles obtidos por rotas químicas, predominantemente a partir de derivados de petróleo (Ferreira et al., 2023). Em contraste, os tensoativos naturais são extraídos diretamente de fontes biológicas por meio de algum tipo de processo de separação, como uma extração, por exemplo (Felipe & Dias, 2016).

A viabilidade econômica aliada à eficácia na limpeza faz com que os tensoativos sintéticos sejam os mais empregados em processos industriais (Cavaletti et al., 2023; Daltin, 2011). Contudo, os danos ambientais inerentes à sua produção (baseado em matérias-primas não renováveis) e seu descarte têm estimulado a busca por alternativas mais sustentáveis (Felipe & Dias, 2016). Nesse cenário, os tensoativos de origem natural apresentam-se como opções promissoras (Basu et al., 2015).

Dentre os tensoativos de origem vegetal, destacam-se aqueles provenientes das saponinas, metabólitos secundários de plantas. Em solução aquosa, as saponinas têm a capacidade de formar espuma abundante e de exibir propriedades detergentes e emulsificantes (Bezerra et al., 2023; Simões et al., 2017). Por essa razão, plantas da

família Sapindaceae são de grande interesse, uma vez que apresentam elevado teor de saponinas (Gasca et al., 2020).

Sapindus saponaria Linnaeus é uma angiosperma, pertencente à família Sapindaceae, amplamente encontrada no território brasileiro (Damke et al., 2013; Lovato et al., 2014). Popularmente conhecida sabão de mico, sabonete e saboeiro (Tsuzuki et al., 2007), essa árvore tem seus frutos tradicionalmente utilizados pela população como sabão para lavagem de roupas, enquanto o óleo de suas sementes é empregado como inseticida (Gasca et al., 2020).

Estudos prévios já demonstraram o potencial tensoativo de *S. saponaria*. Manzareno (2017) averiguou sua eficácia como tensoativo, afirmando seu alto potencial de limpeza. Adicionalmente, Cavaletti et al. (2023) observaram que o extrato dos frutos de *S. saponaria* apresentou ação tensoativa em uma formulação de sabonete íntimo. Diante dessas evidências, este estudo teve como objetivo desenvolver uma formulação de xampu sólido com extrato dos frutos de *Sapindus saponaria* L., bem como avaliar a estabilidade e as propriedades tensoativas das formulações.

Material e Métodos

Obtenção do material vegetal

Os frutos de *S. saponaria* foram coletados no campus de Sinop da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), localizado no município de Sinop, MT. A identificação botânica foi realizada no Herbário Centro-Norte-Mato-Grossense (CNMT) da mesma universidade, onde uma exsicata foi armazenada sob registro 0759 e código AD2F8E4 no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen).

No laboratório de Controle de Qualidade (LaCQ), os frutos foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 45 ± 2 °C por um período de 48 horas (h). Posteriormente, foram triturados e armazenados em congelador a -14 ± 2 °C para utilização em etapas subsequentes.

Preparação do extrato

O extrato foi preparado por maceração na proporção de 1:4 (p/v), utilizando etanol 70% (v/v), por um período de sete dias em frascos âmbar, com agitação manual a cada 24 h (Simões et al., 2017). Posteriormente, foi realizada a filtração e o solvente foi evaporado em um evaporador rotativo, obtendo-se um extrato com consistência semissólida. Este foi armazenado ao abrigo da luz e sob refrigeração a 5 ± 2 °C.

O rendimento (R) percentual do extrato foi calculado com base na quantidade final de extrato obtido e no peso dos frutos utilizados, conforme a equação descrita a seguir (Silva et al., 2021):

$$R (\%) = \frac{\text{Massa do extrato obtido (g)}}{\text{Massa dos frutos utilizados (g)}} \times 100$$

Desenvolvimento das formulações

Foram desenvolvidas cinco formulações de xampu sólido nomeadas de S1 a S5 (Tabela 1). As formulações foram desenvolvidas variando as concentrações dos componentes e do extrato etanólico de *S. saponaria*. A metodologia de preparo, adaptada de Cruz et al. (2021) e Kohl et al. (2021), iniciou-se com o aquecimento dos

compostos hidrossolúveis (fase B) em banho-maria até sua completa homogeneização. Subseqüentemente, a fase A foi adicionada à fase B sob aquecimento contínuo para garantir a homogeneidade da mistura. Simultaneamente, a fase oleosa (fase C) foi fundida e então incorporada às fases A e B. Por fim, a fase D foi adicionada lentamente à mistura final, sob agitação constante, até a completa fusão de todas as fases. Após o resfriamento, o pH foi ajustado com a fase E. A mistura resultante foi então transferida para moldes de plástico e mantida em temperatura ambiente por 24 h.

Tabela 1. Matérias-primas, funções e proporções utilizadas no desenvolvimento das formulações de xampu sólido

Fase	Matéria-prima	Função	Quantidade (%)				
			S1	S2	S3	S4	S5
A	Isetionato de sódio	Tensoativo aniônico	50	50	50	44	45,6
B	Álcool cetosteárilico	Emoliente / espessante	9	9	9	9	9
B	Decil poliglucosídeo	Tensoativo não iônico	10	10	10	10	10
B	Cocoamidopropil betaína	Tensoativo anfótero	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
B	Água	Veículo	2,5	-	2,5	2,5	-
B	EDTA dissódico	Quelante	0,1	-	0,1	0,1	-
B	Vitamina E	Antioxidante	1	1	1	1	1
B	Extrato de barbatimão	Ativo	1	1	1	1	1
B	Extrato de <i>S. saponaria</i>	Tensoativo natural	-	2,6	3	9	10
B	Nipaguard	Conservante	1	1	1	1	1
C	Óleo de buriti	Hidratante / antioxidante	2	2	2	2	2
C	Manteiga de karité	Emoliente / hidratante	7	7	4	4	4
D	Argila	Endurecedor	12	12	12	12	12
E	Ácido cítrico	Corretor de pH	q.s pH 5,5-6,5	q.s pH 5,5-6,5	q.s pH 5,5-6,5	q.s pH 5,5-6,5	q.s pH 5,5-6,5

Controle de qualidade e estabilidade das formulações

As características organolépticas das formulações desenvolvidas foram avaliadas 24 h após o preparo. Para verificar a adequação dessas formulações, foram conduzidos ensaios de estabilidade preliminar por um período de 14 dias, utilizando ciclos alternados de temperatura, de 45 e 5 °C ± 2 a cada 24 h (Brasil, 2004).

As formulações que mantiveram suas características ao final da estabilidade preliminar foram preparadas novamente e submetidas a estabilidade acelerada. Nesse ensaio, as amostras foram expostas a diferentes condições de temperatura (5, 25 e 40 °C, todas com variação de ± 2 °C) e à radiação luminosa. Suas características organolépticas e físico-químicas foram avaliadas a cada 30 dias, durante um período de 90 dias (Brasil, 2004).

Características organolépticas

Os parâmetros avaliados foram cor, o odor, textura e aspecto das formulações.

Parâmetros físico-químicos

O pH (Del Lab®) e condutividade elétrica (TecnoPON®) foram avaliados através da inserção direta do eletrodo em uma solução 10% das formulações (Brasil, 2004; Espendor et al., 2019).

Determinação do Poder e Estabilidade da Espuma

O poder e a estabilidade da espuma foram determinados pelo método de agitação manual (Chen et al., 2010; Gomes et al., 2022). Para isso, 20 mL de solução a 1,0% (p/v) de cada formulação de xampu foram adicionados a uma proveta de 100 mL e agitados manualmente por 15 segundos (s). O volume (mL) da espuma formada foi então medido após 30 s, 5 e 10 minutos (min) de repouso. Após 10 min, a estabilidade da espuma (R_{10}) foi determinada utilizando a seguinte equação:

$$R_{10} = \frac{\text{Volume da espuma após 10 min (mL)}}{\text{Volume da espuma após 30 s (mL)}} \times 100$$

Determinação de Emulsificação

O índice de emulsificação (IE) foi determinado seguindo metodologia de Basu et al. (2015). Nesse ensaio, 2 mL de parafina líquida e 2 mL de soluções a 10% (p/v) das formulações de xampu foram agitadas em agitador do tipo Vórtex (Norte Científica, modelo NA 3600) por um período de 2 min. A avaliação foi realizada após 24 h de repouso. O percentual de emulsificação (PE) da parafina foi calculado pela seguinte equação:

$$IE (\%) = \frac{\text{Altura da área emulsionada (cm)}}{\text{Altura total da solução (cm)}} \times 100$$

Potencial de Detergência e Limpeza

O potencial de limpeza das formulações de xampu foi avaliado com base nos métodos descrito por Bezerra et al. (2023) e Thompson et al. (1985)

Para o ensaio, utilizaram-se mechas de cabelo com 1,5 g, que foram submetidas a processos de sujidade e limpeza. No processo de sujidade, preparou-se uma mistura similar à matéria

gordurosa, cuja composição está detalhada na Tabela 2. Após a obtenção do sebo, uma solução 10% de sebo artificial em hexano foi preparada. As mechas de cabelo foram imersas nessa solução por 20 min, com agitação a cada 5 min. Em seguida, as mechas foram deixadas em temperatura ambiente por 24 h para secagem e, posteriormente, pesadas.

Após as 24 h de secagem, a mecha suja foi imersa por 5 min em um béquer contendo 100 mL de solução a 0,1% do xampu, com agitação constante, para avaliar o processo de limpeza. Em seguida, as mechas de cabelo foram lavadas com água a 40 °C, secas utilizando um secador convencional e pesadas novamente para determinar o percentual de remoção do sebo usando a seguinte equação:

$$\text{Remoção de sebo (\%)} = \frac{M_s - M_l}{M_s - M_i} \times 100$$

onde:

M_s = peso da mecha com sebo

M_l = peso da mecha após a lavagem

M_i = peso inicial da mecha sem sebo

Tabela 2. Composição do sebo artificial para avaliação do potencial de detergência e limpeza.

Constituinte	Quantidade (%)
Azeite de oliva	20
Óleo de semente de uva	20
Óleo de mamona	15
Óleo de amêndoas doces	15
Óleo de baru	15
Óleo mineral	15

Determinação da Tensão Superficial (γ)

A tensão superficial das formulações foi realizada pelo método de contagem de gotas (Cavaletti et al., 2023; Neto et al., 2009). Foram utilizadas soluções nas concentrações de 0,01%, 0,1% e 1,0% das formulações.

O número de gotas formadas em um fluxo constante de 3 mL foi correlacionado com a tensão superficial (mNm^{-1}) usando a seguinte equação:

$$\gamma_{\text{Amostra}} = \frac{n^{\circ} \text{ gotas de H}_2\text{O} \times \gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{n^{\circ} \text{ gotas de amostra}}$$

onde:

γ = tensão superficial

H_2O = água

Teste de Durabilidade

Para o ensaio de durabilidade, pesaram-se tabletes das formulações de xampu sólido, que foram imersos em 75 mL de água por um período de 4. Após esse tempo, a matéria mole foi retirada e o

xampu úmido foi pesado novamente (Bighetti et al., 2013).

Teste de absorção e resistência à água

Tabletes das formulações de xampu sólido foram pesados e colocados em 100 mL de água por um período de 24 h. Após esse período, a matéria mole foi retirada e o xampu úmido foi pesado novamente (Bighetti et al., 2013).

Formação de Rachadura

Tabletes da formulação de xampu foram pesados e colocados em béqueres de 50 mL. Adicionou-se água até que atingisse a metade da altura dos tabletes, por um período de 10 min. Transcorrido esse período, as formulações foram expostas ao ar por sete dias, e a presença de rachaduras nas amostras foi analisada diariamente (Bighetti et al., 2013).

Análise dos resultados

As análises estatísticas foram conduzidas no software R, versão 4.4.3 (R Core Team, 2024). A variância foi verificada por meio da Análise de Variância (ANOVA), e a diferença significativa entre as médias foi determinada pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

Resultados e discussão

O extrato obtido de *S. saponaria* apresentou consistência semissólida e coloração âmbar, com um rendimento de 59,92%.

As cinco formulações de xampu sólido (S1 a S5) foram avaliadas 24 h após o prepare e exibiram odor característico das matérias-primas e aspecto uniforme. A formulação S1 possuía coloração amarelo-claro (atribuída às matérias-primas), e a adição do extrato intensificou essa tonalidade, resultando em uma coloração âmbar para as formulações S4 e S5. Em relação à textura, S1, S2 e S3 mostraram-se homogêneas, lisas e macias enquanto as formulações S4 e S5 apresentaram textura pegajosa devido ao aumento da

concentração do extrato de *S. saponaria*, o que levou ao seu descarte.

O resultado da estabilidade preliminar das formulações S1, S2 e S3 estão na Tabela 3. Após 14 dias, todas as formulações mantiveram suas características organolépticas. O pH das soluções das formulações variou entre 6,14 e 6,49, e a condutividade ficou entre 4,08 e 4,73 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Esses valores estão em conformidade com o preconizado para formulações de xampu sólido (Oliveira et al., 2021) e dada a viabilidade das formulações S1, S2 e S3, novas formulações foram preparadas e submetidas ao estudo de estabilidade acelerada (Tabela 4).

As formulações mantiveram suas respectivas (Brasil, 2004). As formulações

Tabela 3. Características organolépticas e parâmetros físico-químicos das formulações de xampu sólido durante os ensaios de estabilidade preliminar

Tempo	Formulação	Cor, odor e aparência	pH	Condutividade elétrica (μScm^{-1})
Após 24 h de preparo	S1	N	6,34 $\pm$ 0,487	4,16 $\pm$ 0,339
	S2	N	6,28 $\pm$ 0,783	4,39 $\pm$ 0,386
	S3	N	6,49 $\pm$ 0,665	4,08 $\pm$ 0,985
Após 14 dias de preparo	S1	N	6,17 $\pm$ 1,176	4,66 $\pm$ 0,364
	S2	N	6,16 $\pm$ 0,334	4,72 $\pm$ 0,754
	S3	N	6,14 $\pm$ 0,153	4,73 $\pm$ 0,497

Aparência(a), cor (c) e odor (o): N – normal, M – modificado. Resultados expressos em valores médios ($n = 3$) $\pm$ desvio padrão relativo (DPR).

características ao longo do período de estudo, exceto aquelas submetidas à temperatura de 45 $\pm$ 2 °C. A elevação da temperatura provavelmente alterou algum constituinte da fórmula, como a manteiga de Karité, que possui ponto de fusão em torno de 40 °C. Acima dessa temperatura, a manteiga se liquefaz, podendo alterar a textura, a consistência e a aparência das formulações. Portanto, para preservar a estabilidade organoléptica das formulações, é recomendado o acondicionamento em temperaturas inferiores a 40 °C, preferencialmente à temperatura ambiente (Isaac et al., 2008).

O pH das soluções 10% de todas as formulações manteve-se na faixa de 6,10 e 6,66 estando de acordo com o preconizado para xampus capilares de uso diário (5 a 7). Esses valores são fundamentais para a manutenção do equilíbrio hídrico e eletrolítico do couro cabeludo e dos cabelos, bem como para sua proteção (Oliveira et al., 2021). Adicionalmente, o pH das formulações armazenadas em temperatura ambiente não apresentou variação significativa ($p > 0,05$), indicando que as formulações desenvolvidas são estáveis nesse aspecto.

A condutividade elétrica é um parâmetro utilizado para mensurar a capacidade de um meio de conduzir corrente elétrica. Sua variação, aumento ou diminuição, pode estar correlacionada com processos de coalescência e agregação,

apresentaram valores de condutividade elétrica similares ao longo dos 90 dias de avaliação, sem alterações significativas ($p > 0,05$), o que reforça a estabilidade dos xampus desenvolvidos.

Quanto à exposição à radiação luminosa, embora este fator possa induzir alterações na cor e no odor de produtos cosméticos, não afetou a estabilidade das formulações ao longo do tempo de estudo. Essa característica é particularmente vantajosa, pois significa que as formulações conseguem manter suas propriedades originais mesmo após a exposição à luz, o que é um ponto positivo para a aceitação do produto.

O teste de poder e estabilidade da espuma (Tabela 5) avalia a capacidade de um produto de formar e manter espuma por um determinado período. A formação de espuma é um aspecto importante para os usuários de xampus, pois está frequentemente associado à sensação de limpeza, o que a torna uma característica relevante na escolha do produto (Bezerra et al., 2023; Daltin, 2011).

Conforme a Tabela 5, os volumes de espuma nas formulações com extrato (S2 e S3) foram significativamente superiores ($p < 0,05$) ao volume da formulação controle (S1). Ao comparar as duas formulações com extrato, notou-se um aumento significativo no volume de espuma da formulação S3, que continha maior concentração do extrato.

Tabela 4. Características organolépticas e parâmetros físico-químicos das formulações de xampu sólido durante o ensaio de estabilidade acelerada

Amostra	Temperatura (°C)	Dias	Características organolépticas	pH	Condutividade elétrica (μScm^{-1})
S1	5 ± 2	0	N	6,55 ± 0,449	4,19 ± 0,515
		30	N	6,50 ± 0,191	3,84 ± 0,562
		60	N	6,47 ± 0,192	3,87 ± 0,789
		90	N	6,52 ± 0,144	3,73 ± 0,550
	25 ± 2	0	N	6,62 ± 0,256	4,20 ± 0,224
		30	N	6,51 ± 0,315	3,79 ± 0,447
		60	N	6,53 ± 0,381	3,90 ± 0,435
		90	N	6,53 ± 0,144	3,45 ± 0,491
	45 ± 2	0	N	6,28 ± 0,343	4,18 ± 0,112
		30	M	6,34 ± 0,074	3,96 ± 1,091
		60	M	6,29 ± 0,585	4,14 ± 0,591
		90	M	6,36 ± 0,391	3,81 ± 1,928
	UV	0	N	6,28 ± 0,343	4,16 ± 0,629
		30	N	6,36 ± 0,339	3,86 ± 0,439
		60	N	6,36 ± 0,339	3,97 ± 1,953
		90	N	6,35 ± 0,222	3,47 ± 1,528
S2	5 ± 2	0	N	6,46 ± 0,072	4,20 ± 0,404
		30	N	6,60 ± 0,188	4,01 ± 0,310
		60	N	6,48 ± 0,442	3,88 ± 0,758
		90	N	6,53 ± 0,072	3,23 ± 0,875
	25 ± 2	0	N	6,46 ± 0,072	4,27 ± 0,382
		30	N	6,54 ± 0,072	4,21 ± 0,296
		60	N	6,60 ± 0,377	3,96 ± 0,357
		90	N	6,57 ± 0,399	3,86 ± 0,439
	45 ± 2	0	N	6,38 ± 0,073	4,31 ± 0,764
		30	M	6,49 ± 0,145	4,03 ± 1,648
		60	M	6,47 ± 0,192	4,21 ± 0,581
		90	M	6,66 ± 0,187	4,34 ± 1,459
	UV	0	N	6,38 ± 0,073	4,33 ± 1,049
		30	N	6,34 ± 0,535	4,38 ± 1,32
		60	N	6,33 ± 0,465	3,99 ± 1,314
		90	N	6,36 ± 0,195	3,97 ± 0,896
S3	5 ± 2	0	N	6,47 ± 0,252	4,36 ± 0,285
		30	N	6,50 ± 0,475	3,91 ± 0,120
		60	N	6,39 ± 0,531	4,29 ± 1,372
		90	N	6,48 ± 0,252	3,54 ± 0,934
	25 ± 2	0	N	6,47 ± 0,252	4,36 ± 0,285
		30	N	6,34 ± 0,257	4,05 ± 0,506
		60	N	6,51 ± 0,315	3,88 ± 0,485
		90	N	6,51 ± 0,144	3,74 ± 0,548
	45 ± 2	0	N	6,29 ± 0,074	4,23 ± 0,386
		30	M	6,40 ± 0,265	4,05 ± 0,349
		60	M	6,32 ± 0,324	3,98 ± 2,093
		90	M	6,38 ± 0,266	4,22 ± 2,3221
	UV	0	N	6,29 ± 0,074	4,21 ± 0,680
		30	N	6,1 ± 0,401	3,87 ± 0,996
		60	N	6,24 ± 0,328	4,00 ± 0,848
		90	N	6,36 ± 0,322	3,94 ± 0,836

Aparência(a), cor (c) e odor (o): N – normal, M – modificado. Resultados expressos em valores médios ($n = 3$) ± desvio padrão relativo (DPR).

Em relação à estabilidade, a espuma formada nas formulações com extrato foi mais estável após 10 min de agitação do que na formulação sem extrato. Além disso, a estabilidade da espuma da formulação S3 foi superior, indicando que o aumento da concentração do extrato favoreceu essa característica.

A formulação com maior concentração de extrato incorporado demonstrou um aumento significativo tanto no volume de espuma quanto em sua estabilidade após 10 min. Isso indica que o extrato de *S. saponaria* potencializou a formação e a estabilidade da espuma, característica associada à presença de saponinas entre seus constituintes (Chen et al., 2010), e que a formulação atende a um

critério de grande relevância para o consumidor.

Tabela 5. Volume da espuma formada após 30 s, 5 min e 10 min e estabilidade da espuma

Formulação	Volume da espuma (mL) após			Estabilidade após 10 min (%)
	30s	5 min	10 min	
S1	58 ± 0,99	53 ± 1,08	44 ± 1,30	76,0 ± 0,31 ^c
S2	67 ± 1,49	59 ± 0,97	57 ± 1,75	85,0 ± 2,84 ^b
S3	68 ± 1,69	63 ± 1,82	61 ± 1,88	89,7 ± 0,20 ^a

Resultados expressos em valores médios (n = 3) ± desvio padrão relativo (DPR).

Letras distintas nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos (teste de Tukey, p < 0,05).

O processo de emulsificação relaciona-se diretamente com a detergência ao facilitar a remoção de sujidades não polares. Os tensoativos atuam promovendo uma mistura estável entre a sujeira apolar e a água, o que permite uma limpeza eficaz durante o enxágue (Daltin, 2011). Conforme apresentado na Tabela 6, a análise do índice de emulsificação das formulações variou entre 61,85% e 78,71%. As formulações que continham o extrato de *S. saponaria* (S2 e S3) apresentaram um

aumento significativo no índice de emulsificação em comparação com a formulação controle (S1), que não possuía extrato. Esse resultado sugere que o extrato de *S. saponaria* presente nas formulações contribui efetivamente para a remoção de sujidades oleosas do couro cabeludo. Além disso, ao comparar as formulações com extrato, verificou-se que o aumento foi significativo na formulação S3, que possuía a maior concentração de extrato, resultando no maior índice de emulsificação.

Tabela 6. Índice de emulsificação da parafina para as formulações de xampu sólido

Formulação	Índice de emulsificação (%)
S1	61,85 ± 0,71 ^c
S2	77,17 ± 0,45 ^b
S3	78,71 ± 0,95 ^a

Resultados expressos em valores médios (n = 2) ± desvio padrão relativo (DPR).

Letras distintas nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos (teste de Tukey, p < 0,05).

Para analisar o desempenho dos xampus sólidos, foram realizados os ensaios de durabilidade, absorção e resistência à água e de rachaduras. Os resultados estão na Tabela 7.

A durabilidade de um cosmético sólido refere-se ao seu amolecimento quando em contato contínuo com a água; um maior amolecimento indica maior desgaste (Santos et al., 2023). Os resultados encontrados foram similares aos obtidos por Cordeiro et al. (2013) para sabonete esfoliante em barra (uma formulação fisicamente semelhante a xampus sólidos), que apresentaram valores entre 84,7% e 87,1%. Isso demonstra que o desgaste dos xampus foi mínimo, indicando a estabilidade física das formulações.

O teste de absorção e resistência à água simula condições extremas de contato com a água às quais o cosmético sólido possa ser exposto. Quanto menor a perda de massa ao final do teste, maior a resistência do produto (Santos et al., 2023). Os resultados obtidos no teste foram próximos aos encontrados por Bighetti et al. (2008) em um sabonete em barra, com valores de água absorvida entre 11% e 13,35%, e de resistência à água entre 89% e 86,65%.

As formulações S2 e S3 exibiram menor absorção de água e, conseqüentemente, maior resistência, além de maior durabilidade, quando comparadas à formulação S1. Assim, as

formulações que continham o extrato de *S. saponaria* apresentaram melhores propriedades físicas (maior durabilidade, menor absorção de água e menor perda por ação da água). Esses fatores influenciam significativamente a manutenção da estabilidade física de formulações sólidas, prolongando a vida útil do produto (Bighetti et al., 2008; Silva, 2003). Desse modo, é possível inferir que o extrato contribuiu para a estabilidade física das formulações em que foi incorporado.

A análise das superfícies das formulações, após sete dias de realização do teste de rachaduras, confirmou a ausência de rachaduras em todas as amostras. Isso sugere que a resistência à formação de rachaduras é uma propriedade intrínseca da base das formulações.

A tensão superficial de uma formulação de xampu está diretamente relacionada ao seu processo de limpeza, sendo que, quanto menor a tensão superficial, maior a capacidade de remoção da sujeira (Alquadeib et al., 2018). Na Figura 1, são apresentados os valores médios de tensão superficial (mNm⁻¹) observados para as amostras S1, S2 e S3 em diferentes concentrações.

A diminuição da tensão superficial das soluções de xampu foi significativamente maior nas formulações contendo o extrato de *S. saponaria* (S2 e S3). Embora os resultados entre S2 e S3 tenham sido próximos devido à similaridade na

concentração do extrato, é importante ressaltar que o aumento da concentração do extrato resultou em uma maior redução da tensão superficial. Dessa

forma, o extrato de *S. saponaria* representa uma opção promissora aos tensoativos sintéticos.

Tabela 7. Percentual de durabilidade, água absorvida e resistência à água e formação de rachadura das formulações de xampu sólido

Formulação	Durabilidade (%)	Água absorvida (%)	Resistência à água (%)	Formação de rachaduras após 7 dias
S1	92,47 ± 1,045	6,44 ± 1,164	93,56 ± 1,164	N
S2	95,49 ± 0,560	2,07 ± 1,205	97,92 ± 1,205	N
S3	94,50 ± 1,033	2,70 ± 1,133	97,30 ± 1,133	N

N – Não. Resultados expressos em valores médios (n =3) ± desvio padrão relativo (DPR).

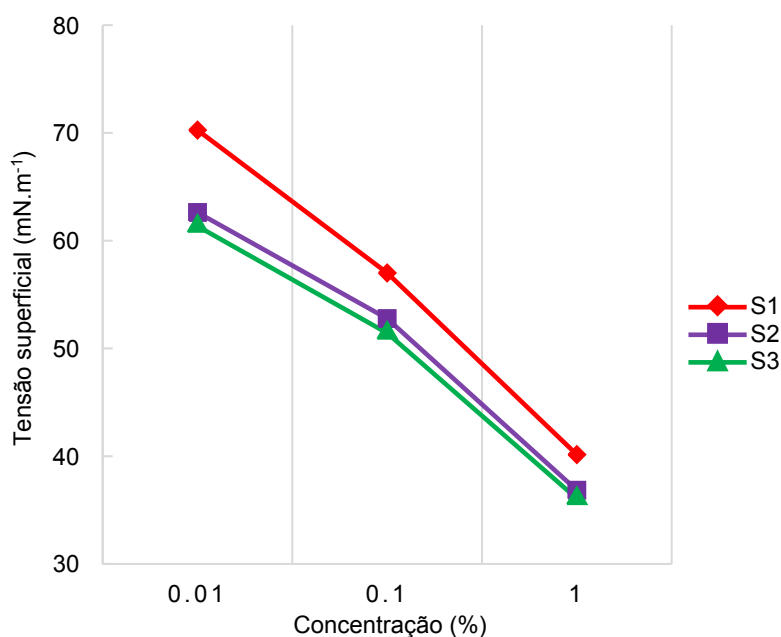


Figura 1. Variação da tensão superficial em função da concentração nas formulações de xampu S1, S2 e S3.

O principal objetivo de um xampu é a ação de limpeza e remoção de sujeira/sebo (Kumar & Mali, 2010). Embora não exista um padrão estabelecido para a quantidade de sujeira que um xampu deve remover (Kumar & Mali, 2010), Lima et al. (2023) afirmaram que algumas formulações comerciais de xampus apresentam capacidade de limpeza em torno de 60%. Os resultados do potencial de limpeza das formulações desenvolvidas estão apresentados na Tabela 8.

As formulações demonstraram excelente potencial de limpeza (entre 84% e 97%). Nas

formulações que continham extrato (S2 e S3), esse potencial foi significativamente superior (95,81% e 97,91%, respectivamente) em comparação com a formulação sem extrato (S1). Isso evidencia que o extrato de *S. saponaria* é um biotensoativo em potencial para finalidades de limpeza e detergentes.

Entre as formulações S2 e S3, foi observada semelhança estatística no potencial de limpeza do sebo artificial, possivelmente devido à proximidade na concentração do extrato adicionado a ambas.

Tabela 8. Potencial de limpeza das formulações de xampu sólido S1, S2 e S3

Formulação	Percentual de limpeza
S1	84,04 ± 3,23 ^b
S2	95,81 ± 3,80 ^a
S3	97,91 ± 3,68 ^a

Resultados expressos em valores médios (n =3) ± desvio padrão relativo (DPR). Letras distintas nas colunas indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos (teste de Tukey, p < 0,05).

Baseado no desenvolvimento de formulações com *S. saponaria* e nos ensaios realizados, verificou-se que o extrato pode ser considerado um promissor biotensoativo. Adicionalmente, a planta é amplamente distribuída, seus frutos são de fácil coleta e o extrato apresenta bom rendimento (aproximadamente 60%).

Conclusão

Foi possível desenvolver uma formulação de xampu sólido a partir dos frutos de *Sapindus saponaria*, que são ricos em saponinas. O extrato pode ser considerado um biotensoativo eficaz, representando uma alternativa mais suave aos tensoativos sintéticos, reduzindo a irritação no couro cabeludo e beneficiando usuários com sensibilidades. Além disso, o produto desenvolvido colabora com o meio ambiente, sendo uma opção mais sustentável por diminuir os impactos ambientais associados ao uso de tensoativos sintéticos na composição.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro, e a Universidade Federal de Mato Grosso.

Referências

ABIHPEC – Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. Panorama do Setor. São Paulo, 2025. Disponível em: https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2024/02/Panorama-doSetor_Atualizado_09.01.25_Port_VF.pdf. Acesso em 20 de janeiro de 2025.

ALLEMAND, A. G. S.; DEUSCHLE, V. C. K. N. Formulações em cosmetologia. Porto Alegre: Sagah, 2019.

ALQUADEIB, B. T.; ELTAHIR, E. K. D.; BANAFI, R. A.; AL-HADHAIRI, L. A. Pharmaceutical evaluation of different brands of shampoo in the local Saudi market. Saudi pharmaceutical journal, v. 26, n. 1, p. 98-106, 2018.

AMIRALIAN, L.; FERNANDES, C. R. Fundamentos Da Cosmetologia. Cosmetics & Toiletries, v. 30, p. 30-33, 2018.

BASU, A., BASU, S., BANDYOPADHYAY, S., CHOWDHURY, R. Optimization of evaporative extraction of natural emulsifier cum surfactant from *Sapindus mukorossi*—Characterization and cost analysis. Industrial Crops and Products, v. 77, p. 920-931, 2015.

BEZERRA, K. G., MEIRA, H. M., VERAS, B. O., STAMFORD, T. C., FERNANDES, E. L., CONVERTI, A., RUFINO, R. D., SARUBBO, L. A. Application of Plant Surfactants as Cleaning Agents

in Shampoo Formulations. Processes, v. 11, n. 3, p. 879, 2023.

BIGHETTI, A. E., DIAS, I. L. T., FREITAS, G. F., FRAZÃO, P. C. Desenvolvimento de sabonete em barra com óleo de buriti (*Mauritia flexuosa* L.). Infarma-Ciências Farmacêuticas, v. 20, n. 5/6, p. 10-16, 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Guia de estabilidade de produtos cosméticos. Brasília: Anvisa, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Formulário Nacional da Farmacopeia Brasileira. 2.ed. Brasília: Anvisa, 2012.

CASTRO, P. B.; REGALADO, P. F.; RIBEIRO, M. M. A.; TELES, M. G.; CARVALHO, S. M. P. Inovação no setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos: estudo do caso Natura. Ciência e Trópico, v. 47, n. 1, p. 131-144, 2023

CAVALETTI, J. C. S., PRANDO, W. L. M., RIBEIRO, E. B., VALLADÃO, D. M. S. Development and stability of intimate soap formulations using *Sapindus saponaria* L. extract as a natural surfactant. Brazilian Journal of Biology, v. 83, p. e276940, 2023.

CORDEIRO, R. Ê. P.; RIBEIRO, L. O.; CHIMATTI, W., MENDES, M. F.; PEREIRA, C. S. S. Reaproveitamento do caroço da azeitona para produção de sabonete esfoliante: Uma produção sustentável. Revista Eletrônica TECCEN, v. 6, n. 1/2, p. 05-09, 2013.

CHEN, Y. F., YANG, C. H., CHANG, M. S., CIOU, Y. P., HUANG, Y. C. Foam Properties and Detergent Abilities of the Saponins from *Camellia oleifera*. International Journal of Molecular Sciences, v. 11, p. 4417- 4425, 2010.

CRUZ, A. O.; BARBOSA, A. G. C.; CAMPANELLA, L. C.; COSTA, R. C.; BACELAR, S. D. S. Shampoo em barra com base no extrato de alecrim e aloe vera com efeito antimicótico anti-caspa. 2021. 87f. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Química) - Escola Técnica Estadual da Cidade Tiradentes. Tiradentes, 2021.

DALTIN, D. Tensoativos: química, propriedades e aplicações. São Paulo, Blucher, 2011.

DAMKE, E.; TSUZUKI, J. K.; CHASSOT, F.; CORTEZ, D. A.; FERREIRA, I. C. P.; MESQUITA, C. S. S.; SILVA, V. R.; SVIDZINSKI, T. I. E.; C.ONSOLARO, M. E. L. Spermicidal and anti-*Trichomonas vaginalis* activity of Brazilian *Sapindus*

- saponaria*. BMC Complementary and Alternative Medicine, v. 13, p. 1-8, 2013.
- DIAS, M. F. R. G. Hair cosmetics: an overview. International journal of trichology, v. 7, n. 1, p. 2-15, 2015.
- ESPRENDOR, R. V. F.; RAISER, A. L.; TORRES, M. P. R.; RIBEIRO, E. B.; NOGUEIRA, R. M.; ANDRIGHETTI, C. R.; VALLADÃO, D. M. S. Development and stability study of products containing cupuaçu butter. Scientific Electronic Archives, v. 12, n. 6, p. 77-85, 2019.
- FELIPE, L. O.; DIAS, S. C. Surfactantes sintéticos e biosurfactantes: vantagens e desvantagens. Química e Sociedade, v. 39, n. 3, p. 228-236, 2016.
- FERREIRA, P. G.; FUTURO, D. O.; FOREZI, L. S. M.; SILVA, F. C.; FERREIRA, V. F. Aqui tem Química: Parte VII. Tensoativos em Produtos Comerciais. Revista Virtual de Química, v. 15, p. 423-438, 2023.
- GASCA, C. A.; DASSOLER, M.; BRAND, G. D.; NÓBREGA, Y. K. M.; GOMES, S. M.; JAMAL, C. M.; MAGALHÃES, P. O.; BAZZO, Y. M. F.; SILVEIRA, D. Chemical composition and antifungal effect of ethanol extract from *Sapindus saponaria* L. fruit against banana anthracnose. Scientia Horticulturae, v. 259, p. 108842, 2020.
- GOMES, I. V. M.; GOMES, A. T. A.; BRÍGIDO, H. P. C.; SILVA, T. F. Desenvolvimento de sabonete em barra com manteiga de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Research, Society and Development, v. 11, n. 8, p. e46811831146, 2022.
- GUBITOSA, J.; RIZZI, V.; FINI, P.; COSMA, P. Hair care cosmetics: from traditional shampoo to solid clay and herbal shampoo, a review. Cosmetics, v. 6, n. 1, p. 13, 2019.
- ISAAC, V. L. B.; CEFALI, L. C.; CHIARI, B. G.; OLIVEIRA, C. C. L. G.; SALGADO, H. R. N.; CORRÊA, M. A., Protocolo para ensaios físico-químicos de estabilidade de fitocósméticos. Revista de Ciências Farmacêuticas básica e aplicada, v. 29, n. 1, p. 81-96, 2008.
- KOHL, R. S. Desenvolvimento e caracterização de xampu sólido utilizando diferentes óleos vegetais. 2021. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2021.
- KUMAR, A.; MALI, R. R. Evaluation of prepared shampoo formulations and to compare formulated shampoo with marketed shampoos. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, v. 3, n. 1, p. 120-126, 2010.
- LIMA, L. S.; ILLICETO, G. C.; VELASCO, M. V. R.; DARIO, M. F. Development and evaluation of the effectiveness of a solid shampoo bar. Biomedical and Biopharmaceutical Research, v. 20, n. 2, p. 43-47, 2023.
- LOVATO, L.; PELEGRINI, B. L.; RODRIGUES, J.; OLIVEIRA, A. J. B.; FERREIRA, I. C. P. Seed oil of *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae) as potential C16 to C22 fatty acids resource. Biomass and Bioenergy, v. 60, p. 247-251, 2014.
- MANZANERO, M. D. G. Uso del fruto del jaboncillo (*Sapindus saponaria*) como base de detergentes ecológicos. MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide, n. 24, p. 14-15, 2017.
- MATIELLO, A. A.; SIMÃO, D.; SAHD, C. S.; MARCUZZO, M.; RODRIGUES, P. A. Cosmetologia aplicada II. Porto Alegre: Sagah, 2019.
- NETO, E. T.; MALTA, M. M.; SANTOS, R. G. Medidas de tensão superficial pelo método de contagem de gotas: descrição do método e experimentos com tensoativos não-iônicos etoxilados. Química Nova, v. 32, p. 223-227, 2009.
- OLIVEIRA, F. C. S.; CARBARAL, G. M.; SILVA, N. C. S.; PIMENTEL, S. J.; PARANHOS, W. J.; PEIXOTO, V. R. Analysis of organolepsy characteristics and pH of liquid shampoos. Journal of Educational Theories & Practices, v. 31, n. 1, p. 05-07, 2021.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Version 4.4.3. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 17 de março de 2025.
- SANTOS, C. C. L.; DAMASCENO, M. R.; GONÇALVES, E. K. M.; DIAS, T. T. L.; SILVA, T. F. Desenvolvimento de sabonete em barra com manteigas de murumuru (*Astrocaryum murumuru*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 6, p. 19646-19661, 2023.
- SILVA, C. R. S. Biomiméticos com ativos da amazônia. Cosmetics & Toiletries. v. 15, n. 5, p. 66-71, 2003.
- SILVA, I. D. L.; OLIVEIRA, F. S. M.; ANDRADE, M. F.; BRITO, A. M. S. S.; HALLVWASS, F.; VINHAS, M. G. Avaliação das potencialidades dos extratos vegetais de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) para uso em embalagens ativas antimicrobianas e antioxidantes. Matéria, v. 26, n. 01, p. e12924, 2021.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R.

Farmacognosia: do produto natural ao medicamento. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SIMÃO, D.; ROSA, P. V.; DEUSCHLE, V. C. K. N.; ALLEMAND, A. G. S.; HIGUCHI, C. T.; MARCUZZO, M.; MATIELLO, A. A. Cosmetologia aplicada I. Porto Alegre: Sagah, 2018

THOMPSON, D.; LEMASTER, C.; ALLEN, R.; WHITTAM, J. Evaluation of relative detergency of shampoo. Journal of the Society of Cosmetic Chemists, v. 36, p. 271-286, 1985.

TSUZUKI, J. K.; SVIDZINSKI, T. I. E.; SHINOBU, C. S.; SILVA, L. F. A.; FILHO, E. R.; CORTEZ, D. A. G. FERREIRA, I. C. P. Antifungal activity of the extracts and saponins from *Sapindus saponaria* L. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 79, p. 577-583, 2007.