



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - DECEN
CURSO BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ANTONIO ALTEVI BESSA FILHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM DETERGENTE SUSTENTÁVEL E ESTUDO
COMPARATIVO COM DETERGENTES COMERCIAIS**

PAU DOS FERROS

2026

ANTONIO ALTEVI BESSA FILHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM DETERGENTE SUSTENTÁVEL E ESTUDO
COMPARATIVO COM DETERGENTES COMERCIAIS**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Kytéria Sabina Lopes De
Figueredo, Profa. Dra.

Co-orientadora: Sanderlir Silva Dias, Profa.
Dra.

PAU DOS FERROS

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B478d Bessa Filho, Antonio Altevi.

Desenvolvimento e estudo comparativo entre um detergente biodegradável com óleo residual e detergentes comerciais / Antonio Altevi Bessa Filho. - 2026.
53 f. : il.

Orientadora: Kytéria Sabina Lopes de Figueredo.
Coorientador: Sanderlir Silva Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2026.

1. Detergente biodegradável. 2. Óleo de cozinha residual. 3. Sustentabilidade. 4. Saponificação. 5. Biodegradabilidade. I. Figueredo, Kytéria Sabina Lopes de, orient. II. Dias, Sanderlir Silva, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANTONIO ALTEVI BESSA FILHO

DESENVOLVIMENTO DE UM DETERGENTE SUSTENTÁVEL E ESTUDO
COMPARATIVO COM DETERGENTES COMERCIAIS

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel
Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 24/06/2026

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 KYTÉRIA SABINA LOPES DE FIGUEREDO
Data: 29/06/2026 21:53:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Kytéria Sabina Lopes de Figueredo, Profa. Dra. (UFERSA) Presidente

Documento assinado digitalmente
 ALINE MARA MAIA BESSA
Data: 01/07/2026 12:04:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aline Mara Maia Bessa, Profa. Dra. (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 RAISSA DOS NAVEGANTES DA SILVA
Data: 30/06/2026 09:40:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Raissa dos Navegantes da Silva, Me. (UFERSA)

Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Pai Celestial, que sempre guiou meus passos, segurou minha mão nos momentos de dificuldade e fortaleceu meus pensamentos diante dos desafios. Em todos os momentos da minha vida, senti sua presença me conduzindo, dando forças para continuar quando o caminho parecia difícil.

Agradeço profundamente à minha família, que sempre foi a minha base, meu porto seguro e minha maior fonte de incentivo. Aos meus pais, Neta e Antônio, por todo amor, cuidado, dedicação e pelos inúmeros sacrifícios realizados para que eu pudesse chegar até aqui. Vocês me ensinaram valores que levarei para toda a vida, como honestidade, humildade, respeito e perseverança. Aos meus irmãos, Nicolas, Wesley e Douglas, agradeço pela companhia, pelas conversas, pelos momentos de alegria e pelo apoio ao longo dessa caminhada. Cada um de vocês contribuiu de maneira especial para que eu me tornasse quem sou hoje.

À minha avó, deixo um agradecimento especial por todo o carinho, pelos conselhos, pelas orações e pelo amor incondicional. Sua sabedoria e seu exemplo de vida sempre foram fontes de inspiração para mim. Agradeço também aos meus tios, tias, primos e demais familiares, que sempre torceram pelo meu sucesso e vibraram a cada conquista alcançada. Saber que tenho uma família tão presente e acolhedora foi fundamental para superar os desafios encontrados ao longo desta jornada acadêmica.

A família de sangue é extremamente importante, mas a família que construímos ao longo da vida também possui um valor imensurável. Por isso, expresso minha imensa gratidão ao meu amigo de grande coração, que considero um verdadeiro irmão, Carlinhos. Agradeço também à minha irmã de coração, Monalisa, e aos amigos Maria Helena, Welington Bruno e José Ribamar, que sempre foram pilares de apoio, descanso e boas conversas. Nos momentos de dificuldade e também nos momentos de alegria, vocês estiveram presentes, tornando essa caminhada mais leve e significativa. Meu agradecimento especial também a Maximus e à minha afilhada Maria Alicia, que, mesmo sem perceberem, muitas vezes foram fonte de alegria.

Agradeço aos amigos que a universidade me proporcionou e que fizeram parte desta importante etapa da minha vida. Meu muito obrigado a Alisson Jarbas, José Eduardo, Bruno Paiva, Leo Brício e Jéssica Pontes. Compartilhar essa trajetória com vocês tornou os desafios mais fáceis e as conquistas ainda mais especiais.

Entre todas as amizades fortalecidas ao longo dos anos, quero destacar uma pessoa muito especial. Monique, você esteve presente desde a minha infância e sempre foi uma das amizades mais verdadeiras e genuínas que alguém poderia ter. Com você aprendi inúmeras

lições, mas principalmente aprendi o valor da humanidade, da empatia e do cuidado com o próximo. Obrigado por cada conselho, cada conversa e cada momento compartilhado. Que nossa amizade permaneça firme por toda a vida.

Outra pessoa pela qual agradeço profundamente a Deus por ter colocado em meu caminho foi minha dupla de jornada acadêmica, Geovanna Pontes. Você me acolheu, me apoiou, me defendeu, compartilhou sorrisos, ouviu minhas piadas sem graça e esteve presente em momentos que jamais esquecerei. Toda esta trajetória acadêmica teria sido muito mais difícil sem a sua presença. Sua amizade, carinho e apoio incondicional foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Sou imensamente grato por tudo e espero que nossa amizade continue sendo fortalecida ao longo dos anos.

Quero agradecer de forma muito especial à minha orientadora, Kyteria, e à minha coorientadora, Sanderlir, que foram muito mais do que profissionais durante esta caminhada. Obrigado pelos ensinamentos, pela confiança, pela paciência, pela disponibilidade e pelo incentivo constante. Cada orientação e cada palavra de apoio contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e pessoal.

Estendo também meus agradecimentos a todos os professores que fizeram parte da minha trajetória na universidade. Cada disciplina ministrada, cada conselho compartilhado e cada conhecimento transmitido contribuíram para minha formação profissional e humana. Vocês tiveram papel fundamental na construção do profissional que estou me tornando.

Agradeço igualmente aos técnicos administrativos, servidores, colaboradores terceirizados e demais funcionários da universidade, que diariamente trabalham para garantir o funcionamento da instituição e oferecer suporte aos estudantes. Muitas vezes, o trabalho de vocês acontece nos bastidores, mas sua importância é indispensável para o sucesso da comunidade acadêmica.

Por fim, agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por proporcionar oportunidades de aprendizado, crescimento e transformação. Esta instituição foi palco de experiências que levarei para toda a vida, permitindo que eu construísse conhecimentos, amizades e memórias inesquecíveis.

A todos que fizeram parte desta trajetória, direta ou indiretamente, meu mais sincero obrigado. Esta conquista também pertence a cada um de vocês.

EPÍGRAFE

“Eu tenho fê pra caminhar. Eu tô aqui, eu posso estar em qualquer lugar”

— ANAVITÓRIA, *O Tempo É Agora*.

RESUMO

O descarte inadequado do óleo de cozinha residual constitui um importante problema ambiental, pois pode causar contaminação de corpos hídricos, obstrução de redes de esgoto e impactos negativos aos ecossistemas aquáticos. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar um detergente sustentável produzido a partir de óleo de cozinha residual, comparando suas características físico-químicas com dois detergentes comerciais disponíveis no mercado. A pesquisa foi fundamentada em revisão bibliográfica sobre detergentes, sustentabilidade, biodegradabilidade e impactos ambientais associados ao descarte inadequado de produtos de limpeza. A formulação do detergente sustentável foi obtida por meio da reação de saponificação utilizando óleo residual de fritura, soda cáustica, álcool anidro, água e essência natural de cravo e erva-doce. Após a produção, foram realizados ensaios de caracterização físico-química, incluindo determinação do potencial hidrogeniônico (pH), densidade, viscosidade, turbidez e formação de espuma. Os resultados demonstraram que o detergente sustentável apresentou características distintas dos produtos comerciais, principalmente em relação à coloração, transparência e pH. Inicialmente, a formulação apresentou elevada alcalinidade (pH 12,97), sendo necessária a correção com ácido cítrico, resultando em um pH final de 9,5, valor que proporcionou maior estabilidade ao produto. Os ensaios de densidade, viscosidade, turbidez e espumação permitiram comparar o comportamento das formulações, evidenciando que o detergente sustentável apresentou desempenho satisfatório para aplicação como produto de limpeza. Além disso, a utilização de óleo de cozinha residual contribui para a redução do descarte inadequado desse resíduo, promovendo o reaproveitamento de materiais e incentivando práticas mais biodegradáveis. Embora não tenham sido realizados ensaios laboratoriais específicos de biodegradabilidade, a composição da formulação sugere menor impacto ambiental quando comparada aos detergentes comerciais. Conclui-se que o detergente sustentável desenvolvido apresenta potencial como alternativa sustentável aos produtos comerciais, contribuindo para a redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado de óleo de cozinha e incentivando práticas alinhadas aos princípios da sustentabilidade e da economia circular.

Palavras-chave: detergente sustentável; óleo de cozinha residual; sustentabilidade; saponificação; biodegradabilidade; impactos ambientais.

ABSTRACT

The improper disposal of waste cooking oil constitutes an important environmental problem, as it can cause contamination of water bodies, clogging of sewage systems, and negative impacts on aquatic ecosystems. This study aimed to develop and evaluate a biodegradable detergent produced from waste cooking oil, comparing its physicochemical characteristics with those of two commercial detergents available on the market. The research was based on a literature review addressing detergents, sustainability, biodegradability, and environmental impacts associated with the improper disposal of cleaning products. The biodegradable detergent formulation was obtained through the saponification reaction using waste frying oil, sodium hydroxide, anhydrous alcohol, water, and natural clove and anise essences. After production, physicochemical characterization tests were performed, including the determination of hydrogen potential (pH), density, viscosity, turbidity, and foam formation. The results showed that the biodegradable detergent presented characteristics distinct from those of the commercial products, especially regarding color, transparency, and pH. Initially, the formulation exhibited high alkalinity (pH 12.97), requiring correction with citric acid, resulting in a final pH of 9.5, which provided greater product stability. Density, viscosity, turbidity, and foaming tests allowed the comparison of the formulations' behavior, demonstrating that the biodegradable detergent showed satisfactory performance for use as a cleaning product. Furthermore, the use of waste cooking oil contributes to reducing the improper disposal of this residue, promoting material reuse and encouraging more sustainable practices. Although specific laboratory biodegradability tests were not performed, the formulation composition suggests a lower environmental impact when compared to commercial detergents. It is concluded that the developed biodegradable detergent has potential as a sustainable alternative to commercial products, contributing to the reduction of environmental impacts associated with the improper disposal of waste cooking oil and encouraging practices aligned with the principles of sustainability and the circular economy.

Keywords: biodegradable detergent; waste cooking oil; sustainability; saponification; biodegradability; environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reação de saponificação	18
Figura 2 - Estrutura de um detergente comercial	19
Figura 3 - Estrutura da micela	19
Figura 4 - Processo de produção de um detergente comercial	21
Figura 5 - Estrutura de um detergente biodegradável.	22
Figura 6 - Detergentes a serem analisados.	31
Figura 7 - pH do detergente sustentável	33
Figura 8 - pH da amostra A	34
Figura 9 - pH da amostra B	34
Figura 10 - Ácido cítrico utilizado	35
Figura 11 - Detergente antes da adição de ácido cítrico	35
Figura 12 - pH pós da adição de ácido cítrico	36
Figura 13 - Detergente sustentável com o pH neutro	36
Figura 14 - Detergente pós diminuição do pH com separação de fases	37
Figura 15 - pH após a adição de ácido cítrico.....	38
Figura 16 - Resultado final do detergente	38
Figura 17 - Suporte com funil para o teste de viscosidade	39
Figura 18 - Picnômetro utilizado	41
Figura 19 - Massa do picnômetro vazio.....	41
Figura 20 - Massa do picnômetro + água destilada	42
Figura 21 - Massa do picnômetro + detergente biodegradável	42
Figura 22 - Massa do picnômetro + amostra A	43
Figura 23 - Massa do picnômetro + amostra B	43
Figura 24 - Avaliação da turbidez dos detergentes analisados	46
Figura 25 - Medidas de espumação do detergente biodegradável	47
Figura 26 - Medidas de espumação da amostra A	47
Figura 27 - Medidas de espumação da amostra B	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporções de um detergente comercial	20
Tabela 2 -Valores de pH das amostras	33
Tabela 3 - Viscosidade dos detergentes analisados	40
Tabela 4 - Massas encontradas	44
Tabela 5 - Densidades encontradas	45
Tabela 6 - Nível de espuma	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Geral	15
2.2 Específicos	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 História da produção de detergente	16
3.2 Detergente	17
3.3 Classificação	18
3.3.1 Comerciais	18
3.3.2 Biodegradáveis	22
3.4 Legislações	23
3.5 Aspectos ambientais	24
3.6 Biodegradabilidade	25
4 METODOLOGIA	27
4.1 Pesquisa bibliográfica	27
4.2 Seleção das matérias-primas para a produção de detergente	27
4.3 Processo de obtenção de detergente sustentável	28
4.4 Análise dos aspectos ambientais e do potencial de biodegradabilidade do detergente produzido	29
4.5 Tratamento dos dados	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Formulação do detergente (características)	31
5.2 Testes realizados	33
5.2.1 Teste de pH	33
5.2.2 Viscosidade	39
5.2.3 Teste de densidade	41
5.2.4 Teste de turbidez	46
5.2.5 Teste de espumação	47

5.3 Aspectos ambientais e do potencial de biodegradabilidade do detergente produzido	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O mercado de produtos de limpeza no Brasil vem se tornando cada vez mais competitivo. Itens como amaciantes, sabão em barra, lava-louças, água sanitária, desinfetantes, multiusos, detergente para roupa, entre outros, são alguns dos produtos que se enquadram neste setor. Este último, sendo líquido ou em pó, vem crescendo desde 2020, não só em volume de toneladas produzidas, mas também em reais comercializados. Cenário que não é visto em outros produtos de limpeza (ABIPLA, 2023).

Os detergentes são produtos amplamente utilizados no cotidiano doméstico, especialmente na limpeza de utensílios, superfícies e roupas. Sua popularidade se deve à capacidade de remover sujeiras e gorduras com eficiência, tornando-se indispensáveis na rotina de milhões de pessoas. Esses produtos estão disponíveis em diversas formas, como líquidos, pó, pasta ou barra, e sua ação é baseada na combinação de tensoativos, que removem a gordura e a sujeira, e agentes alcalinos ou ácidos, que auxiliam na dissolução das impurezas Martins et al. (2021).

Apesar de sua ampla utilização, os detergentes comerciais apresentam uma série de impactos negativos ao meio ambiente, principalmente devido à sua composição química. Muitos desses produtos contêm substâncias potencialmente tóxicas, entre as quais se destacam os fosfatos e os tensoativos aniônicos. Estudos recentes demonstram que tais componentes apresentam baixa capacidade de biodegradação e elevada toxicidade para organismos aquáticos, podendo contribuir significativamente para processos de eutrofização, que comprometem a concentração de oxigênio dissolvido na água e colocam em risco a sobrevivência de peixes e demais espécies aquáticas (Quevedo & Paganini, 2018).

Além disso, o uso de surfactantes sintéticos em processos industriais e domésticos provoca danos ambientais significativos, tanto na fase de produção quanto no descarte. A presença desses compostos nos corpos hídricos reduz a tensão superficial da água, diminui sua taxa de evaporação e aumenta a solubilidade de substâncias orgânicas. A formação de espuma sobre a superfície interfere na penetração da luz solar e na solubilidade do oxigênio, comprometendo a sobrevivência de micro-organismos, peixes e plantas aquáticas Martins et al., 2021). Compostos como o tripolifosfato de sódio, presentes em alguns detergentes, favorecem a ação de limpeza em águas duras, mas também contribuem para a eutrofização processo que leva à proliferação excessiva de vegetação aquática e à redução do oxigênio disponível (Martins et al., 2021).

A adoção de alternativas biodegradáveis na formulação de detergentes é essencial para mitigar os impactos ambientais provocados por compostos sintéticos, como os tensoativos e os fosfatos. O uso de matérias-primas biodegradáveis e de origem natural contribui significativamente para a conservação dos ecossistemas aquáticos, evitando processos como a eutrofização e a bioacumulação de substâncias nocivas. Além disso, tais práticas estão alinhadas aos princípios da química verde, que promovem a redução da poluição e o uso responsável de recursos químicos.

Este trabalho está organizado em cinco seções. A Seção 1 apresenta a introdução, contextualizando a problemática ambiental associada ao uso de detergentes convencionais e a importância do desenvolvimento de alternativas biodegradáveis. A Seção 2 apresenta os objetivos da pesquisa, destacando o propósito de desenvolver uma fórmula de detergente com composição sustentável. A Seção 3 aborda o referencial teórico, contemplando os principais conceitos relacionados aos detergentes, seus impactos ambientais e as alternativas ecológicas disponíveis. A Seção 4 descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento e na avaliação do produto proposto. Por fim, a Seção 5 apresenta os resultados obtidos, as discussões pertinentes e as conclusões do estudo, evidenciando a viabilidade do detergente sustentável como alternativa aos produtos convencionais.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Desenvolver e analisar uma formulação de detergente sustentável, utilizando óleo de cozinha residual de fritura e matérias-primas biodegradáveis, com o intuito de comparar sua eficiência e impacto ambiental em relação aos detergentes comerciais.

2.2 ESPECÍFICOS

- Desenvolver a formulação do detergente sustentável utilizando óleo de cozinha residual de fritura e matérias-primas biodegradáveis.
- Avaliar a eficácia do detergente sustentável em comparação com detergentes comerciais.
- Realizar os testes físico químicos (pH, densidade, viscosidade e turbidez) do detergente sustentável em comparação com os comerciais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 História da produção de detergente

Os primeiros indícios de uma substância semelhante ao sabão foram encontrados em vasos de cerâmica nas escavações da antiga Babilônia, datados de cerca de 2800 a.C. As inscrições revelaram que os habitantes produziam esse material fervendo gordura com cinzas, utilizando-o como unguento e também para arrumar os cabelos Farias (2007).

De acordo com uma antiga lenda romana, o termo “sabão” teria surgido no Monte Sapo, local onde eram realizados sacrifícios de animais. A chuva arrastava uma mistura de sebo derretido e cinzas para o barro às margens do Rio Tigre, e as mulheres perceberam que, ao lavar roupas com essa mistura, o esforço era menor e os tecidos ficam mais limpos Farias (2007).

Apesar de sua relevância histórica, o sabão apresentava limitações, sobretudo em águas duras e em situações de grande demanda. Com o avanço da química moderna e as necessidades impostas pelas guerras, tornou-se necessário desenvolver novas substâncias capazes de superar essas restrições. Nesse contexto, surgiu a primeira versão dos detergentes, na Europa, durante a Primeira Guerra Mundial (1914–1918). Os primeiros detergentes eram obtidos por meio da sulfatação (reação com ácido sulfúrico) de álcoois graxos, com cadeias superiores a oito átomos de carbono, derivados de gorduras animais (como o sebo) e vegetais (como o óleo de coco), seguida da neutralização com hidróxido de sódio Pereira (2010).

Os primeiros detergentes sintéticos foram óleos sulfonados, obtidos a partir do tratamento de óleos vegetais, compostos majoritariamente por glicerídeos de ácidos graxos insaturados, como ácido sulfúrico concentrado Borsato; Moreira; Galão (2004). Os detergentes sintéticos, com ação eficaz, surgiram no mercado alemão em 1930 e foram introduzidos posteriormente nos Estados Unidos. O sabão é produzido a partir de óleos ou gorduras por meio da reação de saponificação, enquanto os detergentes são fabricados industrialmente a partir de compostos sintéticos. Além disso, o sabão perde eficiência em águas duras, ao contrário dos detergentes, que mantêm seu poder de limpeza nessas condições Neto e Del Pino (1997). Após vinte anos de produção, os detergentes já eram mais comercializados do que os sabões. A baixa solubilidade dos sabões em águas duras foi o fator determinante para a ampla aceitação dos detergentes sintéticos Borsato; Moreira; Galão (2004).

Inicialmente, os detergentes eram aplicados nas lavagens da indústria têxtil. Como demonstraram grande eficiência, passaram a ser utilizados com excelente desempenho na limpeza

doméstica, além de serem incorporados à fabricação de xampus e cremes dentais, especialmente na América do Norte Pereira (2010).

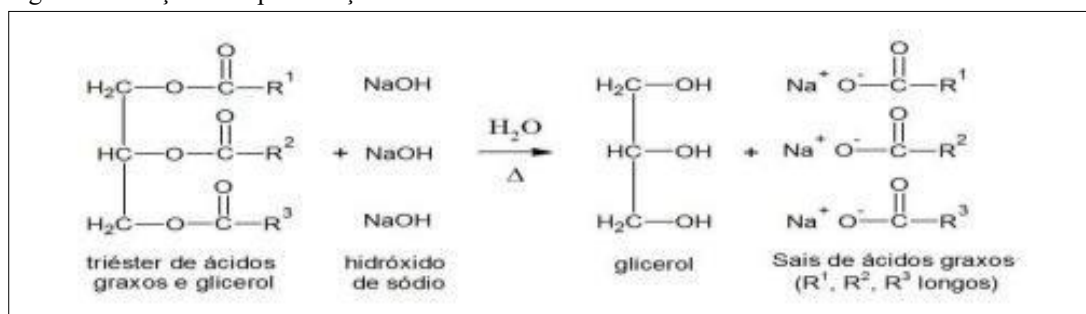
Ao longo da história, o sabão e os detergentes refletem não apenas avanços técnicos, mas também transformações sociais e econômicas. Desde os primeiros registros na Babilônia, passando pela lenda romana do Monte Sapo, até a criação dos detergentes sintéticos durante a Primeira Guerra Mundial, observa-se uma evolução marcada pela busca de maior eficiência na limpeza e pela adaptação às necessidades humanas em diferentes contextos. A limitação do sabão em águas duras impulsionou a aceitação dos detergentes, que rapidamente se expandiram da indústria têxtil para o uso doméstico e cosmético, consolidando-se como produtos essenciais do cotidiano moderno. Essa trajetória evidencia como ciência, cultura e prática se entrelaçam na construção de soluções que acompanham o desenvolvimento das sociedades.

3.2 Detergente

Detergentes, por definição, são substâncias inorgânicas ou orgânicas que apresentam a propriedade de reduzir a tensão superficial da água, favorecendo o seu espalhamento e emudecimento das superfícies, promovendo um contato mais íntimo entre a água e o objeto a ser limpo Castro (2009). Os detergentes são compostos sintéticos produzidos a partir de derivados do petróleo, pertencentes à categoria dos saneantes. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), saneantes são produtos destinados à higienização, desinfecção ou desinfestação de ambientes domiciliares, coletivos, públicos e locais de uso comum.

Os detergentes podem ser produzidos por saponificação, processo em que os triglicerídeos reagem com uma base forte em aquecimento. Nessa reação, ocorre a quebra das ligações éster (hidrólise alcalina), formando glicerol e sais de ácidos graxos. Esse sal tem parte hidrofóbica, cadeia carbônica longa, e parte hidrofílica, grupos carbonila da cadeia, por isso são capazes de se dissolver tanto em gordura quanto em água Peruzzo; Canto (2006). Mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Reação de saponificação



Fonte:

Peruzzo; Canto (2006).

Os detergentes são substâncias amplamente utilizadas em diversos contextos, como ambientes domésticos, hospitalares e industriais, devido à sua alta eficiência na remoção de sujeira, gordura e microrganismos. Sua principal finalidade é a limpeza de superfícies, promovendo não apenas a higienização visível, mas também contribuindo para a desinfecção de locais que exigem condições sanitárias rigorosas.

Em residências, os detergentes estão presentes na lavagem de louças, pisos, banheiros e roupas, facilitando a remoção de resíduos orgânicos e oleosos. No ambiente hospitalar, são essenciais para a limpeza de instrumentos, mobiliários e áreas críticas, ajudando a prevenir infecções e garantir a segurança de pacientes e profissionais da saúde. Já na indústria, os detergentes são empregados na higienização de equipamentos, linhas de produção e ambientes de trabalho, especialmente nos setores alimentício, farmacêutico e químico, onde a limpeza é um requisito fundamental.

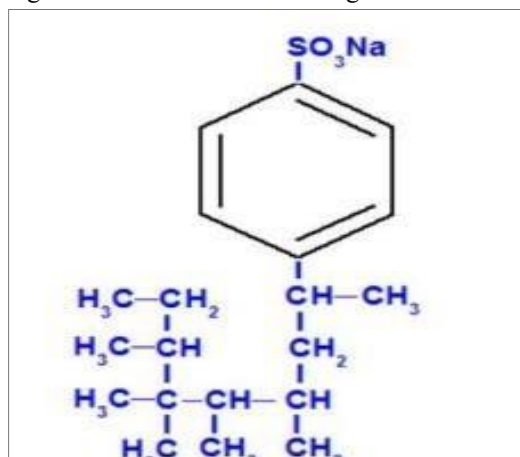
3.3 Classificação

3.3.1 Comerciais

Os saneantes nomeados detergentes comerciais, são compostos orgânicos derivados do petróleo, produzidos em laboratório, por esse motivo, são chamados de compostos sintéticos, além disso, segundo Diógenes (2017), os detergentes também são conhecidos como tensoativos, visto que possuem a capacidade singular de reduzir a tensão superficial de líquidos. Os detergentes, possuem uma estrutura molecular que os tornam capazes de dissolver tanto substâncias polares e apolares, isso confere aos detergentes maior capacidade de limpeza e utilização para higienização, pois sua estrutura molecular, conforme apresentado na Figura 2, consiste em uma longa cadeia carbônica (região hidrofóbica, ou seja, capaz de interagir com

substâncias apolares) e uma região externa composta por uma molécula iônica (região hidrofílica, ou seja, capaz de interagir com substâncias polares). A Figura 2 exemplifica um modelo de detergente comercial.

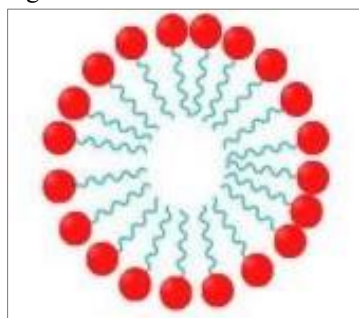
Figura 2 - Estrutura de um detergente comercial



Fonte: Dias (2022).

As micelas são organizadas de forma que a região hidrofóbica das moléculas fique voltada para a gordura, envolvendo-a, enquanto a região hidrofílica permanece voltada para a água, facilitando a dispersão e a remoção da sujeira pelo meio aquoso. As micelas, conforme ilustrado na Figura 3, possuem uma estrutura globular, e regiões apolar, constituída pelo aglomerado das caudas das moléculas, e polar, constituída pela cabeça, ambas as regiões são o que tornam as micelas responsáveis pela interação com as demais substâncias Santos; Melo (2022).

Figura 3 - Estrutura da micela



Fonte: Santos; Melo (2022).

De acordo com Shreve; Brink (1997), a produção de detergentes lava-louças envolve a combinação de diferentes matérias-primas com funções específicas, como tensoativos, agentes neutralizantes, espessantes e aditivos. Esses componentes são cuidadosamente selecionados para

garantir eficiência na remoção de gorduras, estabilidade da formulação e características sensoriais adequadas, como viscosidade, cor e fragrância.

O princípio fundamental desses produtos está na ação dos tensoativos, que reduzem a tensão superficial da água, permitindo a remoção de sujeiras e óleos presentes nas superfícies. Além disso, outros componentes são incorporados para melhorar o desempenho, conservar o produto e proporcionar uma aparência agradável ao consumidor Pereira (2012).

Dessa forma, o processo de produção do detergente consiste em etapas sequenciais que envolvem reações químicas, mistura e adição de componentes, garantindo a obtenção de um produto final homogêneo e de qualidade conforme mostrado na Tabela 1.

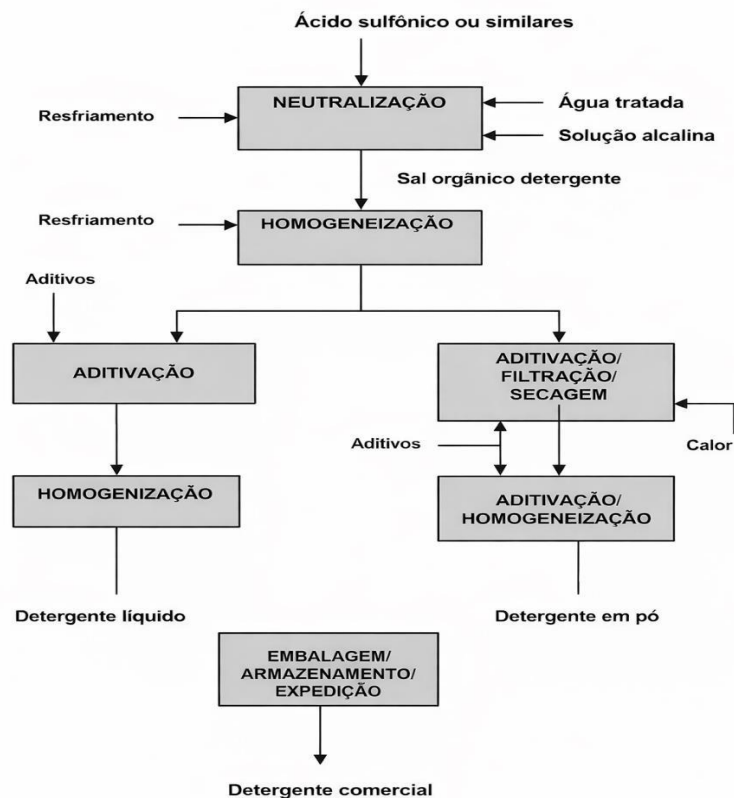
Tabela 1 - Proporções de um detergente comercial

Detergente Lava-Louças – Matérias-primas e Funções		
Matéria-prima	Concentração	Função
• Ácido sulfônico	90%	Tensoativo aniônico (limpeza)
• Hidróxido de sódio	50%	Neutralizante
• Lauril éter sulfato de sódio	27%	Tensoativo aniônico (espuma)
• Dietanolamida de coco	60%	Tensoativo não iônico
• Cloreto de sódio	—	Espessante (viscosidade)
• Formol	37%	Conservante
• Essência	—	Desodorizante
• Corante	—	Efeito visual
• Água	—	Veículo (solvente)

Fonte: Adaptado de Pereira (2012)

Segundo Pereira (2012), o processo de fabricação de detergentes é considerado mais simples do que o de sabões, envolvendo operações básicas e diferenciando-se pouco quanto à forma física líquida ou em pó. As etapas fundamentais incluem neutralização, mistura, aditivação, homogeneização, secagem, embalagem e expedição. Processo explicado na Figura 4.

Figura 4 - Processo de produção de um detergente comercial



Fonte: Pereira (2012)

A neutralização ocorre quando a empresa não realiza a etapa de sulfonação, partindo diretamente do ácido sulfônico e ajustando o pH com alcalinizantes como hidróxido de sódio, trietanolamina, barrilha ou silicatos alcalinos, até se obter o sal derivado neutro. Trata-se de uma operação altamente exotérmica, que exige resfriamento do reator.

A homogeneização é necessária para completar a neutralização entre matérias-primas de caráter oposto, além de aumentar a estabilidade da mistura e facilitar as etapas seguintes. Nos detergentes líquidos, essa etapa garante uniformidade em toda a extensão do produto, enquanto nos detergentes em pó ocorre após a secagem e aditivação, utilizando misturadores específicos.

A aditivação tem como objetivo incrementar qualidades ao produto final, adicionando sequestrantes, reguladores de espuma, cargas inertes e estabilizadores, sempre respeitando a compatibilidade química da formulação. A secagem é exclusiva para detergentes em pó, realizada a partir da mistura líquida denominada massa fluída, que passa por filtração para eliminar grumos não homogeneizados.

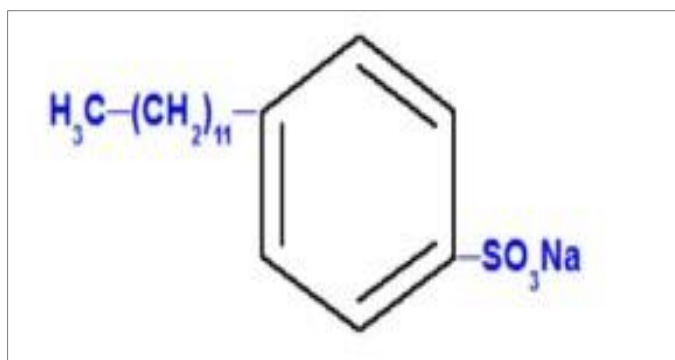
Por fim, as operações de embalagem, armazenamento e expedição finalizam o processo, garantindo que o produto comercial, seja líquido ou em pó, aprovado no controle de qualidade, seja acondicionado em embalagens adequadas e mantido em condições apropriadas até sua distribuição ao mercado consumidor.

3.3.2 Biodegradáveis

Segundo Neto e Del Pino (1997), os primeiros detergentes lançados no mercado eram altamente poluentes. Ao serem despejados em rios e lagos e transportados pelas correntes de água, produziam grandes quantidades de espuma devido ao seu elevado poder espumante. Esse excesso de espuma compromete a vida aquática, prejudicando o ciclo biológico dos organismos. Isso ocorria porque os tensoativos presentes nesses detergentes possuem cadeias carbônicas ramificadas derivadas do propeno, o que tornava sua porção hidrofóbica mais resistente à degradação pelos microrganismos, dificultando sua biodegradação.

Em contrapartida, surgiram os chamados detergentes biodegradáveis, que possuem como principal vantagem a facilidade de biodegradação. Quando descartados, causam menos impacto ambiental em comparação aos comerciais, já que seus tensoativos não geram grandes volumes de espuma nos corpos hídricos, favorecendo a manutenção equilibrada dos ecossistemas aquáticos Neto e Del Pino (1997). De acordo com Vidal Laura e Zorrilla Vivar (2020), essa propriedade está relacionada à sua estrutura molecular: uma cadeia alquil longa e sem ramificações. A ausência dessas ramificações permite que os microrganismos da água e do solo metabolizam o produto com maior facilidade, tornando-o sustentável. A Figura 5 ilustra um exemplo de detergente sustentável.

Figura 5 - Estrutura de um detergente biodegradável.



Fonte: Dias (2022)

3.4 Legislações

Os detergentes líquidos, classificados como saneantes domissanitários, estão sujeitos a regulamentações específicas no Brasil, principalmente no âmbito da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Essas normas têm como objetivo assegurar a qualidade, a segurança para o consumidor e a eficácia dos produtos, além de estabelecer critérios técnicos para sua produção e comercialização.

A Resolução RDC nº 694/2022 é a principal norma vigente para detergentes líquidos. Ela dispõe sobre os requisitos para regularização de produtos de limpeza e saneantes, incluindo parâmetros de biodegradabilidade dos tensoativos aniônicos, exigências de rotulagem e critérios de segurança (BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2022). Essa resolução é fundamental para garantir que os detergentes líquidos atendam a padrões mínimos de desempenho e não causem riscos à saúde ou ao meio ambiente.

Além disso, a RDC nº 40/2008 trata dos saneantes com ação antimicrobiana, abrangendo detergentes líquidos que também possuem propriedades desinfetantes. Essa norma estabelece critérios técnicos e de eficácia para produtos que, além da função de limpeza, atuam na eliminação de microrganismos (BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2008). Outro regulamento relevante é a RDC nº 55/2012, que dispõe sobre detergentes enzimáticos de uso restrito em estabelecimentos de saúde. Embora não sejam de uso doméstico, esses produtos líquidos são fundamentais para a limpeza de dispositivos médicos, devido à sua capacidade de remover resíduos orgânicos de forma eficiente (BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2012).

No entanto, a regulamentação não se limita às normas mais recentes. A RDC nº 184/2001 já estabelecia critérios de registro de produtos saneantes levando em conta a avaliação e o gerenciamento de risco, reforçando a necessidade de segurança tanto para o consumidor quanto para o meio ambiente. (BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2001). A RDC nº 225/2003 instituiu o modelo de certificado de boas práticas de fabricação (BPF), exigindo que as indústrias de saneantes comprovem padrões adequados de produção e controle de qualidade. Já a RDC nº 252/2003 proibiu a fabricação, distribuição e comercialização de produtos que contenham benzeno em sua composição, admitindo apenas a presença residual em percentual inferior a 0,1%, medida essencial para evitar riscos tóxicos. (BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003).

Portanto, observa-se que, no caso dos detergentes líquidos, a legislação brasileira concentra-se em normas da ANVISA que regulam aspectos de segurança, eficácia, rotulagem,

biodegradabilidade e boas práticas de fabricação, além de proibir substâncias nocivas. Esse conjunto normativo evidencia que a produção de detergentes deve estar alinhada não apenas às exigências de mercado, mas também às responsabilidades ambientais e sanitárias, reforçando a importância de práticas mais limpas e biodegradáveis na indústria.

3.5 Aspectos ambientais

Os primeiros detergentes produzidos eram altamente poluidores das águas de rios e lagos, por conta da sua cadeia ramificada. O fato de suas estruturas possuírem cadeia ramificada resulta em uma difícil biodegradabilidade, isso porque não há degradação por microrganismos. Dessa forma, causavam a formação de espuma em excesso na superfície de rios, estações de tratamento e redes de esgoto Neto e Del Pino (1997). Portanto, esses detergentes foram substituídos por detergentes que possuem maior biodegradabilidade (capazes de serem consumidos por microrganismos).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), artigo 1º da Resolução 001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas”.

Segundo Penteado (2006), entre os principais problemas causados pelo acúmulo de detergente nos recursos hídricos destacam-se as seguintes:

- I. Diminuição na concentração de oxigênio dissolvido que é fundamental para a vida aquática, permeabilidade da luz e diminuição da tensão superficial da água;
- II. Formação de espumas que inibem ou paralisam o processo de depuração natural (ou artificial), concentram as impurezas e podem disseminar bactérias ou vírus. Uma concentração de tensoativos aniônicos de 0,3 ppm é suficiente para produzir uma espuma estável;
- III. Perturbação do transporte de oxigênio através das membranas dos organismos aquáticos;
- IV. Sabor de sabão que se detecta para concentrações superior ao de formação de espuma;

- V. Aumento de fosfatos no meio aquático resultante dos polifosfatos que se utilizam em combinação com os tensoativos, o que favorece a eutrofização dos lagos e o desenvolvimento acelerado de organismos planctônicos nos rios.

Dessa forma, a grande demanda de produtos de limpeza consequentemente contribui para o aumento da poluição pois ocorre formação exagerada de espumas nas superfícies dos rios e lagos. A camada de espuma encobre a superfície, impedindo a penetração dos raios solares e a interação da atmosfera com a água. Esta obstrução é mais evidente em rios cuja vazão é pequena e as águas, agitadas. Nesses casos, leva plantas aquáticas e peixes à morte e inclusive toxicidade aos mamíferos e bactérias. Este fato, além de prejudicial à natureza, torna mais difícil e dispendioso o tratamento da água para consumo humano. Neto; Del Pino (1997).

3.6 Biodegradabilidade

A etimologia da palavra “degradar” vem do latim “bio” que significa vida e “degradar” como sendo a diminuição gradativa. A Biodegradabilidade é um processo de modificação química ou física, provocada por microrganismos em condições de umidade, luz, calor, oxigênio e nutrientes minerais e orgânicos adequados Amass (1998).

Nos últimos anos, diante da crescente preocupação com a poluição das águas, químicos e engenheiros químicos passaram a buscar alternativas para reduzir os impactos ambientais causados pelos detergentes. Esses produtos, amplamente utilizados em atividades domésticas e industriais, podem alcançar rios, lagos e outros corpos d'água por meio dos sistemas de esgoto Shreve; Brink Jr. (1980).

Dessa forma, concluiu-se que os detergentes devem apresentar rápida degradação pela ação de microrganismos, tanto nas estações de tratamento de esgoto quanto nos ambientes aquáticos naturais. Essa característica permite que sejam decompostos de maneira semelhante aos resíduos domésticos comuns, minimizando seus efeitos sobre o meio ambiente Shreve; Brink Jr. (1980).

A capacidade que um tensoativo possui de ser degradado por microrganismos é denominada biodegradabilidade Shreve; Brink Jr. (1980). De maneira complementar, a Resolução Normativa nº 1/78 da ANVISA define biodegradabilidade como a decomposição parcial ou total de um composto orgânico por ação microbiana, estabelecendo ainda que o grau de

biodegradabilidade corresponde ao percentual da substância ativa degradada em um período de tempo específico, avaliado segundo método oficial ANVISA (1978).

A carga de poluição decorrente da presença de sabões e detergentes sintéticos em esgotos domésticos é muito pequena se comparada a de outros poluentes, como resíduos, dejetos orgânicos etc., usualmente presente no esgoto. Apesar disso, ela pode contribuir de maneira bastante desfavorável para a poluição das águas receptoras, e pode dificultar os procedimentos normais de tratamento de esgotos residuais Borsato; Moreira E Galão (2004).

4 METODOLOGIA

4.1 Pesquisa Bibliográfica

A primeira etapa da metodologia consistiu na realização de uma pesquisa bibliográfica ampla e aprofundada, voltada para a temática dos detergentes e seus impactos ambientais e químicos. As principais fontes utilizadas foram projetos de trabalhos de conclusão de curso, livros de química, artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais, teses e sites acadêmicos especializados. Além disso, foram consultados documentos oficiais e legislações disponíveis em órgãos reguladores, como a Associação Brasileira de Limpeza Profissional (ABLIPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a fim de relacionar aspectos normativos ao tema estudado.

A busca por materiais foi realizada em bases de dados reconhecidas, como SciELO, Scopus e Google Acadêmico, que possibilitaram o acesso a artigos científicos relevantes e atualizados. O critério de seleção considerou a pertinência dos trabalhos ao tema, priorizando publicações que abordassem sustentabilidade, reações químicas envolvendo sabões e detergentes, fórmulas químicas, processos produtivos e impactos ambientais decorrentes do uso de detergentes. Embora a preferência tenha sido por referências recentes (2017–2026 em diante), também foram incluídas obras clássicas e legislações mais antigas, devido à sua relevância conceitual e normativa.

Essa revisão bibliográfica teve como objetivo identificar e discutir os principais impactos ambientais relacionados ao uso de detergentes líquidos comerciais, evidenciando sua composição química e os efeitos negativos sobre os ecossistemas aquáticos. Paralelamente, buscou-se estabelecer uma comparação com os detergentes biodegradáveis, destacando suas vantagens em termos de biodegradabilidade e menor potencial poluidor.

Por fim, a pesquisa bibliográfica serviu como base para a construção do referencial teórico e da introdução do trabalho, fornecendo subsídios para a análise crítica e fundamentação científica. Os resultados e discussões, por sua vez, foram desenvolvidos posteriormente a partir da etapa laboratorial de produção e avaliação de um detergente sustentável.

4.2 Seleção das matérias-primas para a produção de detergente.

Na segunda etapa da metodologia, foi realizada a seleção das matérias-primas destinadas à formulação de um detergente sustentável. A escolha priorizou ingredientes habituais ao

cotidiano, de baixo custo e com maior potencial de biodegradabilidade em comparação aos utilizados em detergentes comerciais.

Os critérios de seleção consideraram principalmente a biodegradabilidade e a origem natural dos insumos, além da possibilidade de reaproveitamento de materiais que reduzissem a geração de resíduos, como o óleo residual de fritura, que apresenta ampla disponibilidade e fácil obtenção. Dessa forma, buscou-se garantir que as matérias-primas escolhidas contribuíssem para a redução dos impactos ambientais sem comprometer a eficiência do produto.

Não foi realizada uma comparação direta entre matérias-primas comerciais e alternativas biodegradáveis; a análise comparativa ocorreu posteriormente, entre o produto final comercial e o detergente sustentável desenvolvido. A preocupação central na escolha dos insumos esteve voltada para aspectos ambientais, privilegiando matérias-primas de menor carga poluidora. Embora não tenham sido adotados critérios baseados em legislações específicas da ANVISA, a seleção foi guiada pela busca de alternativas mais seguras e ecologicamente responsáveis.

As matérias-primas selecionadas apresentam caráter inovador (óleo residual de fritura), sendo pouco utilizadas em formulações comerciais, mas destacando-se pela capacidade de reduzir impactos ambientais e pela menor geração de resíduos. O objetivo principal dessa etapa foi reduzir os impactos ambientais, mantendo a eficiência de limpeza e assegurando a viabilidade econômica, uma vez que os insumos escolhidos são de fácil acesso e comumente presentes no cotidiano.

4.3 Processo de obtenção de detergente sustentável

O processo de obtenção do detergente biodegradável foi realizado no Laboratório de Química Aplicada na Universidade Federal Rural do Semi - Árido campus Pau dos Ferros/RN, em pequena escala experimental, com o objetivo de analisar comparativamente sua eficiência e impacto ambiental frente aos detergentes comerciais disponíveis no mercado.

A primeira etapa consistiu na mistura de 60 ml de óleo residual com 21 ml de álcool anidro (99,3%) e uma base forte, a soda cáustica comercial onde foi usado 12 gramas, para dar início ao processo de saponificação. Após a reação, foi adicionada água quente (não fervente) para promover a diluição do produto e facilitar sua manipulação. Durante o procedimento, foram utilizados diversos equipamentos laboratoriais, como balança analítica, agitadores magnéticos, provetas de diferentes volumes (25, 100 e 250 ml), béqueres (50, 100 e 500 ml), erlenmeyer, bastão de vidro, vidro de relógio e espátulas, garantindo precisão nas medições e segurança no manuseio dos reagentes.

A formulação foi baseada no princípio clássico da saponificação de óleos graxos, com testes preliminares, ajustados para fins acadêmicos e experimentais. O processo não buscou replicar condições industriais, mas sim adaptar-se a uma escala reduzida, adequada para análises comparativas e testes laboratoriais. Os cuidados de segurança incluíram o uso de jaleco, luvas, óculos de proteção e, em determinadas etapas, máscaras descartáveis, além da adoção de práticas adequadas para o descarte de resíduos. O objetivo principal desta etapa foi obter uma amostra experimental de detergente sustentável, menos impactante ao meio ambiente, e realizar comparações com duas marcas comerciais de detergentes, avaliando sua eficiência de limpeza e potencial sustentável.

4.4 Análise dos aspectos ambientais e do potencial de biodegradabilidade do detergente produzido.

A análise dos aspectos ambientais do detergente sustentável concentrou-se principalmente na formação de espuma e na geração de resíduos durante o uso. Embora não tenham sido realizados ensaios laboratoriais específicos para verificar o tempo de degradação ou a biodegradabilidade do produto, buscou-se avaliar indiretamente o impacto ambiental por meio da composição das matérias-primas utilizadas.

Os parâmetros observados destacaram a redução de tensoativos sintéticos, substituídos por insumos de origem natural e de baixo custo, o que contribui para um menor potencial poluidor em comparação aos detergentes comerciais. Não foram conduzidos testes específicos relacionados aos ecossistemas aquáticos, como oxigenação da água ou processos de eutrofização, tampouco análises sobre o descarte do produto em sistemas de esgoto ou tratamento de águas residuais.

O objetivo principal desta etapa foi validar o uso e a produção de um detergente menos sintético, alinhado aos princípios da sustentabilidade e da química verde, ainda que em caráter experimental. Dessa forma, buscou-se demonstrar que a formulação proposta pode representar uma alternativa viável para reduzir os impactos ambientais associados ao uso de detergentes comerciais.

4.5 Tratamento Dos Dados

Os dados obtidos durante os ensaios experimentais foram organizados em tabelas e figuras para facilitar a comparação entre o detergente sustentável e os detergentes comerciais analisados. Os resultados de pH (foi utilizado o pHmetro da marca Digimed) foram comparados com valores encontrados na literatura e com as características esperadas para produtos obtidos por saponificação.

Nos testes de viscosidade, foram realizadas medições sucessivas do tempo de escoamento das amostras em um funil de 100 mm, sendo posteriormente calculada a média aritmética dos valores obtidos, como não foi usado o viscosímetro, foi adaptado pelo método de um escoamento. Para isso, volumes iguais dos detergentes biodegradáveis, comercial A e comercial B foram adicionados 50 ml individualmente ao funil, sendo registrado o tempo necessário para o escoamento de cada formulação.

Para o ensaio de densidade, foram utilizadas as massas do picnômetro vazio, do picnômetro contendo água destilada e do picnômetro contendo cada uma das amostras. A partir desses valores, foram calculadas a densidade relativa e a densidade absoluta dos detergentes. Após a obtenção das massas do picnômetro vazio, do picnômetro contendo água destilada e das amostras de detergente, os valores foram utilizados para o cálculo da densidade relativa por meio da equação 1 correspondente.

$$\rho_{rel} = \frac{(mpic + detergente) - (mpic \text{ vazio})}{(mpic + \text{água}) - (mpic \text{ vazio})} \quad \text{Equação (1)}$$

Para o teste de espumação, foram registradas as alturas da espuma nos tempos de 0, 5 e 10 minutos, permitindo avaliar a formação e a estabilidade da espuma ao longo do tempo.

A turbidez foi analisada qualitativamente por meio da observação da visibilidade de um ponto de referência posicionado sob béqueres contendo as amostras. Os resultados foram comparados com as características visuais observadas durante a caracterização dos detergentes.

Por fim, os resultados obtidos foram analisados de forma comparativa, buscando identificar diferenças e semelhanças entre o detergente sustentável desenvolvido e os detergentes comerciais utilizados como referência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Formulação Do Detergente (Características).

A comparação entre o detergente sustentável desenvolvido neste trabalho e dois detergentes comerciais permitiu avaliar diferenças importantes relacionadas às características visuais e físico-químicas dos produtos.

Em relação ao aspecto visual, observou-se que o detergente sustentável apresentou aparência opaca, enquanto os detergentes comerciais A e B apresentaram aspecto translúcido. Essa diferença pode estar associada à composição da formulação ecológica, produzida a partir de óleo de cozinha residual, o que favorece a presença de partículas e compostos que reduzem a transparência do produto.

Quanto à coloração (Figura 6), o detergente sustentável apresentou tonalidade amarelada com tendência ao laranja, provavelmente em decorrência das características do óleo residual de fritura utilizado como matéria-prima. Já os detergentes comerciais apresentaram cores artificiais distintas, sendo o detergente A de coloração verde e o detergente B de coloração vermelha, características geralmente associadas à adição de corantes industriais para fins comerciais.

Figura 6 - Detergentes a serem analisados.



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Em relação ao odor, o detergente sustentável apresentou forte aroma característico de sabão, acompanhado por um leve cheiro de cravo e erva-doce. Esse aroma foi obtido por meio da extração natural das essências, realizada pela maceração do cravo-da-índia e da erva-doce em álcool de cereais durante 15 dias, permitindo a transferência dos compostos aromáticos para o solvente, que posteriormente foi incorporado à formulação do detergente. Por outro lado, os detergentes comerciais apresentaram fragrâncias industriais, sendo identificado aroma de limão no detergente A e aroma de maçã no detergente B.

A análise do potencial hidrogeniônico (pH) demonstrou que o detergente sustentável apresentou inicialmente valor de pH igual a 13, indicando elevada alcalinidade. Esse resultado evidencia a presença residual de compostos alcalinos provenientes do processo de saponificação. Considerando as recomendações para produtos de limpeza, foi realizada uma tentativa de redução do pH por meio da adição de ácido cítrico. Entretanto, o uso excessivo desse agente acidificante provocou a separação de fases da formulação, comprometendo sua estabilidade. Posteriormente, foi preparada uma nova formulação contendo aproximadamente 300 ml de detergente. Para a determinação e correção do pH, foi utilizada uma diluição na proporção de 1:10 (uma parte da amostra para dez partes de água destilada). Em seguida, realizou-se uma correção mais controlada do pH por meio da adição de 14 g de ácido cítrico, obtendo-se um valor final de pH igual a 9,5. Os detergentes comerciais A e B apresentaram pH próximo da neutralidade, permanecendo dentro das faixas normalmente observadas em produtos comerciais.

O teste de formação de espuma foi realizado com o objetivo de comparar o comportamento das três amostras. Esse ensaio permitiu avaliar qualitativamente a capacidade de formação e permanência da espuma, característica frequentemente associada à percepção de eficiência pelo consumidor. Os resultados obtidos demonstraram diferenças entre as formulações, permitindo a comparação do desempenho do detergente sustentável com os produtos comerciais.

A viscosidade das amostras foi avaliada por meio de um teste de escoamento utilizando um funil de 100 mm. O método consistiu na observação do comportamento de fluxo das formulações, permitindo uma análise comparativa da consistência dos detergentes. Os resultados obtidos possibilitaram verificar diferenças entre as amostras quanto à facilidade de escoamento e à resistência ao fluxo.

Além disso, foi realizado o teste de turbidez com o objetivo de avaliar visualmente o grau de transparência das formulações. Observou-se que o detergente sustentável apresentou maior turbidez em comparação aos detergentes comerciais, corroborando a aparência opaca observada durante a caracterização visual. Já os detergentes comerciais apresentaram menor turbidez, refletindo sua aparência translúcida.

Por fim, observou-se que as amostras permaneceram estáveis durante o período de armazenamento, não sendo identificada separação de fases ou sedimentação. A única exceção ocorreu durante a primeira tentativa de correção do pH do detergente sustentável, quando a adição excessiva de ácido cítrico resultou na desestabilização da formulação e na separação de fases.

5.2 Testes Realizados:

Com o objetivo de comparar o desempenho do detergente sustentável desenvolvido com dois detergentes comerciais disponíveis comercialmente, foram realizados testes de pH, densidade, viscosidade, turbidez e formação de espuma. Estes ensaios permitiram avaliar características importantes relacionadas à qualidade e ao potencial de utilização das formulações.

5.2.1 Teste de pH

A determinação desse parâmetro é importante para avaliar a alcalinidade das formulações e verificar sua adequação para utilização como produto de limpeza.

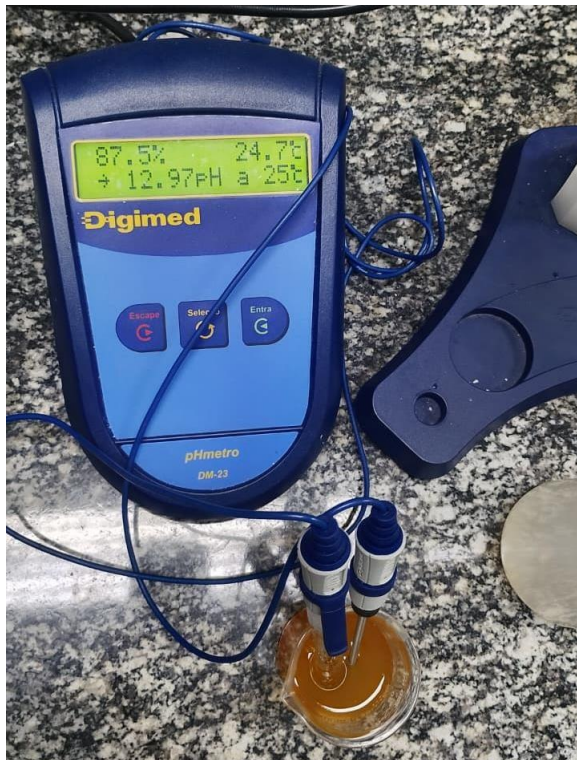
Os resultados (Tabela 2), demonstraram que o detergente sustentável apresentou inicialmente pH igual a 13, indicando elevada alcalinidade devido à presença residual de compostos provenientes da saponificação. Em função desse resultado, foi realizada uma tentativa de correção utilizando ácido cítrico. Entretanto, a adição excessiva do acidificante provocou a separação de fases da formulação. Por sua vez, os detergentes comerciais A e B apresentaram valores próximos da neutralidade, permanecendo dentro das faixas normalmente encontradas em produtos comerciais ilustrados nas Figuras 7,8 e 9.

Tabela 2 -Valores de pH das amostras.

AMOSTRAS	VALORES pH
Detergente sustentável	12,97
Amostra A	6,67
Amostra B	6,35

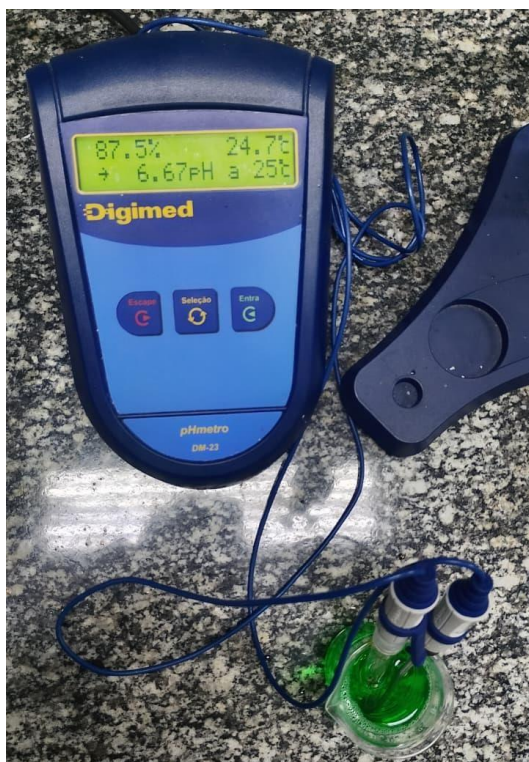
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 7 - pH do detergente sustentável



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 8 – pH da amostra A



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 9 – pH da amostra B



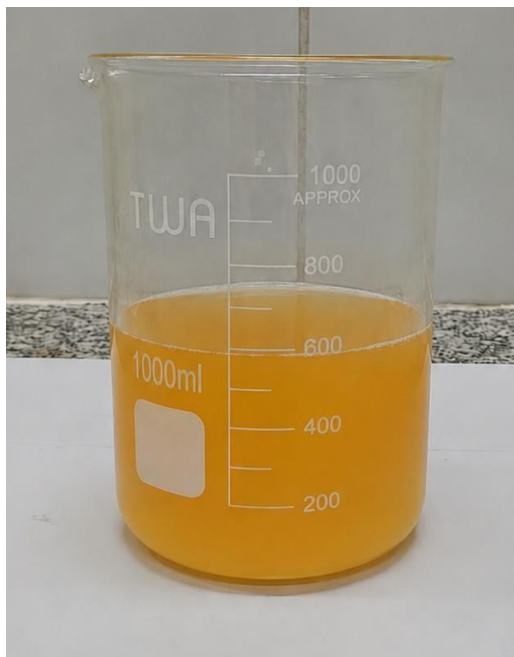
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 10 – Ácido cítrico utilizado



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

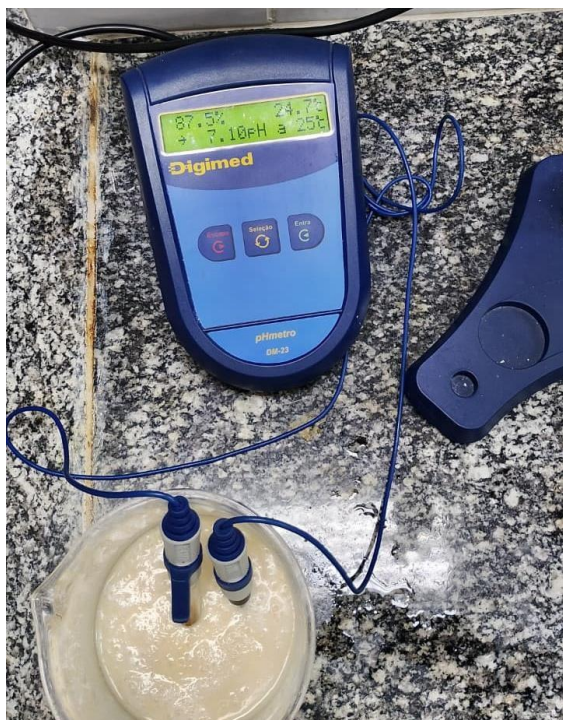
Figura 11 - Detergente antes da adição de ácido cítrico



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

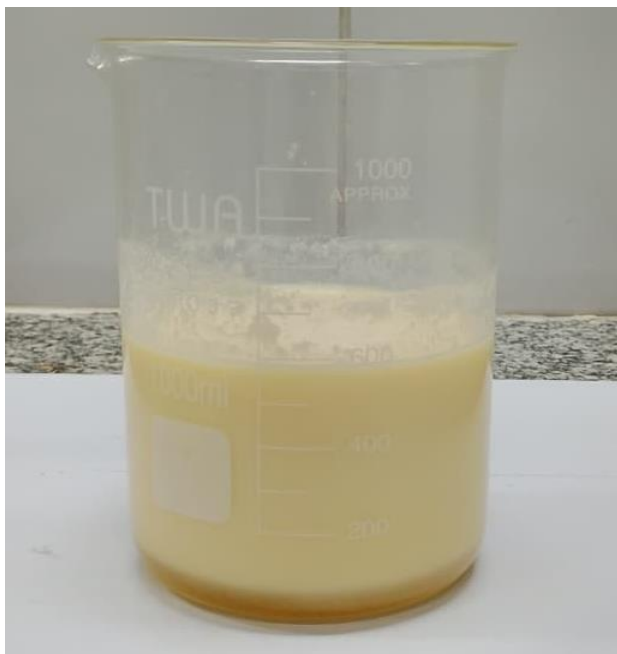
Ao final do processo de correção, foram utilizados aproximadamente 14 g de ácido cítrico, buscando-se obter um pH mais próximo da neutralidade, ficando com um pH de 7,10 conforme visto na Figura 11,10, 12, 13 e 14.

Figura 12 – pH pós da adição de ácido cítrico



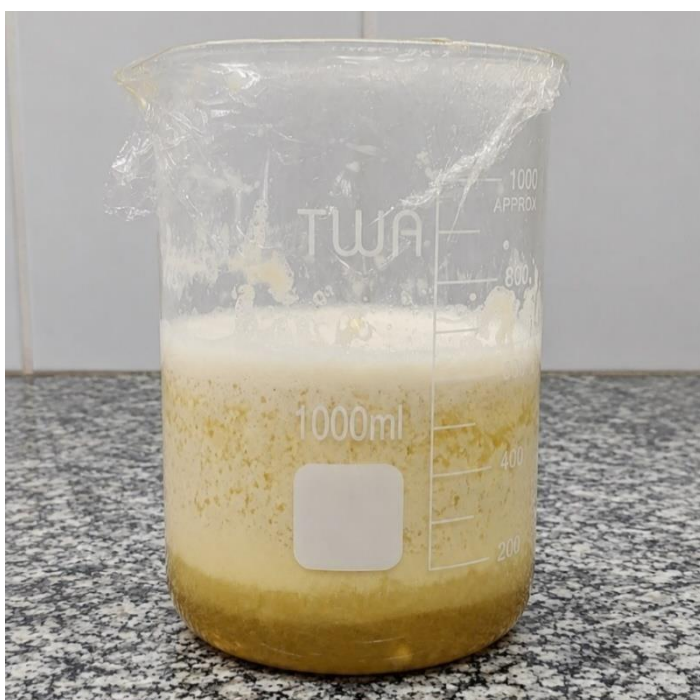
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 13 – Detergente sustentável com o pH neutro



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 14 – Detergente pós diminuição do pH com separação de fases



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

De acordo com Atkins e Jones (2018), os sais de ácidos graxos formados durante a reação de saponificação apresentam maior estabilidade em meio alcalino. Dessa forma, o detergente produzido por meio da saponificação do óleo residual de fritura apresentou elevada alcalinidade devido ao excesso de Soda cáustica. Embora tenha sido realizada a correção do pH com ácido

cítrico, observou-se que a redução excessiva da alcalinidade promoveu a separação de fases da formulação. Assim, verificou-se experimentalmente que valores de pH próximos a 9 ou 10 favoreceram a estabilidade do produto, enquanto reduções excessivas comprometeram suas características físico-químicas.

Em razão desse comportamento, foi preparado um novo lote contendo aproximadamente 300 ml de detergente sustentável. Após a medição do pH inicial e a adição controlada de ácido cítrico, obteve-se um pH final de 9,5. Diferentemente do observado na primeira tentativa, a formulação permaneceu estável, sem apresentar separação de fases. Esse resultado indica que a redução moderada da alcalinidade favoreceu a manutenção das características físico-químicas do detergente, mantendo-o dentro de uma faixa de pH mais adequada para sua utilização. Conforme visto na figura 15.

Figura 15 – pH após a adição de ácido cítrico



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 16 – Resultado final do detergente



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

5.2.2 Viscosidade

O teste de viscosidade (Figura17) foi realizado de forma comparativa utilizando um funil de vidro de 100 mm para avaliar o tempo de escoamento das amostras.

Figura 17 – Suporte com funil para o teste de viscosidade



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Para cada amostra, foram realizadas medições sucessivas do tempo de escoamento, sendo posteriormente calculada a média aritmética dos valores obtidos com o objetivo de reduzir possíveis erros experimentais e aumentar a confiabilidade dos resultados.

Esse ensaio permitiu uma avaliação qualitativa da viscosidade dos detergentes, considerando que amostras com maior tempo de escoamento apresentam maior resistência ao fluxo e, conseqüentemente, maior viscosidade aparente. Por outro lado, amostras que escoam em menor tempo tendem a apresentar menor viscosidade.

Os resultados obtidos permitiram comparar o comportamento físico do detergente sustentável em relação aos detergentes comerciais analisados, fornecendo informações sobre a influência da composição de cada formulação em sua capacidade de escoamento conforme visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Viscosidade dos detergentes analisados

AMOSTRAS	T1 (S)	T2 (S)	T3 (S)	MÉDIA DE T (S)	NÍVEL DE VISCOSIDADE
Sustentável	03,94	03,67	03,55	03,72	Viscosidade baixa
Amostra A	36,51	32,07	31,43	33,33	Viscosidade média
Amostra B	45,54	42,86	43,06	43,82	Viscosidade alta

Fonte: Arquivo pessoal (2026)

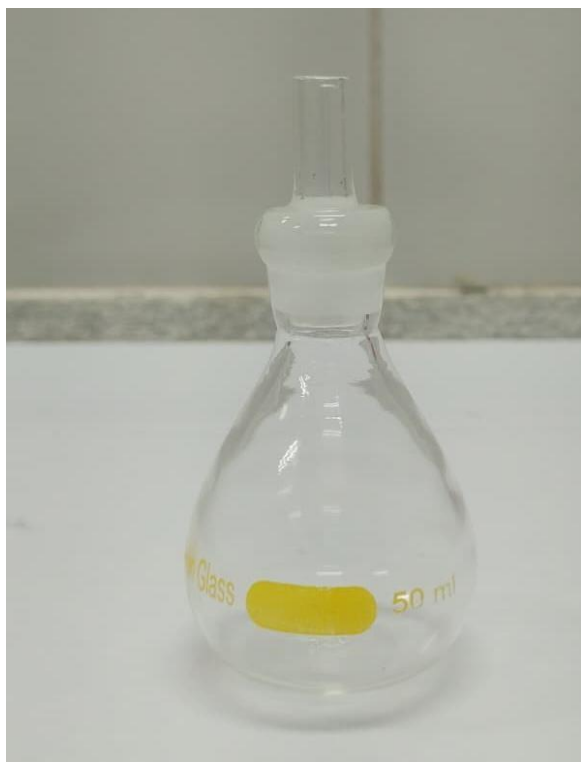
De acordo com a Tabela 3, o detergente sustentável foi o que apresentou o menor valor de viscosidade, com tempo médio de 3,72 s. Já a Amostra A apresentou valor intermediário (33,33 s) e a Amostra B apresentou a maior viscosidade (43,82 s). Isso mostra que o detergente sustentável é mais líquido e escoa com mais facilidade quando comparado às demais amostras. Essa diferença pode estar relacionada aos ingredientes utilizados em sua formulação. Apesar de ser menos viscoso, isso não significa que o produto tenha menor capacidade de limpeza. Além disso, por possuir uma composição mais simples e com menor quantidade de aditivos, o detergente sustentável pode representar uma alternativa mais sustentável em relação aos detergentes comerciais.

5.2.3 Teste de densidade

A determinação da densidade foi realizada com o objetivo de comparar as propriedades físicas do detergente sustentável e dos detergentes comerciais. Esse parâmetro permite avaliar diferenças relacionadas à composição e à concentração dos componentes presentes em cada formulação.

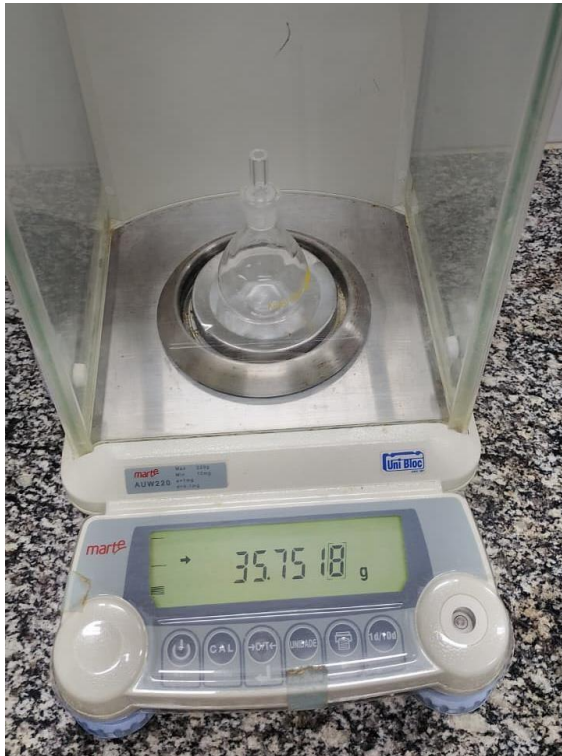
Para a determinação da densidade, utilizou-se um picnômetro de 50 ml e uma balança analítica. Inicialmente, foi determinada a massa do picnômetro vazio (Figura 18). Em seguida, foram realizadas as pesagens do picnômetro preenchido com água destilada (Figura 19), detergente sustentável (Figura 20), detergente comercial A (Figura 21) e detergente comercial B (Figura 23).

Figura 18 – Picnômetro utilizado



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 19 – Massa do picnômetro vazio



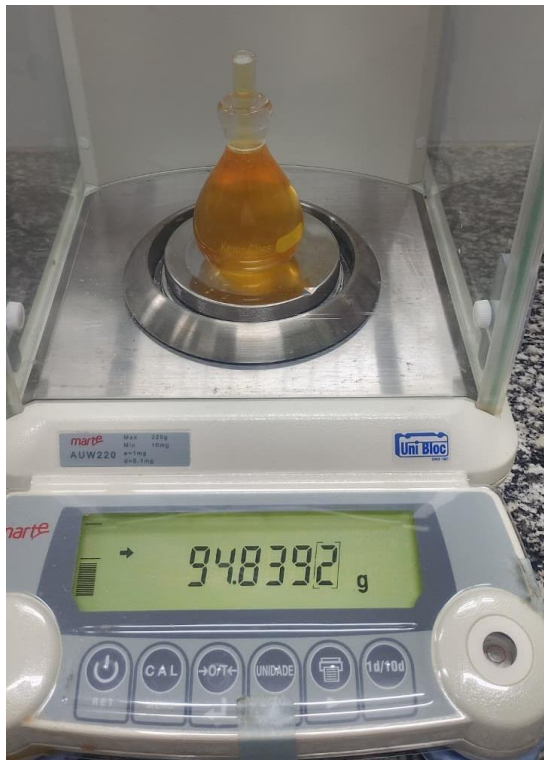
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 20 – Massa do picnômetro + água destilada



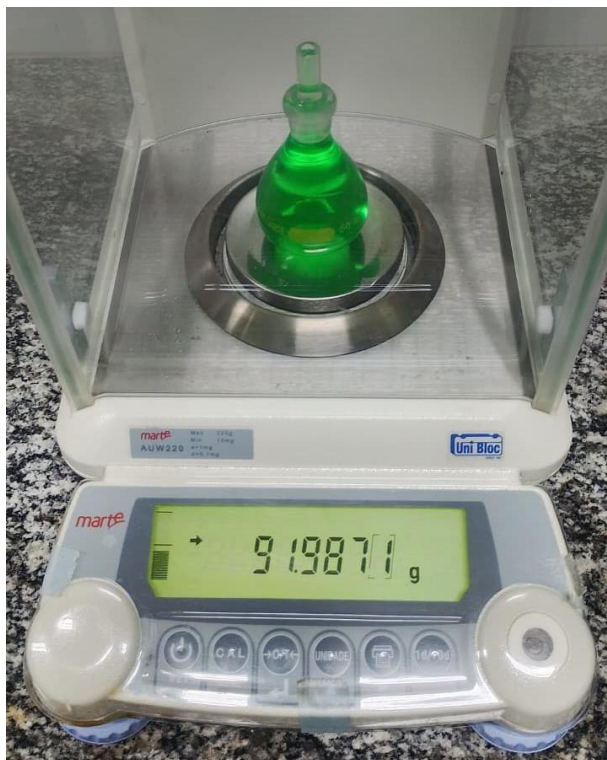
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 21 – Massa do picnômetro + detergente biodegradável



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 22 – Massa do picnômetro + amostra A



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 23 – Massa do picnômetro + amostra B



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Os valores obtidos foram utilizados para o cálculo da densidade relativa e da densidade absoluta das amostras, cujos resultados estão sistematizados na Tabela 4.

Tabela 4 - Massas encontradas

DETERMINAÇÃO	MASSA (g)
Picnômetro vazio	35,75
Massa do picnômetro + água destilada	90,79
Massa do picnômetro + detergente sustentável	94,84
Massa do picnômetro + amostra A	91,98
Massa do picnômetro + amostra B	95,54

Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Substituindo nos valores encontrados, temos:

Para o Sustentável:

$$\rho_{\text{precológico}} = \frac{(94,84) - (35,75)}{(90,79) - (35,75)} = \frac{59,09}{55,04} = 1,07$$

Para amostra A:

$$\rho_{\text{amostraA}} = \frac{(91,98) - (35,75)}{(90,79) - (35,75)} = \frac{56,23}{55,04} = 1,02$$

Para amostra B:

$$\rho_{\text{amostraB}} = \frac{(95,54) - (35,75)}{(90,79) - (35,75)} = \frac{59,79}{55,04} = 1,09$$

Em seguida, a densidade absoluta de cada amostra foi determinada multiplicando-se a densidade relativa pela densidade da água à temperatura de 25 °C, cujo valor é tabelado (0,997).

Dessa forma, foi possível obter a densidade final do detergente ecológico e dos detergentes convencionais analisados, permitindo a comparação entre suas propriedades físicas.

Segue a fórmula:

$$\rho_{\text{detergente}} = \rho_{\text{rel}} \times \rho_{\text{H}_2\text{O}} (\text{à } 25 \text{ °C})$$

Resultados das densidades encontradas em g/ml:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ecológico}} &= 1,07 \times 0,997 = 1,067 \text{ g/ml} \\ \rho_{\text{amostraA}} &= 1,02 \times 0,997 = 1,011 \text{ g/ml} \\ \rho_{\text{amostraB}} &= 1,09 \times 0,997 = 1,086 \end{aligned}$$

Observam-se, na Tabela 5, os valores de densidade relativa e densidade absoluta obtidos para cada detergente analisado. Verifica-se que a Amostra B apresentou os maiores valores de densidade, enquanto a Amostra A apresentou os menores. O detergente ecológico apresentou valores intermediários, demonstrando características físicas próximas às dos detergentes comerciais avaliados. As diferenças observadas podem estar relacionadas à composição de cada produto e à concentração de seus componentes, influenciando diretamente suas propriedades físico-químicas.

Tabela 5 - Densidades encontradas

AMOSTRA	DENSIDADE RELATIVA	DENSIDADE (g/ml)
Sustentável	1,07	1,067
Amostra A	1,02	1,01
Amostra B	1,09	1,086

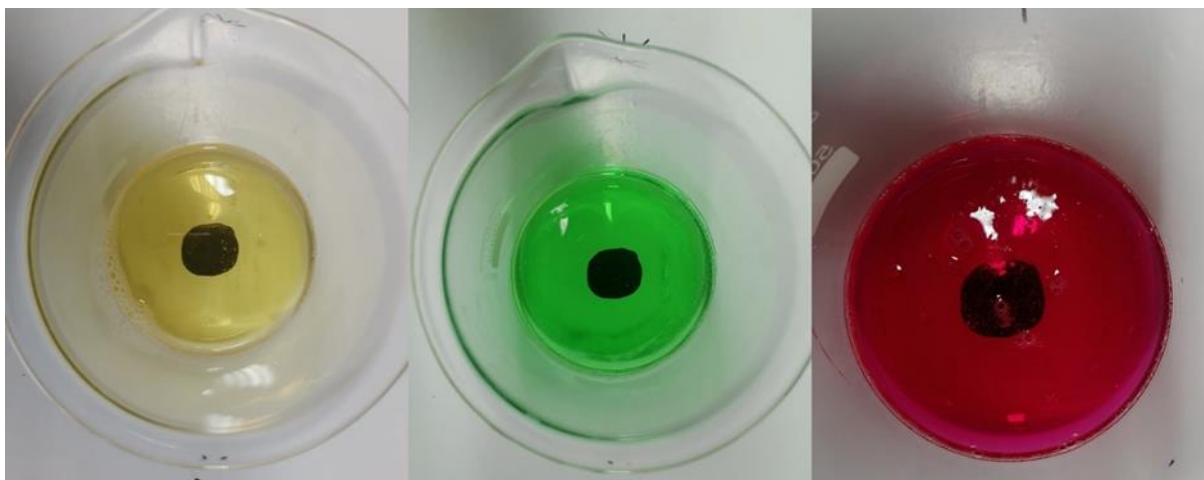
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Os resultados obtidos demonstraram que as densidades das amostras analisadas apresentaram valores próximos entre si, variando de 1,01 g/ml a 1,086 g/ml. O detergente sustentável apresentou densidade de 1,067 g/ml, valor intermediário em relação aos detergentes comerciais A e B. Essas pequenas diferenças podem estar relacionadas à composição e à concentração dos componentes presentes em cada formulação. De modo geral, o detergente sustentável apresentou comportamento semelhante aos produtos comerciais avaliados, indicando que a utilização de óleo residual de fritura de cozinha não comprometeu significativamente essa propriedade.

5.2.4 Teste de turbidez

Os resultados do teste de turbidez demonstraram que as três amostras permitiram a visualização do ponto de referência posicionado abaixo dos béqueres, indicando ausência de turbidez elevada nas formulações analisadas (Figura 24). Entretanto, observou-se que o detergente comercial B apresentou menor nitidez na visualização do ponto quando comparado às demais amostras. Esse comportamento pode estar relacionado à maior intensidade da coloração vermelha da formulação, que dificulta a passagem da luz e a observação do ponto de referência. Já o detergente sustentável e o detergente comercial A apresentaram comportamento semelhante, permitindo visualização satisfatória do ponto utilizado no ensaio.

Figura 24 – Avaliação da turbidez dos detergentes analisados



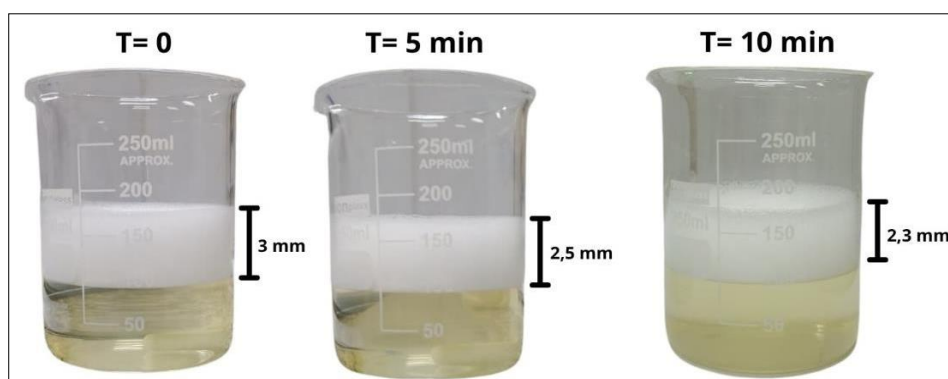
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

5.2.5 Teste de espumação

O teste de espumação foi realizado com o objetivo de avaliar a capacidade de formação e a estabilidade da espuma produzida pelas diferentes formulações analisadas (Figura 25,26 e 27). Para o ensaio, foi utilizada uma diluição na proporção de 1:10, composta por 10 ml de detergente e 90 ml de água destilada.

As soluções foram preparadas em béqueres individuais para cada amostra e submetidas à agitação utilizando um agitador magnético, sem aquecimento, durante 30 segundos. Após a agitação, foi realizada a avaliação da altura da espuma formada. A estabilidade da espuma foi monitorada ao longo do tempo, sendo realizadas medições imediatamente após a agitação (0 segundos), após 5 minutos e após 10 minutos. Em cada intervalo, a altura da espuma foi medida e registrada, permitindo a comparação entre o detergente sustentável e os detergentes comerciais A e B.

Figura 25 – Medidas de espumação do detergente biodegradável



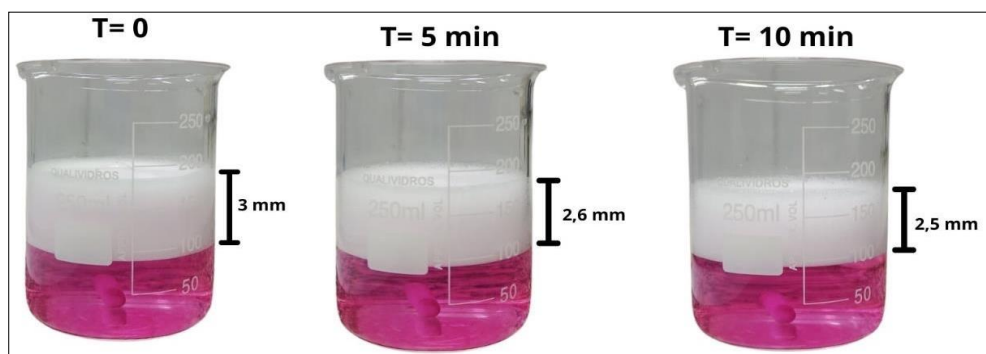
Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 26 – Medidas de espumação da amostra A



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Figura 27 - Medidas de espumação da amostra B



Fonte: Arquivo pessoal (2026)

Os resultados do teste na tabela 6 de espumação demonstraram diferenças na capacidade de formação e na estabilidade da espuma entre as amostras analisadas. O detergente sustentável apresentou altura inicial de espuma de 3,0 cm, reduzindo para 2,5 cm após 5 minutos e 2,3 cm após 10 minutos. O detergente comercial A apresentou os menores valores durante todo o ensaio, variando de 2,0 cm para 1,5 cm ao final do período de observação. Por sua vez, o detergente comercial B apresentou desempenho semelhante ao detergente sustentável, mantendo alturas de espuma de 3,0 cm, 2,6 cm e 2,5 cm nos tempos de 0, 5 e 10 minutos, respectivamente. De modo geral, os resultados da Tabela 6 indicam que o detergente sustentável apresentou boa capacidade de formação e manutenção da espuma, com desempenho próximo ao detergente comercial B e superior ao detergente comercial A.

Tabela 6 - Nível de espuma

AMOSTRA	ESPUMA INICIAL 0 MINUTOS	ESPUMA APÓS 5 MINUTOS	ESPUMA APÓS 10 MINUTOS
Sustentável	3 mm	2,5 mm	2,3 mm
Amostra A	2 mm	1,6 mm	1,5 mm
Amostra B	3 mm	2,6 mm	2,5mm

Fonte: Arquivo pessoal (2026)

5.3 Aspectos ambientais e do potencial de biodegradabilidade do detergente produzido.

A utilização desse resíduo apresenta significativa relevância ambiental, uma vez que parte do óleo gerado seria descartada inadequadamente no sistema de esgoto, podendo ocasionar impactos negativos ao meio ambiente e aos sistemas de saneamento. Outra parcela desse resíduo é destinada à produção artesanal de sabões, demonstrando seu potencial de reaproveitamento.

O descarte inadequado de óleo residual de fritura pode provocar obstruções em tubulações, aumento dos custos de manutenção das redes de esgoto e contaminação de corpos hídricos. Dessa forma, sua utilização como matéria-prima para a produção de detergentes representa uma alternativa sustentável, contribuindo para a redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado desse resíduo. A produção do detergente sustentável também favorece a valorização de resíduos que anteriormente seriam descartados, promovendo sua reinserção em um novo ciclo produtivo. Essa prática está diretamente relacionada aos princípios da sustentabilidade e da economia circular, que buscam maximizar o aproveitamento dos recursos e minimizar a geração de resíduos.

A formulação desenvolvida foi composta por óleo residual de fritura de cozinha, soda cáustica, álcool anidro 99,3% e essência natural. Em comparação aos detergentes comerciais analisados, a principal vantagem ambiental do produto desenvolvido está associada ao aproveitamento de uma matéria-prima residual, reduzindo a necessidade de utilização exclusiva de insumos industriais para sua fabricação.

Não foram realizados ensaios experimentais para determinação da biodegradabilidade do detergente produzido. A ausência desse teste está relacionada à complexidade metodológica da análise, que requer procedimentos padronizados, controle rigoroso das condições experimentais

e infraestrutura laboratorial específica para obtenção de resultados confiáveis. Dessa forma, a biodegradabilidade do produto não pôde ser determinada experimentalmente neste estudo.

Entretanto, considerando que a formulação foi produzida a partir de óleo vegetal residual submetido ao processo de saponificação, pode-se inferir, com base na literatura, que o detergente apresenta potencial de biodegradabilidade. Contudo, essa hipótese deve ser confirmada por meio de estudos futuros utilizando métodos padronizados de avaliação, permitindo uma análise mais precisa do comportamento ambiental da formulação desenvolvida.

Assim, os resultados obtidos indicam que o detergente sustentável apresenta potencial como alternativa sustentável para o aproveitamento do óleo residual de fritura de cozinha, contribuindo para a redução de impactos ambientais associados ao descarte inadequado desse resíduo e incentivando práticas de reaproveitamento e valorização de materiais que normalmente seriam considerados descartes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar um detergente sustentável produzido a partir de óleo de cozinha residual, buscando uma alternativa sustentável para o reaproveitamento desse resíduo. A utilização do óleo residual de fritura mostrou-se uma estratégia viável para reduzir os impactos ambientais associados ao descarte inadequado desse material, contribuindo para práticas relacionadas à sustentabilidade e à economia circular.

Os resultados obtidos demonstraram que o detergente produzido apresentou características físico-químicas compatíveis com sua aplicação como produto de limpeza. Os ensaios de densidade, viscosidade, turbidez e espumação permitiram comparar o desempenho da formulação ecológica com dois detergentes comerciais comercializados, evidenciando resultados satisfatórios em diversos parâmetros avaliados.

Em relação ao pH, observou-se inicialmente elevada alcalinidade da formulação, característica comum em produtos obtidos por saponificação. Entretanto, ajustes posteriores permitiram obter um pH de 9,5, valor mais adequado para utilização do produto e manutenção de sua estabilidade.

Apesar dos resultados promissores, algumas limitações foram identificadas durante o desenvolvimento do estudo, principalmente relacionadas à ausência de ensaios laboratoriais específicos para avaliação da biodegradabilidade e de análises mais aprofundadas das propriedades reológicas da formulação. Dessa forma, recomenda-se que trabalhos futuros realizem testes padronizados de biodegradabilidade, eficiência de limpeza e estabilidade em longo prazo, visando ampliar o conhecimento sobre o desempenho do detergente produzido.

Por fim, conclui-se que o detergente sustentável desenvolvido apresentou potencial para utilização como alternativa sustentável aos detergentes comerciais, além de contribuir para o reaproveitamento de óleo residual de fritura de cozinha e para a redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado desse resíduo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PRODUTOS DE HIGIENE, LIMPEZA E SANEANTES, ABLIPA. Anuário 2023. 18. ed. São Paulo: ABIPLA, 2023. Disponível em: https://abipla.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Anuario-Abipla2023_c.pdf

AMASS, W.; AMASS, A.; TIGHE, B. A review of biodegradable polymers: uses, current developments in the synthesis and characterization of biodegradable polyesters, blends of biodegradable polymers and recent advances in biodegradation studies. Polymer International, v. 47, p. 89-144, 1998. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-review-of-biodegradable-polymers%3Auses%2C-current-Amass-Amass/8c47ee51c003baf76f087f1ebc0a7b80f5dad8df>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, ANVISA Portal da ANVISA. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 14 mar. 2026.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018. Disponível em: <https://acervus.unicamp.br/Acervo/Detalhe/838065?returnUrl=/Home/Index&guid=1711324808013>

BORSATO, D.; MOREIRA, I.; GALÃO, O. F. Detergentes naturais e sintéticos: um guia técnico. 2. ed. Londrina: EDUEL, 2004. Disponível em: <https://www.indicalivros.com/livros/detergentes-naturais-e-sinteticos-um-guia-tecnico-dionisio-borsato-ivanira-moreira-olivio-fernandes-galao>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL. Resolução Normativa n.º 1, de 27 de novembro de 1978. Normas sobre detergentes e seus congêneres. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1978. Disponível em: <https://share.google/BpA4kXVKI6fSVRNqq>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL. Resolução RDC n.º 184, de 22 de outubro de 2001. Dispõe sobre o registro de produtos saneantes domissanitários e afins, considerando avaliação e gerenciamento de risco. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2001. Disponível em: <https://share.google/Jr3CVjsVIYWBUhG6A>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL. Resolução RDC n.º 225, de 25 de agosto de 2003. Institui o modelo de certificado de boas práticas de fabricação para saneantes domissanitários e modelo de formulário de petição. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2003. Disponível em: <https://share.google/8mj1BNagGQdSziF5x>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL. Resolução RDC n.º 252, de 16 de setembro de 2003. Proíbe a fabricação, distribuição ou comercialização de

produtos que contenham benzeno em sua composição. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2003. Disponível em: <https://share.google/cnMWWpZbLtkC7176Q>
 AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL. Resolução RDC n.º 40, de 5 de junho de 2008. Dispõe sobre saneantes com ação antimicrobiana. Diário Oficial da União:Brasília, DF, 2008. Disponível em:
<https://share.google/pZaw0HsJe2qnXuw95>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL. Resolução RDC n.º 55, de 11 de novembro de 2012. Dispõe sobre detergentes enzimáticos de uso restrito em estabelecimentos de saúde. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2012.
 Disponível em: <https://share.google/n14ILES3TGY0oEglh>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, BRASIL. Resolução RDC n.º 694, de 20 de maio de 2022. Dispõe sobre os requisitos para regularização de produtos de limpeza e saneantes. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2022.
 Disponível em: <https://share.google/AbrhGZpVloG8bzkfG>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE,
 BRASIL. Resolução n.º 001, de 23 de janeiro de 1986.
 Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a
 avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da
 União: Brasília, DF, 1986. Disponível em:
<https://share.google/vNosVmWlgZZXTqW4X>

CASTRO, Heizir F. de. Sabões e detergentes. Lorena: Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, 2009.
<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840556/434/apostila6Detergentes2009%5B1%5D.pdf>

DALTIN, Décio. Tensoativos: química, propriedades e aplicações. São Paulo: Blucher, 2011.
<https://share.google/ripIUHcV1YU6H9f68>

DIÓGENES, David Oliveira. Fabricação de detergente como tema gerador de ensino e aprendizagem em química. 2017. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
<https://share.google/Uf4lMN4CvSw9YtND>

FARIAS, Teddy M. Fabricação de sabões e materiais de limpeza utilizando óleos de plantas nativas e gorduras recicladas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 5., 2007. Anais [...]. Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
<https://share.google/qxWjZYBIU5fYcCRwE>

MARTINS, R. C.; SILVA, A. P.; OLIVEIRA, J. L. Formulação de detergentes biodegradáveis: avanços e desafios na química verde. Revista Virtual de Química, v. 13, n. 2, p. 512-530, 2021. <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/issue/view/83>

PENTEADO, José Carlos Pires. Desenvolvimento e aplicação do método analítico para a determinação de LAB em detergentes por SPME-GC/MS. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. <https://share.google/uoI9WQSZPs8YK4T0u>

PEREIRA, Francisco Sávio Gomes. Processos químicos industriais. Recife: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2012. <https://share.google/Gg7DhFk7zwZLNWDBm>

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. Química na abordagem do cotidiano. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2006. <https://share.google/VZXPpI2bGAo9eZHfJ>

QUEVEDO, C. M.; PAGANINI, W. S. Fósforo em detergentes domésticos: implicações ambientais e alternativas sustentáveis. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 4, p. 789798, 2018. <https://share.google/EX2pMF3dxFhVBqM4j>

SANTOS, Lucicleitor Oliveira; MELO, Grazielma Ferreira de. Estudo comparativo e integrativo de detergentes ecológicos produzidos a partir de matérias-primas renováveis. Revista Brasileira de Processos Químicos, Campinas, v. 3, n. 2, p. 1-79, 2022. <https://fateccampinas.com.br/rbpq/index.php/rbpq/article/download/35/24>

SHREVE, R. Norris; BRINK JR., Joseph A. Indústrias de processos químicos. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. https://pt.scribd.com/document/379757506/Industrias-de-Processos-Quimicos-4%C2%AA-Ed?utm_source=chatgpt.com

VIDAL LAURA, Viviana Lourdes; ZORRILLA VIVAR, Nicol Anggi. Efectos de un detergente aniónico con un detergente ecológico sobre los parámetros físico-químicos del agua del río Shullcas-Huancayo-2020. Huancayo, 2020. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10390>