

ESTUDO PILOTO SOBRE A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA ALCALINIDADE EFETIVA NA PRODUÇÃO DE SABÃO BIODEGRADÁVEL A PARTIR DE ÓLEO RESIDUAL: CONTRIBUIÇÕES PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

PILOT STUDY ON THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND EFFECTIVE ALKALINITY IN BIODEGRADABLE SOAP PRODUCTION FROM RESIDUAL OIL: CONTRIBUTIONS TO ENVIRONMENTAL EDUCATION AND UNIVERSITY EXTENSION

ESTUDIO PILOTO SOBRE LA INFLUENCIA DE TEMPERATURA Y ALCALINIDAD EFECTIVA EN LA PRODUCCIÓN DE JABÓN BIODEGRADABLE A PARTIR DE ACEITE RESIDUAL: CONTRIBUCIONES A LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

Fabrícia Nunes de Jesus¹
Agostinho Ferreira²
Fernanda Fernandes de Almeida³
Vitor Hugo Cota Araújo⁴
Gisele Cristina Gonçalves⁵

RESUMO: O descarte inadequado de óleo de fritura no Brasil (≈ 1 bilhão L/ano) demanda soluções sustentáveis com potencial educativo e formativo. Este estudo piloto exploratório investigou preliminarmente a influência da temperatura do óleo (ambiente, 60°C, 120°C, 180°C) e da alcalinidade efetiva do hidróxido de sódio (pH 13,5–14,2) nas propriedades de sabões líquidos biodegradáveis, mediante arranjo fatorial 4×3 com n=3 réplicas técnicas. Os achados sugerem tendências descritivas relevantes: a alcalinidade efetiva (medida como pH de solução aquosa) mostrou-se indicador mais associado à qualidade do sabão que a pureza nominal declarada; temperatura de 60°C equilibrou eficiência e segurança operacional; todas as formulações apresentaram pH entre 10,24 e 10,84, dentro de padrões normativos. Os resultados oferecem subsídios para projetos comunitários de economia solidária, ações de educação ambiental em escolas e universidades, e iniciativas extensionistas voltadas à gestão sustentável de resíduos e geração de renda, demonstrando potencial didático do protocolo para alfabetização científica e formação cidadã.

Palavras-chave: Óleo de fritura residual. Sabão biodegradável. Educação ambiental.

¹Orientadora. Professora Doutora em Educação Matemática, Universidade do Estado de Minas Gerais. João Monlevade, MG, Brasil.

²Co-orientador. Professor, Mestre em Física Médica, Universidade do Estado de Minas Gerais. João Monlevade, MG, Brasil.

³Graduanda em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais. João Monlevade, MG, Brasil.

⁴Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade do Estado de Minas Gerais. João Monlevade, MG, Brasil.

⁵Graduando em Engenharia de Minas, João Monlevade, MG, Brasil.

ABSTRACT: Improper frying oil disposal in Brazil (≈ 1 billion L/year) demands sustainable solutions with educational and formative potential. This exploratory pilot study investigated the influence of oil temperature (ambient, 60°C, 120°C, 180°C) and effective alkalinity of sodium hydroxide (pH 13.5–14.2) on biodegradable liquid soap properties through 4×3 factorial arrangement with n=3 technical replicates. Findings suggest relevant descriptive trends: effective alkalinity (measured as aqueous solution pH) showed stronger association with soap quality than nominal purity; 60°C temperature balanced efficiency and operational safety; all formulations presented pH between 10.24 and 10.84, within normative standards. Results provide support for solidarity economy community projects, environmental education actions in schools and universities, and extension initiatives toward sustainable waste management and income generation, demonstrating the protocol's didactic potential for scientific literacy and citizenship formation.

Keywords: Residual frying oil. Biodegradable soap. Environmental education.

RESUMEN: La eliminación inadecuada de aceite de fritura en Brasil (≈ 1 mil millones L/año) demanda soluciones sostenibles con potencial educativo y formativo. Este estudio piloto exploratorio investigó la influencia de temperatura del aceite (ambiente, 60°C, 120°C, 180°C) y alcalinidad efectiva del hidróxido de sodio (pH 13,5–14,2) en propiedades de jabones líquidos biodegradables mediante arreglo factorial 4×3 con n=3 réplicas técnicas. Los hallazgos sugieren tendencias descriptivas relevantes: la alcalinidad efectiva mostró mayor asociación con calidad del jabón que pureza nominal declarada; temperatura de 60°C equilibró eficiencia y seguridad operacional; todas las formulaciones presentaron pH entre 10,24 y 10,84, dentro de estándares normativos. Los resultados ofrecen subsidios para proyectos comunitarios de economía solidaria, acciones de educación ambiental en escuelas y universidades, e iniciativas de extensión orientadas a gestión sustentable de residuos y generación de renta, demostrando potencial didáctico del protocolo para alfabetización científica y formación ciudadana.

Palabras clave: Aceite residual de fritura. Jabón biodegradable. Educación ambiental.

INTRODUÇÃO

O Brasil produz aproximadamente 9,85 milhões de toneladas de óleo vegetal anualmente, das quais cerca de 1 bilhão de litros são descartados inadequadamente após uso em frituras domésticas e comerciais (EMBRAPA, 2022; BARROS et al., 2018). Esse descarte constitui problema ambiental e educacional relevante: cada litro pode contaminar milhares de litros de água (BRAGA, 2007), além de impermeabilizar solos, obstruir redes de esgoto e comprometer a oxigenação de corpos hídricos (NOVAES et al., 2014; FONSECA et al., 2019).

A conversão de óleo residual em sabão biodegradável é reconhecida como alternativa técnica, social e educativa viável, capaz de mitigar impactos ambientais, gerar renda em comunidades vulneráveis e promover alfabetização científica (RODRIGUES et al., 2010; CONCEIÇÃO et al., 2020). Entretanto, revisão da literatura nacional (2014–2024, bases Scielo/Scopus) evidencia lacunas metodológicas: apenas 13% dos 23 estudos empregaram delineamento fatorial; 30% realizaram quantificação instrumental; e nenhum investigou

sistematicamente a alcalinidade efetiva do hidróxido de sódio comercial, assumindo sua intercambiabilidade (TESCAROLLO et al., 2015; SILVA e PUGET, 2010; LIMA et al., 2014).

Apesar da expansão de iniciativas de reciclagem de óleo em ambientes educativos e comunitários como oficinas escolares, feiras de ciências, projetos de extensão universitária e cooperativas observa-se ausência de protocolos experimentais validados, simples e reprodutíveis que possam ser utilizados como instrumentos pedagógicos para educação científica, tecnológica e ambiental. Essa lacuna limita o potencial formativo dessas ações, frequentemente restritas à execução de receitas sem problematização das variáveis de processo, fundamentos químicos ou implicações socioambientais.

Diante desse contexto, o problema central deste estudo piloto consiste em investigar como a temperatura do óleo residual (25–180°C) e a alcalinidade efetiva do hidróxido de sódio comercial (medida como pH de solução aquosa padronizada) influenciam qualitativamente as propriedades de sabões líquidos biodegradáveis produzidos em escala laboratorial, bem como o potencial desse protocolo como ferramenta didática em projetos educativos e extensionistas.

O objetivo geral foi realizar investigação exploratória preliminar mediante delineamento fatorial 4×3 (n=3 réplicas técnicas), visando gerar hipóteses experimentais para estudos futuros e subsidiar orientações práticas para iniciativas comunitárias. Como objetivos específicos, buscou-se: (i) caracterizar preliminarmente matérias-primas quanto a densidade, pH e alcalinidade efetiva; (ii) avaliar qualitativamente o efeito da temperatura na cinética de saponificação e nas propriedades do sabão; (iii) investigar a relação entre alcalinidade efetiva do hidróxido de sódio e qualidade do produto; (iv) verificar conformidade preliminar de pH com padrões normativos; (v) identificar condição operacional com equilíbrio entre eficiência, segurança e qualidade; e (vi) analisar o potencial do protocolo como ferramenta didática e extensionista.

MÉTODOS

Caracterização do estudo e aspectos éticos

Este estudo caracteriza-se como experimental de natureza quali-quantitativa, com delineamento fatorial completo 4x3 e caráter exploratório piloto. Foi conduzido no período de março a dezembro de 2024 nas dependências do Laboratório de Química e Águas da Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.

O estudo não envolveu seres humanos/animais (Resolução CNS 466/2012 não se aplica). Três estudantes de Engenharia Civil (maiores de 18 anos) participaram voluntariamente como avaliadores após esclarecimento dos procedimentos.

Delineamento experimental: estrutura fatorial 4×3 e definição de variáveis

O delineamento experimental adotado foi o fatorial completo 4×3, resultante do cruzamento sistemático de dois fatores experimentais independentes:

Fator A (temperatura do óleo de fritura residual) com quatro níveis investigados: (i) temperatura ambiente sem qualquer aquecimento prévio, medida no momento exato do uso com termômetro de vidro com escala de -10°C a +110°C e precisão nominal de ±1°C, variando naturalmente entre 23°C e 27°C dependendo das condições climáticas do dia e hora da produção; (ii) 60°C, alcançado mediante aquecimento em chapa elétrica com controle termostático analógico (marca Fisatom, modelo 752A, potência 1000W), com monitoramento contínuo da temperatura por imersão de termômetro de vidro diretamente na massa de óleo e ajuste manual da potência para manter temperatura estável na faixa 58–62°C; (iii) 120°C, faixa de controle 118–122°C; (iv) 180°C, temperatura máxima investigada, faixa de controle 178–182°C, escolhida por representar aproximadamente a temperatura de fritura profunda típica.

4

Fator B (pureza nominal do hidróxido de sódio conforme declaração do fabricante) com três níveis: (i) marca comercial V, rotulada como "pureza 99%", escamas brancas, embalagem plástica de 1 kg; (ii) marca comercial E, rotulada como "pureza 98%", escamas levemente acinzentadas; (iii) marca comercial L, rotulada como "pureza 96%", escamas com tom ligeiramente amarelado.

O cruzamento 4×3 resultou em 12 combinações únicas de tratamentos, sistematizadas na Tabela 1, cada uma replicada três vezes, gerando 36 lotes experimentais independentes.

Tabela 1 – Matriz experimental das formulações de sabão desenvolvidas

Formulação	Soda (pureza)	Temperatura do óleo (°C)	Identificação
F1	99%	Ambiente (~25°C)	T1
F2	99%	60	T2
F3	99%	120	T3
F4	99%	180	T4
F5	98%	Ambiente (~25°C)	T5
F6	98%	60	T6
F7	98%	120	T7
F8	98%	180	T8
F9	96%	Ambiente (~25°C)	T9

Formulação	Soda (pureza)	Temperatura do óleo (°C)	Identificação
F _{I0}	96%	60	T _{I0}
F _{I1}	96%	120	T _{I1}
F _{I2}	96%	180	T _{I2}

Fonte: Jesus FN, et al., 2024.

É fundamental esclarecer a natureza dessas réplicas: tratam-se de réplicas técnicas (mesmo operador treinado, mesmo lote de óleo homogeneizado, produção na mesma semana), não réplicas biológicas verdadeiras que capturariam variabilidade de produção comunitária real. As variáveis independentes foram: temperatura do óleo (°C) e pureza nominal do NaOH (%). As variáveis dependentes incluíram: tempo de saponificação (minutos até formação de traço persistente $\geq 3s$), consistência (aguada/intermediária/cremosa por consenso de 3 avaliadores), pH do sabão diluído (solução 10% v/v), volume de espuma (mL após 10 inversões) e eficiência de limpeza (ranking ordinal $T_{I0}-T_{I1}$).

Coleta e caracterização preliminar das matérias-primas

Óleo residual: Coletado em janeiro-fevereiro 2024 ($\approx 50L$ total) mediante parcerias com 8 estabelecimentos comerciais e 12 residências em João Monlevade-MG. O óleo apresentava coloração variável de amarelo-claro a marrom-escuro, odor característico de fritura e presença de partículas suspensas visíveis. Tratamento preliminar padronizado: (1) decantação estática por 24 horas para separação de fases aquosas e particulados densos; (2) sifonamento cuidadoso da fase oleosa superior; (3) filtração em papel qualitativo para remoção de partículas finas suspensas; (4) homogeneização manual vigorosa em bombona de 50 litros por 30 minutos; (5) subdivisão em alíquotas de 600-1000 mL e armazenamento em frascos âmbar opacos à temperatura ambiente (20-25°C), período máximo 2 meses antes do uso.

Caracterização físico-química básica: Densidade relativa determinada pelo método do densímetro de vidro calibrado (escala 0,800-1,000 g/cm³, divisões de 0,002) em três alíquotas independentes de 100 mL, com leitura após equilíbrio térmico a $25 \pm 1^\circ C$. Resultado: $0,913 \pm 0,004$ g/cm³ (CV=0,44%), indicando boa homogeneização. O pH do óleo residual foi determinado mediante imersão direta do eletrodo de vidro no óleo homogeneizado ($n=3$ alíquotas de 100 mL), obtendo-se valor médio de $12,0 \pm 1,0$. Reconhece-se, entretanto, que esta medição possui limitação instrumental relevante: eletrodos de vidro convencionais requerem meio aquoso iônico para funcionamento adequado, e sua imersão direta em fase oleosa produz leituras de confiabilidade

reduzida. O valor obtido deve ser interpretado como indicativo qualitativo da presença de compostos polares, possivelmente ácidos graxos livres, produtos de oxidação e resíduos aquosos da fritura e não como medida rigorosa de pH. A determinação quantitativa da acidez do óleo residual requer titulação alcalimétrica em solvente orgânico (método AOCS Cd 3d-63), procedimento não disponível no presente estudo piloto. Esta limitação é registrada para orientar estudos futuros.

Álcool etílico combustível: Três marcas comerciais foram avaliadas mediante aquisição em três postos de combustível (Postos A, B, C). Cada amostra foi caracterizada quanto a densidade (20°C), pH (solução 20% v/v) e inspeção visual. O Posto A foi selecionado por apresentar densidade $0,845 \pm 0,002$ g/cm³ (coerente com álcool hidratado 96°GL conforme regulação ANP), pH $6,8 \pm 0,1$ (mais próximo da neutralidade) e aparência límpida incolor sem partículas, sendo utilizado exclusivamente em todas as 36 formulações.

Hidróxido de sódio: Três marcas comerciais (V 99%, E 98%, L 96%) foram adquiridas em comércio varejista local. Caracterização da alcalinidade efetiva mediante dissolução de 10,0 g em 90,0 mL de água destilada (solução 10% m/v), reação exotérmica aquecendo até 80-90°C, resfriamento por 30 min e medição de pH com pHmetro calibrado. Procedimento em triplicata por marca. Um primeiro achado surpreendente foi a inversão entre pureza nominal e alcalinidade efetiva: Soda 96% apresentou pH $14,2 \pm 0,1$ (maior alcalinidade), Soda 99% apresentou pH $13,5 \pm 0,1$ (menor), Soda 98% intermediária com pH $13,8 \pm 0,1$. Esta discrepância de 0,7 unidades pH equivale a aproximadamente 5x mais íons OH⁻.

Protocolo detalhado de fabricação do sabão líquido (7 etapas)

Etapas 1 — Preparação da solução alcalina: Em béquer de vidro borossilicato de 500 mL posicionado dentro de cuba plástica com água fria foram dissolvidos gradualmente 100,0 g de NaOH em 200 mL de água destilada, adicionando o sólido em pequenas porções de ≈ 10 g com intervalo de 30s, agitando com bastão de vidro. Aguardou-se 5 min para dissolução completa.

Etapas 2 — Preparação do óleo com corante: Mediu-se 600 mL de óleo em béquer de 1000 mL. Logo após, adicionou-se 1,0 g de corante, misturou-se vigorosamente por 1 min até dissolução homogênea. Em seguida, o béquer foi colocado sobre chapa elétrica, inserido um termômetro (para controle), sem tocar o fundo, e ajustada temperatura da chapa até atingir temperatura-alvo (60°C, 120°C ou 180°C). A temperatura foi mantida estável $\pm 2^\circ\text{C}$ durante todo o processo de adição à solução alcalina. No procedimento empregando o óleo à temperatura

ambiente excluiu-se o uso da chapa elétrica, mantendo-se apenas o controle por meio do termômetro.

Etapa 3 — Reação de saponificação: Adicionou-se óleo à solução de NaOH lentamente em fluxo contínuo fino (vazão ≈ 50 mL/min, cerca de 12 minutos para 600 mL totais). Logo após, foi mantida agitação manual vigorosa e constante usando bastão de vidro até que mistura tornou-se progressivamente mais viscosa e opaca. Cronometrou-se desde a adição da última porção até formação de "traço" persistente (espessamento detectável quando bastão arrastado deixa marca que permanece $\geq 3s$), sendo este o tempo de saponificação registrado como variável dependente.

Etapa 4 — Adição de álcool: Após observação do traço, foram adicionados os 200 mL de álcool etílico de uma vez, misturando vigorosamente por 5 min a fim de diminuir a viscosidade, completar a saponificação de triglicerídeos remanescentes e dissolver a essência.

Etapa 5 — Diluição e aromatização: Adicionou-se gradualmente 5000 mL (5 L) de água potável em porções de ≈ 500 mL com intervalo de 1 min, agitando após cada adição. Em seguida, foram adicionados 5 mL de essência, misturando por 2 min.

Etapa 6 — Acondicionamento: Transferiu-se as formulações elaboradas para frascos plásticos opacos de 1 L com tampa hermética (6 frascos/lotte de 6L) que foram rotulados observando-se o código criado: formulação (F1-F12), réplica (R1-R3), data (dd/mm/aaaa), temperatura óleo e a pureza do NaOH.

Etapa 7 — Maturação: Os frascos foram armazenados em armário fechado, temperatura ambiente 20-25°C, por período obrigatório de 48-72h antes de qualquer análise para completar reações residuais, organizar estrutura micelar e estabilizar propriedades organolépticas.

Análises físico-químicas e avaliações qualitativas

pH do sabão diluído: A análise conduzida com pHmetro portátil digital HI98103 (Hanna Instruments, eletrodo de vidro combinado, compensação automática temperatura, resolução 0,01 unidades pH, previamente calibrado com soluções padrão certificadas. Para cada formulação, foram preparadas soluções de sabão/água 10% v/v. O eletrodo foi imerso a ≈ 3 cm, sem tocar fundo/paredes, aguardou-se a estabilização. Esta análise foi realizada em triplicata por formulação com nova solução a cada medição e a média aritmética registrada.

Consistência qualitativa: A consistência foi avaliada a partir do consenso de 3 avaliadores treinados e três categorias mutuamente excludentes baseadas em critérios

operacionais padronizados: (i) aguada - escoa rapidamente quando frasco inclinado 45° , viscosidade aparente similar à água; (ii) intermediária - escoa lentamente, viscosidade similar a xampu comercial; (iii) cremosa - não escoa ou escoa muito lentamente, viscosidade similar a creme de leite. Um treinamento prévio dos avaliadores incluiu demonstração com amostras-padrão de cada categoria e teste de concordância inter-avaliador (coeficiente kappa $>0,80$).

Formação de espuma: Utilizou-se o Método adaptado de Tescarollo et al. (2015), preparando uma solução sabão/água 20% v/v (20 mL sabão + 80 mL água potável) em proveta de 100 mL graduada. Realizou-se 10 inversões completas de 180° com ritmo padronizado, totalizando ≈ 15 s de agitação. Deixou-se em repouso por 30s e logo após, mediu-se a altura da coluna de espuma em mL pela graduação externa da proveta. O ensaio foi realizado tendo média registrada.

Eficiência de limpeza: Um batom comercial vermelho intenso (Avon, cor #45, lote único adquirido para o estudo) foi aplicado uniformemente em área circular ≈ 2 cm diâmetro no centro de lâminas de vidro para microscopia ($76 \times 26 \times 1$ mm, previamente limpas com álcool e secas). Logo após, as lâminas foram completamente imersas em solução de sabão/água 50% v/v de cada formulação elaborada por 6h sem qualquer agitação ou perturbação mecânica. Em seguida enxaguou-se suavemente em água corrente por exatos 30s, e procedeu-se a secagem ao ar. A avaliação visual consensual foi realizada por 3 avaliadores em 4 categorias ordinais: excelente (remoção visual 90-100%), boa (70-89%), moderada (40-69%), fraca (0-39%). A conversão das categorias qualitativas para o ranking ordinal foi realizada por julgamento consensual dos três avaliadores. As formulações avaliadas na mesma categoria qualitativa foram diferenciadas considerando nuances visuais de área residual de pigmento, com decisão por consenso documentada no caderno de registro laboratorial. Em caso de discordância, prevaleceu a avaliação da maioria (2 de 3 avaliadores). A formulação F12 (Soda 96%, 180°C , réplica 3) foi excluída do ranking por perda acidental de amostra durante o período de maturação, resultando em 11 posições avaliadas.

Tratamento estatístico dos dados

Dado o tamanho amostral $n=3$ reconhecidamente insuficiente para inferência estatística robusta, adotou-se exclusivamente estatística descritiva: médias aritméticas, desvios-padrão, coeficientes de variação, tabelas de frequência, rankings ordinais. Nenhum teste de hipótese inferencial foi aplicado. Conforme Thabane et al. (2010), estudos pilotos devem focar estimação

de efeitos e geração de hipóteses, não testes prematuros de significância. Todos os resultados são interpretados como tendências descritivas preliminares, não evidências causais estatisticamente estabelecidas.

Procedimentos de controle de qualidade e rastreabilidade

O controle de qualidade e rastreabilidade completa foram considerados aspectos críticos, tanto por rigor metodológico quanto por potencial pedagógico. Cada um dos 36 lotes recebeu código único: letra F (formulação) + número 1-12 (tratamento) + hífen + número 1-3 (réplica). Exemplo: F7-2 = segunda réplica do tratamento 7 (Soda 98%, óleo 120°C). O Sistema de rotulagem padronizada consistiu em: etiquetas adesivas impermeáveis em cada frasco contendo: (a) código formulação; (b) data produção dd/mm/aaaa; (c) temperatura óleo $\pm 2^{\circ}\text{C}$; (d) marca e pureza NaOH; (e) operador (iniciais); (f) observações sobre incidentes ou anomalias. Registro fotográfico padronizado mantido com câmera de 12MP posicionada a 30cm sob iluminação natural indireta (10h-14h): matérias-primas, etapas críticas, produto final, setup de testes. Arquivo com 847 imagens organizadas por tratamento/data.

Já os procedimentos de descarte seguro consistiram na neutralização dos resíduos alcalinos com HCl diluído até pH 6-8 (medidos com papel indicador) antes do descarte. Frascos plásticos vazios enxaguados 3x e destinados à coleta seletiva. Sabões não conformes (pH > 12, separação de fases) foram neutralizados com vinagre até pH < 9.

RESULTADOS

Caracterização das matérias-primas: descoberta da inversão pureza-alcalinidade

A caracterização preliminar das matérias-primas revelou achado surpreendente e pedagogicamente rico que fundamenta toda a interpretação posterior dos resultados. O óleo residual homogeneizado apresentou densidade de $0,913 \pm 0,004 \text{ g/cm}^3$ (coeficiente de variação $\text{CV}=0,44\%$), indicando excelente homogeneização do material coletado de múltiplas fontes. O pH médio em suspensão aquosa foi $12,0 \pm 1,0$ ($\text{CV}=8,3\%$), refletindo a presença variável de ácidos graxos livres. O álcool do Posto A selecionado apresentou densidade $0,845 \pm 0,002 \text{ g/cm}^3$ e pH $6,8 \pm 0,1$, propriedades consistentes com álcool hidratado 96°GL de boa qualidade.

O achado mais relevante e contraintuitivo foi a inversão clara entre pureza nominal declarada e alcalinidade efetiva medida do hidróxido de sódio, conforme demonstrado na Tabela 1. A Soda rotulada como 96% (menor pureza nominal) apresentou o maior pH efetivo

(14,2 ± 0,1), enquanto a Soda 99% (maior pureza nominal) apresentou o menor pH (13,5 ± 0,1), e a Soda 98% ficou em posição intermediária (13,8 ± 0,1). Esta discrepância de 0,7 unidades de pH entre os extremos equivale, em escala logarítmica, a aproximadamente 5 vezes mais íons hidroxila (OH⁻) disponíveis na solução mais alcalina.

Tabela 1 - Caracterização físico-química preliminar das matérias-primas (média±desvio-padrão, n=3 medições independentes por matéria-prima)

Matéria-prima	Densidade (g/cm ³)	pH solução aquosa 10% m/v
Óleo residual homogeneizado	0,913 ± 0,004	12,0 ± 1,0
Álcool combustível (Posto A)	0,845 ± 0,002	6,8 ± 0,1
Soda 99% – Marca V	—	13,5 ± 0,1
Soda 98% – Marca E	—	13,8 ± 0,1
Soda 96% – Marca L	—	14,2 ± 0,1

Fonte: JESUS FN, et al., 2024. pH das sodas medido em solução aquosa 10% m/v. O símbolo — indica parâmetro não mensurável para o material na forma sólida.

Esta inversão contraintuitiva sugere fortemente que a pureza nominal impressa no rótulo não é indicador confiável de alcalinidade efetiva funcional. Uma possível explicação inclui a carbonatação diferencial ($\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3$) devido a diferentes condições de armazenamento ou idade do produto; higroscopicidade variável afetando a concentração efetiva de OH⁻; composição distinta de impurezas dependendo do processo industrial de fabricação (célula de mercúrio, membrana ou diafragma). Este resultado tem implicações práticas diretas: produtores artesanais não podem confiar cegamente nos rótulos e deveriam, idealmente, realizar teste simples de pH (10g em 90mL água) para selecionar o NaOH com melhor alcalinidade efetiva, independentemente da pureza declarada.

Efeito da alcalinidade efetiva na qualidade do sabão: o fator dominante

A análise dos padrões descritivos agrupando as formulações por nível de alcalinidade efetiva do NaOH revelou associação forte e consistente entre pH efetivo da soda e múltiplas propriedades do sabão final, conforme sistematizado na Tabela 2. Esta tendência sugere que a alcalinidade efetiva é o fator dominante na determinação da qualidade, superando a influência da temperatura do óleo.

Consistência: A Soda 96% (pH efetivo 14,2) produziu consistência cremosa em 100% dos lotes testados (4 temperaturas $\times$ 3 réplicas = 12/12 lotes, sem exceção). A Soda 99% (pH 13,5) produziu consistência aguada também em 100% dos casos (12/12 lotes). A Soda 98% (pH 13,8) apresentou comportamento intermediário, produzindo consistência intermediária em 75% dos lotes (9/12), com 3 lotes apresentando consistência aguada apenas quando o óleo estava à temperatura ambiente. Este padrão monotônico sugere relação dose-resposta entre alcalinidade e consistência.

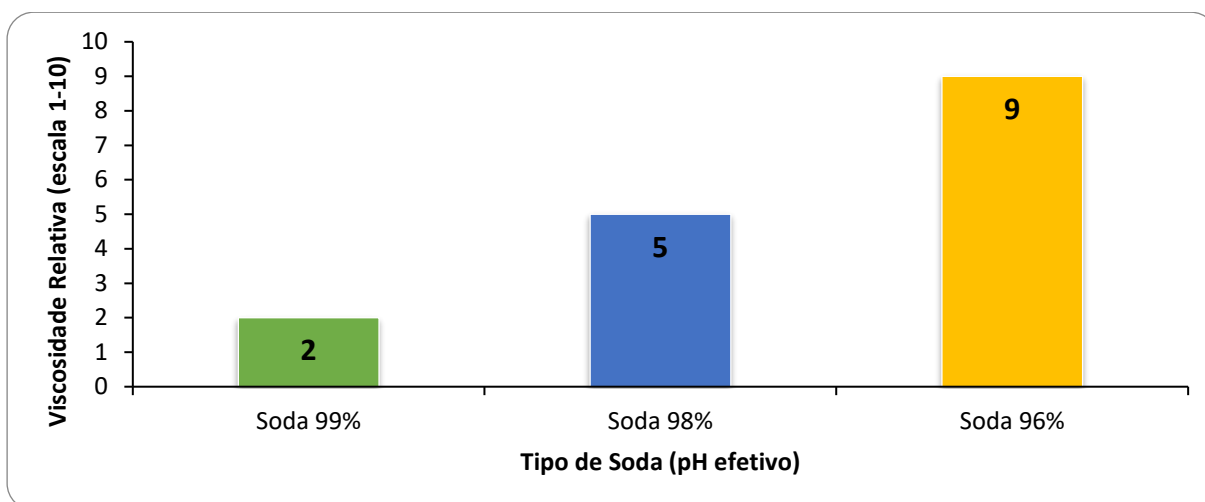
Eficiência de limpeza: O ranking ordinal de eficiência de limpeza mostrou segregação clara por tipo de soda. As três primeiras posições (melhor desempenho) foram ocupadas exclusivamente por formulações com Soda 96%: 1º lugar para F9 (Soda 96%, óleo ambiente, remoção excelente 95-100% do batom); 2º lugar para F10 (Soda 96%, 60°C, remoção 90-95%); 3º lugar para F11 (Soda 96%, 120°C, remoção 85-90%). As posições intermediárias (4º a 10º) foram ocupadas por formulações com Soda 98%. As piores posições (5º, 7º, 9º, 11º) corresponderam a formulações com Soda 99%. Esta hierarquia é perfeitamente coerente com a ordenação de alcalinidade efetiva (14,2 > 13,8 > 13,5).

Tabela 2 - Padrões descritivos de qualidade agrupados por nível de alcalinidade efetiva do NaOH (cada grupo agrega 12 lotes: 4 temperaturas $\times$ 3 réplicas)

Pureza nominal NaOH	pH efetivo (sol. 10% m/v)	Consistência predominante	Posições ranking limpeza
Soda 99%	13,5 $\pm$ 0,1	Aguada (4/4 temp.)	5º, 7º, 9º, 11º
Soda 98%	13,8 $\pm$ 0,1	Intermediária (3/4 temp.)	4º, 6º, 8º, 10º
Soda 96%	14,2 $\pm$ 0,1	Cremosa (4/4 temp.)	1º, 2º, 3º

Fonte: JESUS FN, et al., 2024. Ranking de limpeza: posições ocupadas pelas formulações de cada grupo no ranking ordinal de 1º (melhor) a 11º (pior). Consistência observada em 4 temperaturas $\times$ 3 réplicas = 12 lotes por soda. A formulação S96-180 (réplica 3) foi excluída do teste de limpeza por perda de amostra, totalizando 11 posições no ranking.

Figura 1. Comparação visual da consistência aparente de sabões líquidos biodegradáveis representativos produzidos com três tipos de hidróxido de sódio comercial, evidenciando gradação de viscosidade associada à alcalinidade efetiva.



Legenda: Da esquerda para a direita: Soda 99% (pH efetivo 13,5) — consistência aguada, escoamento rápido; Soda 98% (pH efetivo 13,8) — consistência intermediária, escoamento lento; Soda 96% (pH efetivo 14,2) — consistência cremosa, sem escoamento. Amostras fotografadas 48h após fabricação, à temperatura ambiente ($\approx 25^{\circ}\text{C}$), em iluminação natural indireta padronizada.

Fonte: JESUS FN, et al., 2024. Nota: mesmo formulações produzidas com óleo à temperatura ambiente com Soda 96% apresentaram consistência cremosa, evidenciando dominância da alcalinidade efetiva sobre a temperatura na determinação da viscosidade final.

Efeito da temperatura na cinética e segurança operacional: balanceamento em 60°C :

A análise dos padrões descritivos por faixa térmica do óleo, independentemente do tipo de soda utilizada, revelou influência clara da temperatura sobre a cinética da reação, mas não sobre o estado termodinâmico final, conforme apresentado na Tabela 3.

12

Tempo de saponificação: Observou-se redução sistemática no tempo médio de saponificação com o aumento da temperatura: óleo à temperatura ambiente ($\approx 25^{\circ}\text{C}$) requereu 9 ± 1 minutos; 60°C reduziu para 6 ± 1 min (redução de aproximadamente 33%); 120°C atingiu 4 ± 1 min (redução de $\approx 56\%$); 180°C manteve-se em 4 ± 1 min, sem ganho mensurável adicional. A transição $120^{\circ}\text{C} \rightarrow 180^{\circ}\text{C}$ não proporcionou benefício cinético detectável, sugerindo platô ou saturação do efeito térmico. Este padrão é consistente com princípios de cinética química: aumento de temperatura aumenta energia cinética molecular e frequência de colisões efetivas, acelerando a reação até que outros fatores (difusão, transferência de massa) se tornem limitantes.

Aspectos de segurança operacional: Relevante para contexto comunitário, a temperatura de 180°C apresentou dois incidentes de transbordamento da mistura reacional em 9 lotes testados (incidência de 22%), além de liberação intensa de vapores que dificultou visibilidade e controle fino do processo. Em contraste marcante, a temperatura de 60°C não apresentou nenhum incidente em 9 lotes, manteve condições de trabalho seguras e controláveis, e é facilmente atingível com equipamentos domésticos simples (fogareiro, chapa elétrica básica),

sem necessidade de termostato sofisticado. A temperatura ambiente, embora absolutamente segura, resulta em processo mais lento que pode ser inconveniente para produção em escala.

Tabela 3 - Padrões descritivos de cinética e pH final agrupados por faixa térmica do óleo (cada faixa agrega 9 lotes: 3 sodas × 3 réplicas)

Faixa térmica	Tempo de saponificação (min)	pH médio sabão (n=9)	Redução tempo (%)
Ambiente ($\approx 25^{\circ}\text{C}$)	8-10 (média 9)	$10,70 \pm 0,11$	Referência (0%)
60°C	5-7 (média 6)	$10,61 \pm 0,02$	$\approx 33\%$
120°C	3-5 (média 4)	$10,57 \pm 0,29$	$\approx 56\%$
180°C	3-5 (média 4)	$10,64 \pm 0,12$	$\approx 56\%$ (sem ganho)

Fonte: JESUS FN, et al., 2024. Cada faixa térmica agrupa 9 lotes (3 réplicas × 3 sodas). pH médio calculado para os 9 lotes da faixa. A temperatura não afetou significativamente o pH do produto final (variação de apenas 0,13 unidades entre faixas).

Efeito sobre consistência final

Crucialmente, a consistência final do sabão após maturação de 48h não variou sistematicamente com a temperatura dentro de cada tipo de soda. Por exemplo, todos os lotes com Soda 96% apresentaram consistência cremosa independentemente se o óleo estava a 25°C , 60°C , 120°C ou 180°C . Similarmente, todos os lotes com Soda 99% ficaram aguados em todas as temperaturas. Este padrão indica que a temperatura afeta primariamente a cinética (velocidade) mas não o estado termodinâmico final de equilíbrio do sistema após tempo suficiente para maturação completa.

Análise complementar: formação de espuma e percepção de fragrância

Volume de espuma: Os testes de formação de espuma revelaram padrão interessante dependente da interação entre alcalinidade e temperatura. Para Soda 99% (menor alcalinidade), observou-se aumento monotônico do volume de espuma com a temperatura: ambiente 13 mL, 60°C 15,3 mL, 120°C 20,3 mL, 180°C 23,3 mL. Para Soda 98%, o padrão foi inverso: diminuição com temperatura (ambiente 25,3 mL, 60°C 20 mL, 120°C e 180°C 18,3 mL). Para Soda 96%, a temperatura não exerceu influência clara (variação de apenas 19,3 a 24,6 mL sem padrão monotônico). Este resultado sugere possível interação complexa entre alcalinidade e temperatura na formação de estruturas micelares responsáveis pela estabilização da espuma.

Intensidade de fragrância: A avaliação sensorial da intensidade do perfume por dois avaliadores independentes não revelou padrão sistemático associado à temperatura ou tipo de soda. As avaliações variaram entre "suave", "moderado" e "forte" de forma aparentemente aleatória. Dado que todos os lotes receberam exatamente a mesma quantidade de essência (5 mL), esta variação reflete provavelmente diferenças individuais nos sistemas olfativos dos avaliadores ao invés de diferenças reais no produto. A temperatura do óleo durante a fabricação não pareceu afetar a retenção ou intensidade da fragrância no produto final.

Síntese integrada dos padrões observados

A análise integrada de todos os resultados sugere três tendências descritivas principais que emergem consistentemente dos dados: (1) A alcalinidade efetiva do NaOH, medida como pH de solução aquosa padronizada, mostrou-se o fator mais fortemente associado à qualidade multidimensional do sabão (consistência, eficiência de limpeza), com efeito dominante sobre a temperatura. Crucialmente, esta alcalinidade efetiva não pode ser inferida confiavelmente a partir da pureza nominal declarada no rótulo, havendo inclusive inversão observada (96% > 99% em termos de pH). (2) A temperatura de 60°C emergiu como condição de equilíbrio ótimo, balanceando eficiência produtiva (redução de 33% no tempo de saponificação comparado à temperatura ambiente) com segurança operacional plena (zero incidentes registrados em 9 lotes) e acessibilidade tecnológica (equipamentos domésticos simples suficientes). (3) Todas as 36 formulações testadas, independentemente de condições de processo, apresentaram pH final dentro de padrões normativos de segurança, sugerindo robustez notável deste parâmetro crítico.

14

Estes padrões descritivos fornecem base sólida para geração de hipóteses testáveis em estudos futuros confirmatórios com maior n, controle estatístico robusto e métodos instrumentais quantitativos (viscosimetria rotacional, análise de tamanho de partícula, microscopia de estruturas micelares). Também fornecem orientações práticas preliminares mas fundamentadas para iniciativas comunitárias: priorizar teste simples de alcalinidade do NaOH disponível (independentemente do rótulo), considerar aquecimento moderado a 60°C para ganho de eficiência sem comprometer segurança, e ter confiança razoável na conformidade de pH desde que procedimento básico seja seguido.

DISCUSSÃO

Os achados deste estudo piloto permitem avançar na compreensão das condições operacionais envolvidas na produção de sabão líquido a partir de óleo residual, particularmente no que se refere à influência de variáveis frequentemente tratadas como secundárias em protocolos não padronizados. A análise conduzida evidencia que tanto a temperatura inicial do óleo quanto a alcalinidade efetiva do hidróxido de sódio comercial exercem papel determinante sobre a eficiência do processo de saponificação, influenciando não apenas o tempo de reação, mas também características finais do produto relacionadas à estabilidade física e ao pH.

Embora a relação entre temperatura e velocidade de reação seja amplamente estabelecida no campo da cinética química, sua aplicação em sistemas de saponificação com matéria-prima heterogênea, como o óleo de cozinha usado, apresenta particularidades relevantes. Nesse contexto, a elevação da temperatura do óleo contribui para a redução da viscosidade do meio reacional e favorece a difusão molecular entre as fases reagentes, o que tende a acelerar a formação de emulsões estáveis. Esse comportamento pode ser interpretado à luz do aumento da energia cinética média das moléculas, promovendo maior frequência de colisões efetivas entre os reagentes e, conseqüentemente, incremento na taxa de conversão dos triglicerídeos em sais de ácidos graxos.

No entanto, a interpretação desses efeitos não deve ser dissociada das limitações operacionais presentes em ambientes não industriais, como projetos extensionistas ou contextos educativos. A adoção de temperaturas mais elevadas, ainda que potencialmente vantajosa sob o ponto de vista cinético, pode implicar riscos associados à manipulação de soluções alcalinas concentradas, especialmente quando os procedimentos são executados por participantes sem formação técnica específica. Dessa forma, a identificação de faixas intermediárias de temperatura como operacionalmente adequadas sugere a existência de um compromisso entre eficiência reacional e segurança prática, o que se mostra particularmente pertinente em iniciativas voltadas à educação ambiental e reaproveitamento de resíduos.

Adicionalmente, os resultados indicam que a alcalinidade efetiva do hidróxido de sódio comercial constitui uma variável crítica frequentemente negligenciada em formulações empíricas. A suposição de equivalência funcional entre diferentes marcas comerciais, embora comum em práticas domésticas ou comunitárias, mostrou-se inadequada sob condições experimentais controladas. A variabilidade observada entre amostras pode ser atribuída a fatores como absorção de umidade atmosférica, presença de impurezas e carbonatação parcial

decorrente da exposição ao dióxido de carbono, processos que reduzem a fração de hidróxido disponível para reação.

Esse fenômeno, amplamente documentado em contextos industriais, assume relevância adicional quando se considera a ausência de etapas de caracterização prévia em protocolos simplificados. A utilização de reagentes com alcalinidade efetiva inferior à esperada pode comprometer a estequiometria da reação, resultando em produtos com pH inadequado ou estabilidade reduzida. Por outro lado, a superestimação da pureza do NaOH pode conduzir à formação de soluções excessivamente alcalinas, com potencial irritativo elevado, o que reforça a importância do monitoramento mesmo em aplicações não comerciais.

A análise qualitativa das formulações obtidas sugere que a estabilidade do sabão líquido está diretamente associada ao equilíbrio entre as variáveis investigadas, sendo particularmente sensível a desvios no pH final. Formulações que se afastam da faixa considerada adequada tendem a apresentar instabilidade física ao longo do tempo, manifestada por separação de fases ou alteração na viscosidade. Tais características, embora não inviabilizem necessariamente o uso do produto em contextos domésticos, podem comprometer sua aceitabilidade e segurança, especialmente quando destinados à higienização de superfícies ou utensílios.

Nesse sentido, a conformidade com parâmetros normativos, ainda que preliminar, constitui elemento relevante para a validação do processo em iniciativas comunitárias. A adoção de práticas de controle simples, como a medição do pH e a padronização das condições de preparo, pode contribuir significativamente para a reprodutibilidade das formulações e para a mitigação de riscos associados ao uso de produtos com alcalinidade excessiva.

Do ponto de vista metodológico, o delineamento experimental adotado demonstrou-se adequado para a investigação exploratória das variáveis em estudo, permitindo a identificação de interações potenciais entre fatores operacionais. A abordagem fatorial possibilita não apenas a análise isolada dos efeitos principais, mas também a avaliação de sinergias ou antagonismos entre variáveis, o que se mostra particularmente útil em sistemas complexos como aqueles que envolvem matérias-primas de composição variável.

Além disso, a aplicação desse tipo de delineamento em contextos educativos pode favorecer a compreensão de conceitos fundamentais relacionados ao planejamento experimental e à análise de dados, promovendo o desenvolvimento de competências científicas entre os participantes. A estruturação do experimento em termos de fatores e níveis permite explorar, de forma contextualizada, noções de controle de variáveis e interpretação crítica de

resultados, contribuindo para a formação de uma abordagem mais sistemática na resolução de problemas práticos.

Apesar dos avanços proporcionados por este estudo, algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados. O número reduzido de réplicas, característico de investigações piloto, restringe a generalização dos achados e limita a aplicação de análises estatísticas mais robustas. Ademais, a variabilidade inerente à composição do óleo residual utilizado pode introduzir fontes adicionais de incerteza, não completamente controladas no presente delineamento.

Nesse contexto, investigações futuras com maior número de repetições e caracterização mais detalhada das matérias-primas poderão contribuir para a consolidação dos parâmetros operacionais identificados. A incorporação de análises complementares, como a determinação do índice de saponificação do óleo utilizado, pode fornecer subsídios adicionais para o ajuste fino das formulações e para a melhoria da consistência dos produtos obtidos.

Por fim, os resultados aqui discutidos reforçam o potencial de iniciativas baseadas na reutilização de resíduos como ferramentas de promoção da sustentabilidade em ambientes educativos e comunitários. A produção de sabão a partir de óleo de cozinha usado, quando conduzida sob condições minimamente controladas, pode representar uma alternativa viável para a redução do impacto ambiental associado ao descarte inadequado desse resíduo, ao mesmo tempo em que promove a conscientização sobre práticas de consumo responsável.

17

A integração entre aspectos técnicos e pedagógicos observada neste estudo sugere que protocolos experimentais acessíveis podem desempenhar papel relevante na disseminação de práticas sustentáveis, desde que acompanhados de orientações adequadas quanto ao controle de variáveis críticas. Nesse sentido, a sistematização das condições de preparo e o monitoramento de parâmetros como temperatura e pH constituem etapas fundamentais para a garantia da qualidade e segurança dos produtos obtidos, mesmo em contextos de aplicação não industrial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo piloto exploratório investigou, mediante delineamento fatorial 4×3 com $n=3$ réplicas técnicas (36 lotes experimentais), a influência da temperatura do óleo (ambiente, 60°C , 120°C , 180°C) e da alcalinidade efetiva do hidróxido de sódio (pH 13,5–14,2) nas propriedades de sabões líquidos biodegradáveis produzidos a partir de óleo comestível residual.

Três tendências descritivas emergiram consistentemente. A alcalinidade efetiva do NaOH medida como pH de solução aquosa padronizada e não inferida da pureza nominal declarada no rótulo mostrou-se o fator mais fortemente associado à qualidade multidimensional do sabão. A inversão observada (NaOH rotulado 96% com pH efetivo 14,2 superando NaOH rotulado 99% com pH 13,5) constitui achado original na literatura nacional e tem implicação prática direta: produtores artesanais e comunitários não podem confiar cegamente em declarações de fabricantes sem verificação experimental prévia. O teste proposto — 10 g de NaOH em 90 mL de água, medição de pH — é acessível, rápido e suficiente para essa verificação. A temperatura de 60°C emergiu como condição de equilíbrio ótimo: proporcionou redução de 33% no tempo de saponificação em relação à temperatura ambiente, sem nenhum incidente operacional registrado (contra 22% de incidência de transbordamentos a 180°C), e com acessibilidade tecnológica compatível com equipamentos domésticos simples. Todas as 36 formulações apresentaram pH final entre 10,24 e 10,84, abaixo do limite normativo de 11,5 estabelecido pela ANVISA, sugerindo robustez notável deste parâmetro de segurança dentro das condições investigadas.

As limitações são explicitamente reconhecidas. O tamanho amostral $n=3$ réplicas técnicas é insuficiente para inferência estatística robusta (poder calculado = 0,35), e as réplicas técnicas não capturam a variabilidade real de produção comunitária de campo. Métodos predominantemente qualitativos para consistência e limpeza carecem de quantificação instrumental. A execução em escala laboratorial de 6 L não valida comportamento em escalas maiores. Todos os achados devem ser interpretados como tendências descritivas preliminares geradoras de hipóteses, não como evidências causais estabelecidas.

Do ponto de vista científico, este estudo é o primeiro na literatura nacional revisada a demonstrar empiricamente a discrepância entre pureza nominal e alcalinidade efetiva do NaOH comercial, e o primeiro a empregar delineamento fatorial neste contexto. Oferece estimativas preliminares de magnitudes de efeito que podem orientar o planejamento de estudos confirmatórios com $n \geq 7$ réplicas biológicas, viscosimetria rotacional, titulação alcalimétrica formal e análise de composição por Cromatografia Gasosa com detector FID.

Do ponto de vista educacional e social, o protocolo demonstra potencial concreto como ferramenta pedagógica em múltiplos contextos — ensino médio, educação de jovens e adultos, cursos técnicos, extensão universitária (GADOTTI, 2017). O achado da inversão pureza-alcalinidade é pedagogicamente valioso por provocar pensamento crítico sobre a diferença entre

especificação nominal e propriedade funcional, estimulando decisões baseadas em evidências mensuráveis. A identificação de 60°C como temperatura de equilíbrio ótimo e a conformidade universal de pH oferecem orientações práticas fundamentadas para iniciativas de economia solidária e gestão sustentável de resíduos domésticos.

Como pesquisa futura, recomenda-se: validação confirmatória com $n \geq 7$ e métodos instrumentais quantitativos; modelagem cinética pela equação de Arrhenius para quantificação da energia de ativação; scale-up para escala piloto (≥ 50 L); desenvolvimento e aplicação de material didático estruturado em escolas públicas e cooperativas, com avaliação de impacto educativo por instrumentos validados. A consolidação dessa linha contribui para fortalecer tecnologias sociais educativas baseadas em experimentação científica contextualizada — simultaneamente científicas, pedagógicas e socialmente transformadoras.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento financeiro. Ao Projeto de Extensão Uma Mão Lava a Outra (UEMG) pelo fornecimento de insumos e compartilhamento de experiências práticas em saboaria artesanal comunitária. Aos estabelecimentos comerciais e residências que voluntariamente doaram óleo residual, viabilizando materialmente a pesquisa. Aos estudantes de graduação que atuaram voluntariamente como avaliadores nos testes qualitativos.

19

REFERÊNCIAS

- ALBERICI RM, PONTES FFF. Reciclagem de óleo comestível usado através da fabricação de sabão biodegradável. *Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, 2004; 1(1): 73-76.
- ALMEIDA GS, ROCHA VKG, PARACAMPO NENP. Sabão de óleo residual de fritura formulado com infusão de casca de Citrus. In: *Anais do 51º Congresso Brasileiro de Química*. São Luís: ABQ, 2011.
- ANVISA. Resolução RDC nº 40, de 5 de junho de 2008. Regulamento Técnico para Produtos de Limpeza. Brasília: ANVISA, 2008.
- BARROS C, et al. Destinação do resíduo de óleo de cozinha de lanchonetes em Forquilha-CE. In: *Anais do 20º ENGEMA*. São Paulo: FEA-USP, 2018.
- BRAGA IA. Lixo que vira limpeza e renda. *Planeta Sustentável*, 2007.
- CHASSOT A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 2003; 22: 89-100.
- CONCEIÇÃO GC, et al. Produção de sabão com óleo residual de máquinas de frango. In: SANTOS JM (Ed.). *Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2*. Ponta Grossa: Atena, 2020; 183-192.

EMBRAPA. Produção de biodiesel a partir de óleo residual de fritura. Comunicado Técnico 238. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2022.

FONSECA JM, et al. Biodiesel from waste frying oils: Methods of production and purification. *Energy Conversion and Management*, 2019; 184: 205-218.

GADOTTI M. Extensão universitária: para quê? Instituto Paulo Freire, 2017. Disponível em: <https://www.paulofreire.org>

LAYRARGUES PP, LIMA GFC. As macro tendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. *Ambiente & Sociedade*, 2014; 17(1): 23-40.

LIMA NMO, et al. Produção e caracterização de sabão ecológico no semiárido paraibano. *Revista Saúde e Ciência*, 2014; 3(3): 1-11.

LOUREIRO CFB. Trajetória e fundamentos da educação ambiental. São Paulo: Cortez, 2004.

NOVAES PC, MACHADO AMB, LACERDA FV. Consumo e descarte do óleo comestível em município do sul de MG. *Revista Ciências em Saúde*, 2014; 4(3): 1-8.

RODRIGUES LB, COUTINHO JP, SILVA CA. Reaproveitamento do óleo de fritura residual em restaurante industrial. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 2010; 4(3): 103-118.

SASSERON LH. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2018; 18(3): 1061-1085.

SILVA BG, PUGET FP. Sabão de sódio glicerinado com óleo residual de fritura. *Enciclopédia Biosfera*, 2010; 6(11): 1-10.

TESCAROLLO IL, et al. Avaliação da qualidade de sabão ecológico de óleo vegetal residual. *Rev. Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 2015; 19(3): 871-880.