



Components of the aroeira to enhance the quality assurance of soap made from used frying oil

Componentes da aroeira para potencializar a qualidade do sabão proveniente do óleo residual de fritura

LOPES, Gabriel de Freitas ⁽¹⁾; FERNANDES, Nathália Alcantara Rocha ⁽²⁾; DIAS, Mauro Cesar ⁽³⁾

⁽¹⁾ 0009-0002-6640-9792; Bacharel em Química Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vila Velha, Espírito Santo (ES), Brasil. gabrielflopes16@gmail.com

⁽²⁾ 0009-0004-9983-9478; Bacharelanda em Química Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vila Velha, Espírito Santo (ES), Brasil. nathaliafernandes2201@gmail.com

⁽³⁾ 0000-0002-1355-2950; Doutor em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais e Docente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Vila Velha, Espírito Santo (ES), Brasil. maurocesar@ifes.edu.br

The content expressed in this article is the sole responsibility of its authors.

ABSTRACT

The growing concern with the linear production model, leading to the search for more sustainable alternatives. The circular economy emerges as a response, aiming to transform how we produce and consume. One of the challenges is the improper disposal of waste frying oil (WFO), which is potentially polluting and capable of contaminating large volumes of water. The objective of this article is to treat WFO with sodium hypochlorite (NaClO) and incorporate components of the aroeira plant (stem, leaves, and fruits) into soap formulation to enhance product quality, exploring rich local biodiversity. Incorporating extracts containing plant tannins in soap formulation resulted in products safer for skin, maintaining pH between 2 and 11.5 and alkalinity below 1%, complying with regulations and aligning with the harmony between circular economy and green chemistry. Simultaneously, treating WFO with sodium hypochlorite, along with aroeira extracts and essential oil, aimed to ensure soap quality. Results showed influence on parameters such as moisture (reduced from 0.78 to 0.17%), saponification index (reduced from 200 to 198 mg KOH/g), and acidity index (reduced from 1.00 to 0.40 mg KOH/g), highlighting the importance of these processes for raw material quality. Soap production was conducted without heating, and chemical, physical, and sensory analyses converged to conclude that sustainable solutions for WFO recycling demonstrate effective integration of circular economy, green chemistry practices, and safe product production, meeting environmental demands and consumer preferences.

RESUMO

A crescente preocupação com o modelo linear de produção, levando à busca por alternativas mais sustentáveis. A economia circular surge como resposta, visando transformar a forma como produzimos e consumimos. Um dos desafios é o descarte inadequado do óleo residual de fritura (ORF), potencialmente poluente e capaz de contaminar grandes volumes de água. O objetivo do presente artigo é realizar o tratamento do ORF com hipoclorito de sódio (NaClO) assim como incorporar os componentes da aroeira (caule, folhas e frutos) na formulação do sabão a fim de potencializar a qualidade do produto, explorando a rica biodiversidade local. A incorporação dos extratos, compostos por taninos da planta na formulação do sabão, resultou em produtos mais seguros para a pele, mantendo o pH na faixa de 2 e 11,5 e a alcalinidade abaixo de 1%, de acordo com a legislação, alinhando-se à harmonia entre a economia circular e a química verde. Em concomitância propôs-se o tratamento do ORF com hipoclorito de sódio, juntamente com extratos e óleo essencial de aroeira, visando garantir a qualidade do sabão produzido. Os resultados indicaram influência nos parâmetros como umidade (reduzindo de 0,78 para 0,17%), índice de saponificação (reduzindo de 200 para 198 mg KOH/g) e índice de acidez (reduzindo de 1,00 para 0,40 mg KOH/g), evidenciando a importância desses processos para a qualidade da matéria-prima do produto. A produção de sabão foi realizada sem aquecimento, realizaram-se análises químicas, físicas e sensoriais, convergindo para a conclusão de que soluções sustentáveis para a reciclagem do ORF demonstram a integração eficaz entre a economia circular, praticando a química verde e a produção de produtos seguros, atendendo às demandas ambientais e às preferências dos consumidores.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 29/04/2024

Aprovado: 28/06/2024

Publicação: 29/06/2024



Keywords:

Used frying oil, aroeira, sodium hypochlorite, soap.

Palavras-Chave:

Óleo residual de fritura, aroeira, hipoclorito de sódio, sabão.

Introdução

A crescente produção de resíduos exerce impactos ambientais significativos (Moreno, 2023). Nesse contexto, é evidente que a reutilização de resíduos como fontes de energia, insumos ou matérias-primas para outros ciclos produtivos é uma perspectiva viável. No entanto, um exemplo notável é o óleo vegetal, frequentemente empregado na culinária, mas que após ser utilizado em frituras, transforma-se em um subproduto que requer descarte adequado, evitando que alcance o meio ambiente (Ministério da Saúde, 2020).

O óleo residual de fritura (ORF) originário de domicílios, estabelecimentos comerciais e setores industriais, é classificado como resíduo sólido urbano e pode representar um agente poluente substancial quando despejado de maneira inadequada. A eliminação imprópria deve ser evitada, já que um único litro desse resíduo tem o potencial de contaminar até 25 mil litros de água (SABESP, 2019).

O ORF é normalmente despejado na rede de esgoto municipal, provocando a poluição das redes pluviais e sanitárias. Caso este material venha a penetrar no solo, os lençóis freáticos serão contaminados, fazendo com que a água também fique imprópria para consumo (Rodrigues *et al.*, 2022).

O método tradicional linear de produção foi questionado por sua insustentabilidade ambiental e impactos sociais e econômicos. Em contrapartida, surgiu a economia circular, que propõe um novo modelo focado em consumo sustentável e na redução de resíduos, promovendo o uso eficiente de recursos através do fechamento dos ciclos de vida dos produtos (Korhonen *et al.*, 2017).

Os cosméticos "verdes" são produzidos com ingredientes ativos derivados de plantas ou minerais, minimizando ou eliminando componentes sintéticos. Sua cadeia produtiva deve ser ecológica e sustentável para atender à demanda crescente, impulsionada pela preocupação ambiental dos consumidores e pela desconfiança em relação aos produtos sintéticos. Os benefícios associados incluem a redução de irritações e alergias na pele (Santos *et al.*, 2023).

O Instituto Verde Vida (IVV) é uma ONG localizada no bairro Aribiri, do município de Vila Velha (ES), que promove a coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e ORF. O IVV adquiriu licenciamento ambiental na Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMMA), com Licença Municipal de Regularização (LMAR) N^o. 108/2014 Classe I. Dessa forma, possui autorização para fabricação de sabão a partir do ORF coletado (Gouveia *et al.*, 2016).

Uma alternativa sustentável seria a produção de sabão ecológico incorporando o ORF com propriedades estabilizantes de espécies naturais como a *Schinus terebinthifolia* conhecida como aroeira-da-praia ou aroeira.

A família *Anacardiaceae* possui cerca de 81 gêneros e 800 espécies, adaptadas a ambientes secos e úmidos em regiões tropicais e subtropicais. A *Schinus terebinthifolia*, nativa

do Brasil, ocorre na Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa, especialmente ao longo do litoral Sul e Sudeste. O Espírito Santo é o principal estado brasileiro na extração da aroeira, amplamente utilizada nas indústrias farmacêutica, alimentícia e de cosméticos (Mesquita, 2023).

Um dos produtos cosméticos mais vendidos no Brasil são os sabonetes em barra, utilizados na higiene pessoal. A criação de formulações verdes deste tipo de produto que incorporem produtos regionais da flora pode ser de grande valia para o desenvolvimento da economia de regiões ricas em biodiversidade (Furman *et al.*, 2022). A produção de aroeira no estado do Espírito Santo é destinada basicamente à exportação para fabricação de cosméticos e especiarias na culinária sofisticada de todo o mundo (Péla, 2014).

Dentre as principais atividades biológicas atribuídas a *Schinus terebinthifolia*, pode-se destacar o potencial antioxidante, antifúngico (Oliveira *et al.*, 2018) e antibacteriano (Salem *et al.*, 2018).

Os taninos podem ser definidos como compostos polifenólicos complexos (Souza, 2021), identificados em cascas, folhas, frutos e ramos de plantas (Castejon, 2011) e têm o potencial de influenciar os níveis de pH em soluções, uma vez que os extratos da planta apresentam um caráter ácido (Costa *et al.*, 2008).

O artigo propõe melhorar a qualidade e estabilidade do sabão através da adição de componentes naturais e tratamento da matéria-prima. Foca na pesquisa inovadora que incorpora extratos da folha e óleo essencial do fruto da aroeira em sabões em barra formulados com ORF, destacando o papel dos taninos como agentes neutralizantes e estabilizadores de pH. Também aborda um método de lavagem do óleo com solução aquosa de NaClO (Justino *et al.*, 2011) visando a remoção de impurezas da matéria-prima pela afinidade do NaClO com a água que aglomera as impurezas presentes no ORF, além de avaliar a aplicação deste método no Instituto Verde Vida.

Metodologia

Coleta e preparo dos componentes da aroeira

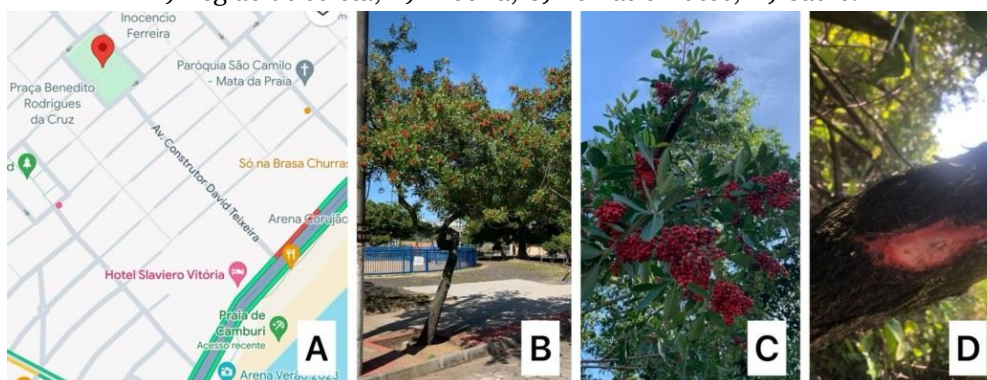
Foram coletadas folhas, frutos e caules da aroeira na Praça Benedito Rodrigues da Cruz, no bairro Mata da Praia em Vitória. Essa área, próxima à Praia de Camburi e com solo arenoso, é propícia para a exploração da matéria-prima, como indicado na Figura 1

As amostras foram coletadas com cuidado para preservar as árvores, selecionando plantas saudáveis e maduras para garantir a qualidade dos extratos. Isso não só apoia a pesquisa, mas também promove a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais.

Figura 1.

Região de coleta dos componentes da aroeira.

A) Região de coleta; B) Aroeira; C) Folhas e frutos; D) Caule.



Fonte: Autoria própria, 2023.

As amostras coletadas foram levadas ao Laboratório de Química Verde (LabQV) no Ifes Campus Vila Velha. De acordo com a metodologia empregada no trabalho de conclusão de curso de Nishimoto e Souza (2016), tais componentes coletados foram higienizados com solução de NaClO 2%, lavados e secos em estufa a 60 °C por 2 horas. As folhas e frutos foram triturados em liquidificador industrial e o caule foi triturado em moinho de facas.

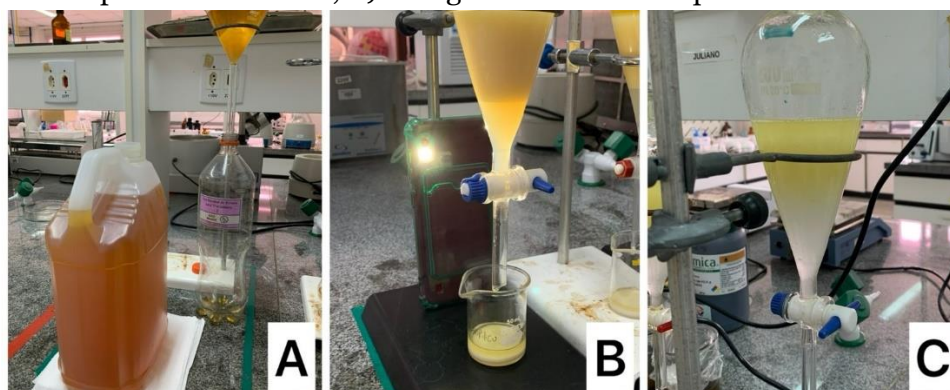
Preparo do óleo residual de fritura e tratamento com hipoclorito de sódio

A amostra ORF utilizada para o desenvolvimento da pesquisa foi obtida em residências no município de Vitória (ES). O óleo foi filtrado para retirada de impurezas e sujidades (Figura 2A) e separado para posterior manuseio, correspondente ao Óleo 1.

O ORF previamente filtrado foi submetido ao tratamento seguindo a metodologia de Justino e colaboradores (2011). Procedeu a lavagem com solução aquosa de NaClO, sendo assim obtido a amostra identificada como Óleo 2 (Figura 2B). O Óleo 3 (Figura 2C) consistiu na posterior lavagem com o extrato aquoso destilado das folhas de aroeira.

Figura 2.

Tratamento e identificação das amostras de ORF: A) Filtragem do ORF; B) Tratamento com hipoclorito de sódio; C) Lavagem com extrato aquoso destilado.



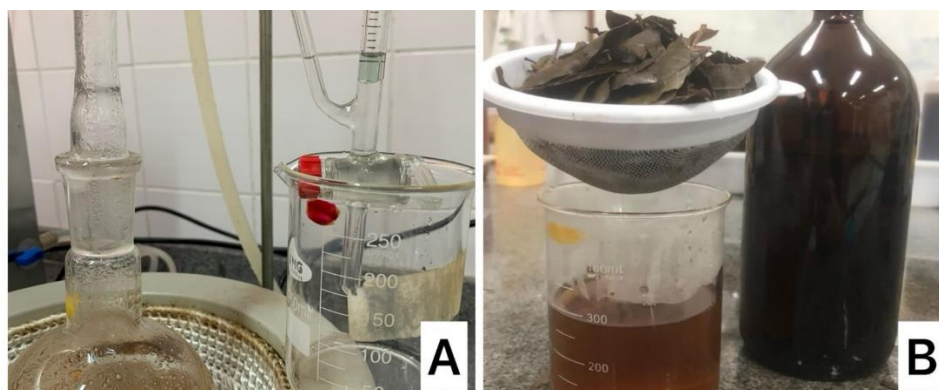
Fonte: Autoria própria, 2023.

Obtenção dos extratos dos componentes da aroeira

Seguindo a metodologia empregada por Santos e colaboradores (2020) foi possível obter o óleo essencial dos frutos de pimenta-rosa e o extrato aquoso destilado a partir da fase aquosa da destilação (Figura 3A). Seguindo a metodologia empregada no Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira (Anvisa, 2021) foi possível obter o extrato bruto das folhas de aroeira (Figura 3B). O extrato destilado foi utilizado para a lavagem do ORF tratado com hipoclorito de sódio. Já o extrato bruto e o óleo essencial de pimenta-rosa foram empregados na formulação do sabão.

Figura 3.

Processos de destilação. A) Óleo essencial; B) Extrato bruto.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Após a obtenção das amostras de ORF de acordo com cada tratamento proposto, foram realizados os testes para avaliação dos parâmetros, como a umidade (Moretto & Fett, 1998), índice de saponificação (Farmacopéia, 2019), índice de acidez (Instituto Adolfo Lutz, 2008), índice de refração (Moretto & Fett, 1998), densidade (Borges, 2011) e a viscosidade (Cortez, 2002).

Formulações de sabão

Para cada amostra de ORF obtidas com os tratamentos descritos anteriormente (Óleo 1, 2, 3), foi feito o sabão ajustando a formulação de acordo com o IS (mg KOH/g) das amostras. Deste modo, foram geradas as amostras de sabão 1, 2, 3 conforme fluxograma da Figura 4.

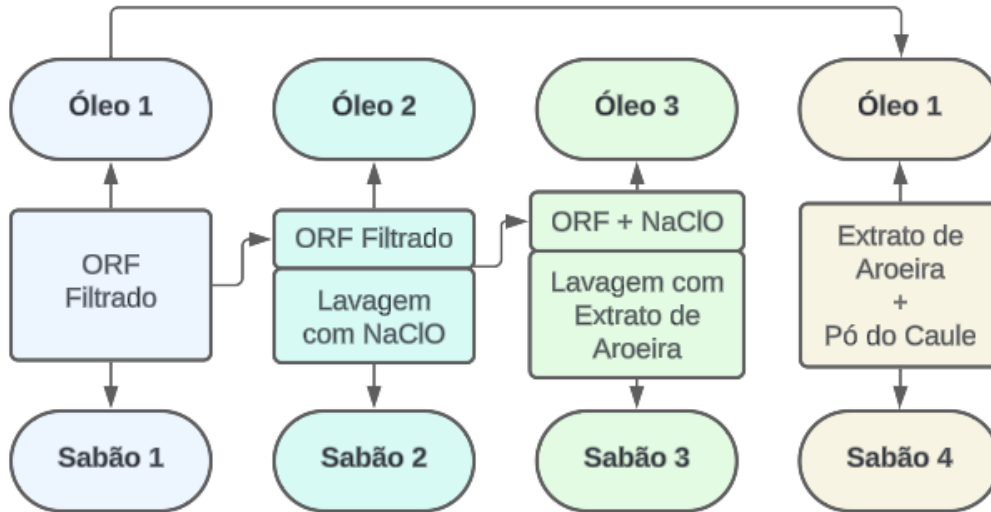
As amostras de sabão foram devidamente cortadas e assim, submetidas ao teste de estabilidade acelerado em temperatura ambiente e realizado os ensaios como a perda de massa (ANVISA, 2004), umidade, pH e alcalinidade (Herranz, 2013), assim como a observação da cor, odor e aspecto (ANVISA, 2004).

Como outra proposta de formulação de sabão a fim de utilizar as propriedades do caule moído e do extrato bruto da aroeira, formulou-se o sabão 4 com 700 g de ORF filtrado, 189,35 g de NaOH, 315 g de água, 25 g de extrato bruto e 21 g de caule moído. O caule de aroeira moído

foi adicionado ao ORF e após a adição da solução de NaOH, o extrato bruto foi então incorporado à mistura. O sabão foi colocado em uma forma reciclável de embalagem de leite UHT, proporcionando um aspecto ecológico ao processo.

Figura 4:

Resultados dos testes de caracterização do óleo residual.



Fonte: Elaboração própria, 2023.

Resultados e Discussão

A partir dos procedimentos descritos, foi possível obter os resultados listados na Tabela 1, referente aos parâmetros de qualidade avaliados no ORF antes (Óleo 1) e após os tratamentos com NaClO (Óleo 2) e com a incorporação do extrato aquoso de aroeira na lavagem do óleo (Óleo 3).

Tabela 1:

Resultados dos testes de caracterização do óleo residual.

Análise/Amostra	Óleo 1	Óleo 2	Óleo 3
Umidade (%)	0,11 ± 0,040	0,78 ± 0,050	0,17 ± 0,010
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	200,11 ± 2,380	198,07 ± 1,230	198,55 ± 1,640
Índice de Acidez (mg KOH/g)	1,00 ± 0,00	0,40 ± 0,00	2,12 ± 0,06
Índice de Refração	1,473 ± 0,000	1,473 ± 0,000	1,473 ± 0,000
Densidade (g/mL)	0,92 ± 0,020	0,92 ± 0,000	0,92 ± 0,010
Viscosidade (mPa.s)	91,68 ± 3,660	92,71 ± 0,480	74,37 ± 0,160

*Valor de Referência (VR) para %H₂O = < 0,80 %; VR para IS = 189 a 195 mg KOH/g; VR para IA = 0,3 mg KOH.g⁻¹; VR para IR = 1,466 a 1,470; VR para densidade = 0,914 a 0,922 g/mL (MAPA, 2006); VR para viscosidade = 59,0 mPas.s (BROOCK et al., 2008). Fonte: Elaboração própria, 2023.

Em termos de umidade do óleo, mesmo apresentando-se dentro da faixa aceitável para óleo de soja virgem (< 0,80 %) segundo o MAPA, é notório o acréscimo de umidade no Óleo 2 devido a presença do excesso de reagente. O Óleo 3 que foi submetida a um aquecimento brando, apresentou um pequeno acréscimo de umidade, devido a incorporação do extrato aquoso destilado (que apresentou um rendimento de 77,33% v/v).

Tratando-se do índice de saponificação (IS), os mesmos apresentaram-se fora do limite considerável para o óleo de soja virgem (189 a 195 mg KOH/g), porém, pode-se notar uma redução deste parâmetro ao se comparar o resultado obtido para o ORF em relação às amostras tratadas, o que pode conferir menor quantidade de reagente para formulação do sabão.

O índice de acidez (IA) das amostras apresentou uma redução deste parâmetro quando se compara o ORF com o Óleo 2 e um aumento no Óleo 3, devido ao aquecimento brando para retirada de umidade, ocasionando novas reações de oxidação.

De acordo com os resultados apresentados por Gonçalves e colaboradores (2021) que avaliou a mudança do índice de acidez das amostras de ORF com a variação do tempo, foi notório o aumento do IA com a variação da temperatura. A velocidade de formação de ácidos graxos livres (AGL) é influenciada por vários fatores, entre os quais a temperatura e a quantidade de ciclos de aquecimento. A degradação dos triacilgliceróis é acelerada com o calor, que consequentemente libera AGL (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Em tempos de índice de refração (IR) e densidade das amostras tratadas, é possível observar que não existe uma variação considerável desses parâmetros, visto que não existe uma incorporação significativa de matéria no ORF, capaz de aumentar sua massa molecular à ponto de aumentar a densidade do óleo, assim como os tratamentos, não é capaz de remover propriedades em termo de massa molecular.

A viscosidade determinada por meio do método com Copo Ford apresenta-se inconclusivo, em decorrência do pequeno diâmetro de escoamento notou-se a dificuldade de passagem do fluido fazendo com que o mesmo apresentasse pontos de estagnação durante o tempo de efluxo, comprometendo a confiabilidade do tempo de escoamento, dessa forma, foi notória a extrapolação da viscosidade experimental comparada a viscosidade teórica considerando os dados obtidos por Broock e colaboradores (2008), correspondente a 59,0 mPas.s para o óleo de soja utilizando de um viscosímetro.

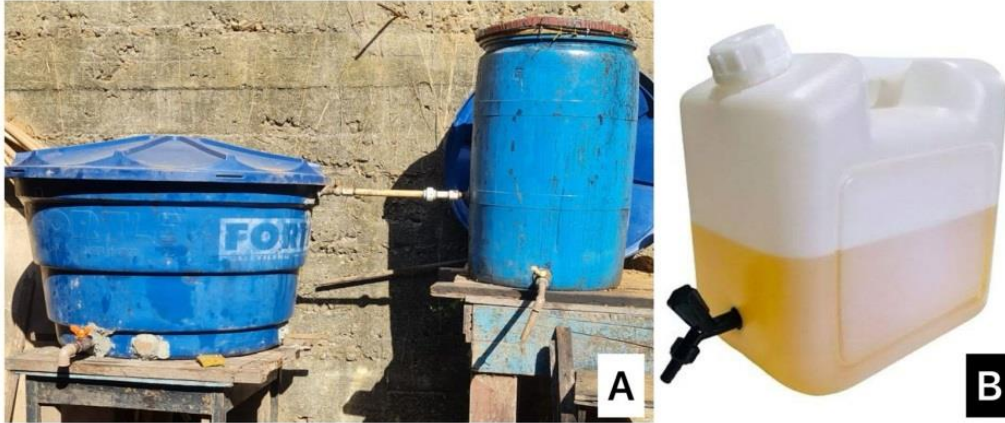
Em comparação com os resultados apresentados por Lopes e Rosa (2024), o tratamento do óleo com extrato aquoso de aroeira aumenta a umidade devido à adição de uma fase líquida. Esta fase pode ser removida com carvão ativado para reduzir o teor de umidade na amostra, sem comprometer o aumento do índice de acidez devido ao aquecimento que induz novas reações de oxidação.

De acordo com os dados obtidos, o tratamento pode ser realizado em alta escala no Instituto Verde Vida levando em consideração algumas observações. A bombona superior, onde é armazenado o ORF para decantação da água proveniente do processo de fritura, pode

ser substituído por uma bombona com material transparente como ilustrado na Figura 5, para ser possível a visualização das fases presentes no interior do recipiente para realizar o tratamento do óleo, usando o mesmo mecanismo de gravidade já usado no instituto.

Figura 5.

Proposta para aplicação do tratamento no Instituto Verde Vida. A) Sistema de decantação do IVV; B) Bombona transparente.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Em termos das variáveis do processo já observados em laboratório, para garantir melhor qualidade ao produto final, é necessário realizar completa remoção do excesso de NaClO presente no ORF para garantir melhor qualidade ao produto de interesse. E mesmo que os resultados de viscosidade sejam inconclusivos em termos de comparação literária, a mesma não comprometeria no funcionamento do sistema, por não apresentar um aumento de viscosidade que dificulte o escoamento do óleo.

Os resultados da Tabela 2 são referentes às análises das amostras de sabão formuladas a partir dos óleos tratados expostas à temperatura ambiente no laboratório e os resultados de pH e alcalinidade do sabão formulado com o extrato bruto e o caule moído (Sabão 4).

Tabela 2:

Resultados do teste de estabilidade na formulação de sabão.

Análise/Amostra	Sabão 1	Sabão 2	Sabão 3	Sabão 4
%PDM	14,6 ± 0,00	13,4 ± 0,10	18,2 ± 0,50	-
%H₂O	5,44 ± 0,38	5,91 ± 0,46	7,57 ± 0,90	-
pH	10,13 ± 0,02	10,09 ± 0,02	10,16 ± 0,01	8,07 ± 0,01
%Na₂O	0,046 ± 0,021	0,091 ± 0,000	0,059 ± 0,002	ND
Aspecto	N	IM	N	-
Cor	N	IM	N	-
Odor	N	N	N	-

*Valor de Referência (VR) para pH = Entre 2 e 11,5; VR para %PDM = Variação menor do que 20% em relação ao To; VR para %Na₂O = abaixo de 1% (ANVISA, 2004); N, LM, IM, ND: Condição normal, levemente modificada, intensamente modificada, nada detectado (ANVISA, 2004). *Fonte: Elaboração própria, 2023.*

Por meio da análise de perda de massa, observou-se um valor menor do que 20% quando comparado com o tempo inicial, apresentando-se dentro do limite estabelecido pela ANVISA.

Em termos de umidade do sabão, é notório o acréscimo de umidade no Sabão 3, por se tratar de uma análise gravimétrica, o óleo essencial presente no sabão aumenta este parâmetro por não ser volátil. O óleo essencial comercial foi utilizado devido o baixo rendimento no processo de extração (0,61% m/m).

Em relação aos parâmetros de pH e alcalinidade do sabão, os resultados mantiveram na faixa de pH estabelecido pela ANVISA (mantendo-se na faixa de 2 e 11,5) classificando-se como risco I e a alcalinidade permaneceu abaixo de 1%.

Foi evidenciada a influência dos taninos na formulação do sabão, resultando na diminuição do pH em comparação com sabões produzidos sem esse aditivo (de 10,1 para 8,07), como esperado pela adição do caule da aroeira no Sabão 4, tornando-o mais seguro para a pele. A inclusão do pó do caule favoreceu a neutralização da alcalinidade do sabão, contribuindo para a segurança para a pele.

Comparando com resultados experimentais já existentes na literatura, Fernandes e colaboradores (2023) utilizando de ORF como componente na formulação dos sabões, obteve o produto com pH que variaram de 11,21 a 11,28. Pereira e colaboradores (2018), produziram sabões em barra formulados a partir do ORF e bagaço de azeitona liofilizado, obtendo pH que variaram de 11,70 a 11,93. No trabalho de Queiroz e colaboradores (2022) na avaliação da influência da polpa de abacate na formulação de sabonete em barra, obteve um pH 10 para a formulação contendo polpa de abacate, óleo de coco e sabonete em barra glicerinado, reduzindo o pH para 7 ao acrescentar laurilsulfossuccinato de sódio, coco amido propilbetaína, dietanolamida de ácido-graxo de coco, lauril poliglicosídeo, amido de milho, talco e argila branca.

De acordo com Uchimura (2021), para a limpeza da pele, o pH ideal dos sabões situa-se entre 6,5 e 8,5, aproximando-se da neutralidade. Já para a lavagem de roupas, recomenda-se um pH em torno de 10,0.

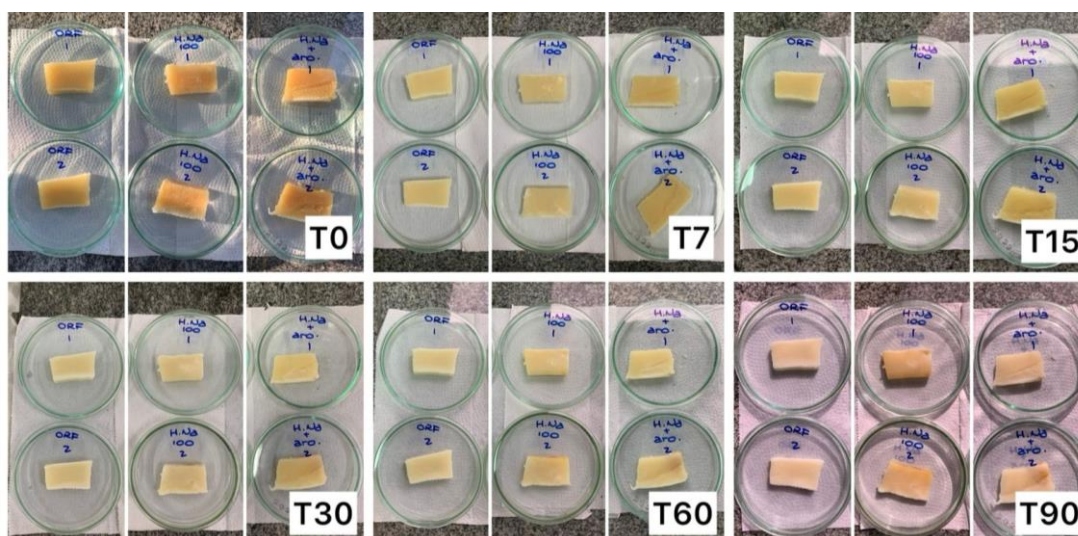
Levando em consideração esses valores, os sabões formulados neste trabalho com extratos da folha da aroeira e óleo essencial de pimenta-rosa (Sabão 3) se enquadra como sabão para limpeza de roupas. Já o sabão produzido com o caule da aroeira (Sabão 4) pode se enquadrar em sabão para limpeza de pele. Comparando ainda os resultados com a literatura já existente, o uso de componente de aroeira favorece na redução do pH do produto, diminuindo os riscos ao consumidor, com o menor uso de reagentes na formulação do sabão.

O odor do sabão não variou, por mais que o sabão seja isento de essência, o mesmo não apresentou um cheiro desagradável ao longo do tempo de exposição, assim como o aroma do óleo essencial de pimenta-rosa (Sabão 3) permaneceu após este tempo de análise.

Os resultados de aspecto e cor obtidos por meio do teste de estabilidade do Sabão 1, 2 e 3 podem ser visualizados na Figura 6.

Figura 6.

Resultados de aspecto e cor durante 90 dias de análise.

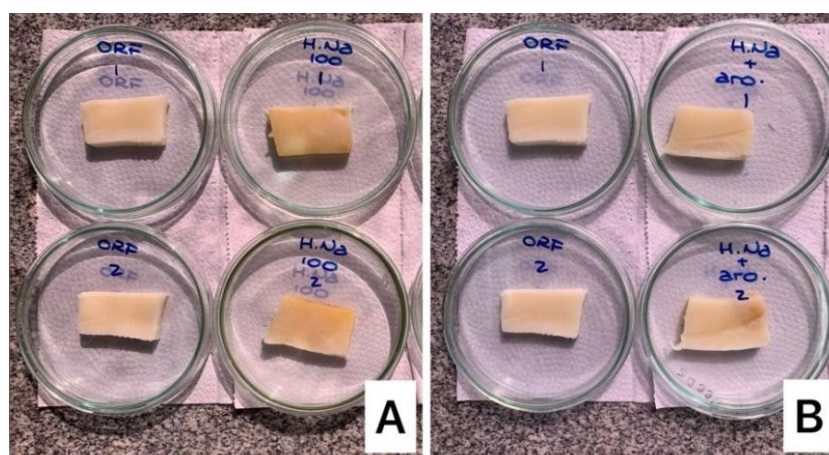


*T0) Tempo inicial; T7) 7 dias; T15) 15 dias; T30) 30 dias; T60) 60 dias; T90) 90 dias. **Fonte:** Autoria própria, 2023.

Na Figura 7 pode-se observar a comparação entre o sabão formulado a partir do Óleo 1 com as amostras de sabão formuladas a partir do Óleo 2, assim como a comparação apenas entre os sabões formulados com o Óleo 1 e 3.

Figura 7.

Comparação dos resultados de aspecto e cor após 90 dias de análise. A) Comparação do Sabão 1 e 2; B) Comparação do Sabão 1 e 3.



Fonte: Autoria própria, 2023.

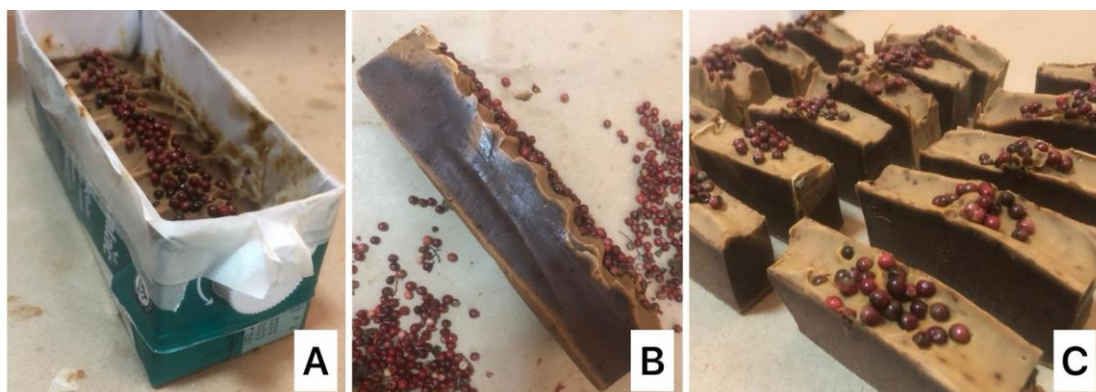
Em termos de cor e aspecto, é possível identificar no Sabão 2, após 90 dias, a mudança de coloração, apresentando um aspecto amarelado devido ao excesso de NaClO presente no Óleo 2. Já para o sabão formulado a partir do Óleo 3, apresentou uma melhor estabilidade em relação aos demais sabões após os 90 dias de análise de estabilidade, onde se pode notar a

mínima mudança de coloração da amostra, devido à estabilidade proveniente das características antioxidante, antifúngica e antibacteriana provenientes do óleo essencial de pimenta-rosa.

A formulação de sabão com a incorporação do caule da aroeira (Sabão 4) apresentou resultados notáveis, capturando com sucesso o aroma característico da planta. Além disso, obteve uma coloração interna e externa em tons de marrom, conferindo ao sabão uma estética natural, sem a necessidade de recorrer a corantes artificiais, como pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8.

Saponificação em embalagem reciclável e corte das barras de sabão. A) Sabão na embalagem de leite; B) Aspecto interno do produto; C) Sabão cortado.



Fonte: Autoria própria, 2023.

A conquista dessa coloração proporciona um aspecto visual distinto, alinhado com a proposta de incorporar elementos naturais. Além disso, a textura sólida e consistente do sabão demonstrou ser ideal para a produção de sabões em barra, reforçando a qualidade do produto final. Esses aspectos não apenas enriquecem a experiência sensorial do usuário, mas também refletem a abordagem sustentável e inovadora.

A adoção dos processos a frio e a seleção de embalagens recicláveis são evidências de uma atenção holística de sustentabilidade durante todo o ciclo de produção. Ao fazer isso, a pesquisa não apenas desenvolve sabões em barra, mas serve como um paradigma que ilustra como a interseção entre economia circular e química verde pode resultar em produtos mais ecologicamente conscientes, atendendo tanto às demandas ambientais quanto às preferências dos consumidores por produtos naturais e de menor impacto.

Conclusões

O artigo apresenta um desenvolvimento experimental inovador na economia circular, enfatizando a química verde. Esta iniciativa não apenas aborda a questão da reciclagem de resíduos, mas também a incorporação de elementos naturais que possuem propriedades

capazes de contribuir positivamente para a eficácia e segurança do produto. Utilizou-se o óleo residual de fritura como matéria-prima, incorporando elementos da aroeira e empregando embalagens de leite UHT.

A purificação do óleo residual de fritura com hipoclorito de sódio mostra um compromisso com a sustentabilidade ao reutilizar resíduos e utilizar reagentes acessíveis.

A inclusão do óleo essencial de pimenta-rosa confere estabilidade ao sabão devido às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas e o pó do caule da aroeira contribui para estabilizar o pH e a alcalinidade do produto, melhorando sua qualidade.

O tratamento do óleo residual de fritura com hipoclorito de sódio é viável e econômico, adaptando-se facilmente às estruturas do Instituto Verde Vida e outras instituições, reforçando a aplicabilidade da iniciativa.

REFERÊNCIAS

- Anvisa. (2004). Guia de Estabilidade de Produto Cosméticos.
<https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cosmeticos.pdf>
- Anvisa. (2021). Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira. (2ª ed.).
<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/formulario-fitoterapico/2024-fffb2-1-er-3-atual-final-versao-com-capa-em-word-2-jan-2024.pdf>
- Anvisa. (2021). Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004: utilização e descarte de óleos e gorduras utilizados para fritura. (Atualizado em 27/08/2021).
https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes/copy_of_11de2004.
- Borges, K. (2011). Efeito das variáveis operacionais na transesterificação metílica e etílica do óleo de soja. [Dissertação de Mestrado em Química Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia - MG] p. 91.
- Broock, J., Nogueira, M. R., Zakrzewski, C., Corazza, F. C., Corazza, M. L., & Oliveira, J. V. (2008). Determinação experimental da viscosidade e condutibilidade térmica de óleos vegetais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), p. 564-570.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300010>
- Castejon, F. (2011). Taninos e Saponinas. [Seminários Aplicados do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás], Centro de Recursos Computacionais.
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011_Fernanda_Castejon_1c.pdf
- Cortez, G. (2002). Determinação do coeficiente de viscosidade em líquidos – Método de Stokes. Apresentação de aula prática.
<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840841/LOQ4060/AULA%20%20PRATICA%2002.pdf>.

- Costa, C. T. C., Bevilaqua, C. M. L., Morais, S. M., & Vieira, L. S. (2008). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 10(4), p. 108-116.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27754/1/API-Taninos-e-sua-utilizacao-em-pequenos-ruminantes.pdf>
- Fernades, L. D. F., Nunes, H. P., Galvão, E. L. (2023). Aproveitamento do óleo residual de fritura do restaurante universitário para produção de sabão em barra. [Trabalho e Conclusão de Curso do Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia da Informação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido em Campus Angicos].
<https://repositorio.ufersa.edu.br/items/0706c3ab-7cee-485e-9693-10c307456456>
- Furman, A. C., Veit, M. T., Palácio, S. M., Gonçalves, G. C., Barbieri, J. C. Z. (2022). Sustentabilidade no processo produtivo da indústria cosmética: uma revisão da literatura. *Research, Society And Development*, 11(13), p. 1-23.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35852>
- Gonçalves, R. P., Zanetti, V. C., Feltes, M. M. C., & Gonzalez, S. L. (2021) Comportamento do óleo de soja durante estresse térmico / Soybean oil behavior during thermal stress. *Brazilian Journal of Development*, 7(4). doi:10.34117/bjdv7n4-377
- Gouveia, T. G., Oliveira. G. V. D., Palomé, L., Carvalho, R. M., Alonso, M. K., Santos, M. G. L., Soares, A. B., Carmo, A. P. D., Endringer, D. C., Oliveira, R. D. V., & Dias, M. C. (2016). Monitoramento da coleta seletiva de resíduos e produção de sabão no Instituto Verde Vida, Região do Rio Aribiri - Vila Velha - ES. *Revista Guará*, 5(16), p. 69. <https://doi.org/10.30712/guara.v1i5.14614>
- Herranz, A. P. (2013). Qualidade física, química e antimicrobiana de sabões líquidos elaborados com óleo residual de fritura e diferentes agentes saponificantes. [Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia]
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/DISSERTA%C3%87%C3%83O_FINAL_ANDRESSA_2013.pdf
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. (4ª ed.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Justino, A. L., Lage, M. M. R., Pereira, T. G. G., Rodrigues, M. F., Silva, M. C. M. A., Orlandi, D., Maia, G., Sales A., Queiroz, B., César. J., & Epifanio. Y. (2011). A Engenharia De Produzir Sabonetes Com Óleo Vegetal: Uma Produção Sustentável. *E-xacta*, Belo Horizonte, 4(2) – Edição Especial Interdisciplinaridade. p. 19-28.
<http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v4i2.310>
- Korhonen, J., Nuur. C., Feldmann. A., & Birkie. S. E. (2017). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 175.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>

- Lopes, G. F., Rosa, J. G. (2024). Comparação da eficiência do tratamento de óleo residual de fritura com hipoclorito de sódio e carvão ativado. *Research Society and Development*, 13(4), e1613445462. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i4.45462>
- Mesquita, A. (2023, outubro 25). Aroeira: tradição e geração de renda em comunidade de Aracruz. Prefeitura de Aracruz. <https://www.aracruz.es.gov.br/noticias/aroeira-tradicao-e-geracao-de-renda-em-comunidade-de-aracruz-13085>
- Moreno, S. (2023, 3 de abril). Brasil gera cerca de 80 milhões de toneladas de resíduos por ano. Radioagência. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2023-04/brasil-gera-cerca-de-80-milhoes-de-toneladas-de-residuos-por-ano>.
- Moretto, E., & Fett, R. (1998). *Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos*. Varela Editora e Livraria Ltda.
- Nishmoto, K., & Souza, M. (2016). Extração do óleo essencial da *Schinus terebinthifolius* Raddi e avaliação da eficiência bactericida do sabonete desenvolvido. [Trabalho e Conclusão de Curso do Departamento de Engenharia Química, Universidade do Vale do Paraíba em São José dos Campos]. Biblioteca Univap. <https://biblioteca.univap.br/dados/00002c/00002c96.pdf>
- Oliveira, M. S. D., Gontijo, S. M., Teixeira, M. S., Teixeira, K. I. R., Takahashi, J. A., Millan, R. D. S., & Segura, M. E. C. (2018). Chemical composition and antifungal and anticancer activities of extracts and essential oils of *Schinus terebinthifolius* Raddi fruit. *Revista Fitos*, 12(2), p. 135-146. https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/27868/mariana_de_oliveira_et_all.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Pereira M. S., Dias, C. S., Janner, N. N., Crexi, V. T. (2018, 6 a 8 de Novembro). Reaproveitamento de resíduos: formulação de sabão em barras. [Trabalho Completo]. 10º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPE). Universidade Federal do Pampa, Santana do Livramento. https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/18215/seer_18215.pdf
- Péla, J. J. (2014). Caracterização agrônômica da aroeira (*schinus terebinthifolius raddi*) no município de São Mateus, no estado do Espírito Santo. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/09/Tese-Jadir-Vers%C3%A3o-final.pdf>
- Queiroz M. L. P., Alves, J. S., Terçariol, C. A. S. (2022). Avaliação da influência de excipientes na formulação de sabonete em barra contendo polpa de abacate (*Persea americana*). [Trabalho Completo]. XV Encontro de Iniciação Científica do Centro Universitário Barão de Mauá. <https://api3.baraodemaua.br/media/23818/maria-laura-peron-queiroz.pdf>

- Rodrigues, G. O., Modro, N. R., Dalmolin, L. C., & Ribeiro, N. (2022). Impacto do descarte correto do óleo de cozinha: uso da dinâmica de sistemas para avaliação. *Revista Prociências*, 5(1).
<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/prociencias/article/view/25962/19133>
- Sabesp. (s.d.). *Programa de Reciclagem de Óleo*. <http://site.sabesp.com.br/site/fale-conosco/faq.aspx?secaoId=134&cid=28>.
- Salem, M. Z. M., El-Hefny, M., Ali, H. M., Elansary, H. O., Nasser, R. A., El-Settawy, A. A. A., El-Shanhorey, N., & Salem, A. Z. M. (2018). Antibacterial activity of extracted bioactive molecules of *Schinus terebinthifolius* ripened fruits against some pathogenic bacteria. *Microbial Pathogenesis*, (120), p. 119-127.
<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.04.040>
- Santos, Í., Farias, J. C. D., Lima, T. L. S., & Queiroga, I. M. B. M. (2020). Essential oil extraction pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) and determination of cytotoxicity and inhibitory count minimum. *Research, Society and Development*, 9(8). <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6674>.
- Santos, C. C. L., Damasceno, M. R., Gonçalves, E. K. M., Dias, T. T. L., Silva, T. F. (2023). Desenvolvimento de sabonete em barra com manteigasde murumuru (*Astrocaryum murumuru*) e cupuaçu (*Theobromagrandiflorum*). *Brazilian Journal of Development*, 9(6), p. 19646–19661. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n6-062>
- Souza, L. T. D. (2021). Quantificação dos taninos das diferentes partes da *Cenostigma nordestinum*. Repositório Institucional UFRN.
<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/37321>
- Uchimura, M. S. (2021). Dossiê Técnico. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT.
[http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Nzk=.](http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Nzk=)