

REUTILIZAÇÃO DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE VELAS AROMATIZADAS

REUTILIZACIÓN DEL ACEITE DE FRITURA RESIDUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE VELAS PERFUMADAS

REUSE OF RESIDUAL FRYING OIL FOR THE PRODUCTION OF SCENTED CANDLES.

Cristina Martinelli¹; Camila da Silva².

1. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Mestrado acadêmico associado ao Instituto Federal do Paraná e Universidade Estadual de Maringá. Umuarama, Paraná, Brasil. E-mail: quimicacristina@hotmail.com.

2. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química e Departamento de Tecnologia. Universidade Estadual de Maringá. Umuarama, Paraná, Brasil. E-mail: camiladasilva.eq@gmail.com

RESUMO

Em termos de resíduos sólidos, o óleo residual de fritura (ORF) representa uma das maiores preocupações por seu alto poder poluente. Tendo como intento a preservação ambiental, este estudo mostra um *design* experimental que permite a reutilização do ORF na obtenção de velas ecológicas compostas também por ceras vegetais e essência de citronela. Ademais, este trabalho contempla a divulgação dos resultados e propagação da metodologia de preparo para alunos do Ensino Médio, formação docente e associação dos recicladores. Propriedades macroscópicas e testes de queima permitiram selecionar a melhor composição da vela, a qual foi descrita por 57 % de cera vegetal de soja, 38% de ORF e 5 % m/m de essência de citronela. As velas de 100 g mostraram tempo de queima superior a 27 h, obtenção com custo estimado de R\$ 1,00 real, e lucro projetado próximo a R\$ 39,00.

Palavras-Chave: Óleo residual de fritura; Sustentabilidade; Velas aromatizadas; Reciclagem.

RESUMEN

En cuanto a los residuos sólidos, el aceite de fritura residual (AFR) representa una de las mayores preocupaciones por su alto poder contaminante. Con la intención de preservar el medio ambiente, este estudio muestra un diseño experimental que permite la reutilización del AFR en la obtención de velas ecológicas compuestas también por ceras vegetales y esencia de citronela. Además, este trabajo contempló la divulgación de los resultados y la propagación de la metodología de preparación para los alumnos de la Escuela Superior, la formación

docente y la asociación de los recicladores. Las propiedades macroscópicas y las pruebas de combustión permitieron seleccionar la mejor composición de la vela, que se describió con un 57% de cera vegetal de soja, 38% de AFR y 5% m/m de esencia de citronela. Las velas de 100 g mostraron un tiempo de combustión superior a 27 h, una obtención a un costo estimado de R\$ 1,00 real, y una ganancia proyectada cercana a R\$ 39,00.

Palabras Clave: Aceite usado de fritura; Sostenibilidad; Velas aromatizadas; Reciclaje.

ABSTRACT

In terms of solid waste, residual frying oil (RFO) represents one of the biggest concerns for its high polluting power. With the intent of environmental preservation, this study shows an experimental design that allows the reuse of RFO to obtain ecological candles composed of vegetable waxes and citronella essence. Furthermore, this work contemplated divulging the results and propagation of the preparation methodology to high school students, teacher training, and recyclers association. Macroscopic properties and burning tests allowed the selection of the best candle composition, which was described as 57% vegetal soy wax, 38 % of RFO, and 5% w/w of citronella essence. The 100 g candles showed burning time greater than 27 h, obtainment at an estimated cost of R\$ 1.00, and projected profit close to R\$ 39.00.

Key Words: Waste Frying Oil; Sustainability; Scented Candles; Recycling.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com elevada produção de sementes oleaginosas, como a soja, canola e o girassol. Atualmente, grande parte dessas sementes são destinadas à produção de óleos culinários e biocombustível. No quesito alimentar, muitas indústrias recorrem ao uso dos óleos para frituras, visando à obtenção de preparos rápidos e saborosos. Nestes setores, fritadeiras com até 1000 litros de capacidade podem ser usadas, liberando uma grande quantidade de resíduos sólidos capazes de causar severos danos ao meio ambiente. Ações que previnam o descarte inapropriado do óleo residual de fritura (ORF) devem ser fomentadas e um caminho promissor envolve a reciclagem.

O uso do ORF como matéria prima para a obtenção de novos materiais contempla uma importante prática de reutilização. Os projetos que envolvem a obtenção de produtos saponáceos, tintas e velas são os mais comuns e contemplam importantes alternativas para o destino desse resíduo sólido (ANTONIC et al., 2021; LI; YU, 2015; RANGEL et al., 2021; YUSUFF et al., 2021). Além do biomaterial requerer baixo investimento, o produto gerado representa uma fonte de renda alternativa para a comunidade local e, principalmente, constitui

uma forma efetiva de preservação do meio ambiente (VELOSO, Y., M., DA SILVA; FREITAS, L., F., L.; AMARAL FILHO, J., H., B.; SANTOS, 2012). Assim, este trabalho contempla uma iniciativa que busca mitigar o impacto ambiental através da obtenção de velas ecológicas aromatizadas. Seu desenvolvimento foi pautado em dois estágios: *i) design* e otimização das velas aromatizadas e *ii) divulgação* da iniciativa com propagação da metodologia.

Velas aromatizadas veganas podem ser produzidas com cera vegetal, em detrimento da cera de parafina (petrolados). As vantagens da substituição foram abordadas por Rezaei *et al.* (2002), que mostraram a existência de temperaturas menores na zona fundida (comparado à parafina), o que confere ao material maior segurança e queima lenta (REZAEI; WANG; JOHNSON, 2002b). A relevância do tema levou os autores, no mesmo ano, a publicar estudos que demonstram a baixa (e até ausente) formação de fuligem durante a queima da cera de soja (REZAEI; WANG; JOHNSON, 2002a). Este é um dos resultados que levou ao favoritismo da cera de soja frente à parafina, derivado do petróleo responsável por formar quantidades consideráveis de particulados durante a combustão (REZAEI; WANG; JOHNSON, 2002a). Vale lembrar que a fuligem é produto da combustão incompleta de hidrocarbonetos. Além dos prejuízos ambientais, as partículas finas de fuligem podem se impregnar nos pulmões e causar problemas respiratórios (NIRANJAN; THAKUR, 2017).

Devido às propriedades repelentes a insetos, o óleo essencial de citronela é o bioativo de muitas formulações comerciais. Trabalhos recentes têm mostrado a eficácia repelente de nanoemulsões de citronela contra moscas causadoras da miíase (*Cochliomyia hominivorax*) (BRICARELLO *et al.*, 2021b, 2021a). Muller *et al.* (2008) estudaram a capacidade repelente de velas contendo citronela. Com a queima, os autores verificaram uma redução significativa no número de moscas em um raio de até 1 m de distância (MÜLLER *et al.*, 2008). Assim, amparados em tais benefícios, o óleo essencial de citronela foi elencado como essência das velas ecológicas propostas no presente trabalho.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver velas ecológicas aromatizadas como iniciativa de reciclagem do ORF, disponível em estações de coleta do município de Cruzeiro do Oeste-Pr (MARTINELLI; SOUZA; SILVA, 2022). Após o *design* da melhor composição da vela ecológica, o trabalho será submetido à etapa de divulgação, tendo como público alvo os alunos do Ensino Médio, Formação docente e a associação dos recicladores da região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

O óleo residual de fritura foi doado pela Associação de Recicladores de Cruzeiro do Oeste (ARCO) e Central de Atendimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), sites no município de Cruzeiro do Oeste, Paraná. Uma caracterização minuciosa dos óleos residuais de fritura provenientes destas estações de coleta foi abordada em estudo anterior (MARTINELLI; SOUZA; SILVA, 2022). O óleo foi previamente filtrado e manteve-se armazenado em frasco opaco, na temperatura ambiente e sob o abrigo da luz até a data do uso. As ceras de soja e palma, ambas 100% vegetal, pavios 100% algodão e ilhós foram adquiridos da NPK parafinas (Rio de Janeiro, RJ). O óleo essencial de citronela foi fornecido pela Natural Essence (Pinhais, PR). As velas foram acondicionadas em garrafas do tipo *long neck*, previamente cortadas com cortador de garrafas de vidro manual e lixadas para obter o acabamento necessário.

2.2 Design e otimização das velas ecológicas

A produção das velas ecológicas seguiu o procedimento proposto por Grimm (2017), com algumas adaptações (GRIMM., 2017). A cera vegetal (cera de soja - CS, na presença ou ausência de cera de palma - CP) e o ORF foram pesados, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Composição em % m/m das matérias-primas usadas na confecção das velas ecológicas.

Velas	ORF	CS	CP
CS-A	71,4	23,8	0,0
CS-B	66,7	28,6	0,0
CS-C	61,9	33,3	0,0
CS-D	57,1	38,1	0,0
CSP-A	71,4	11,9	11,9
CSP-B	66,7	14,3	14,3
CSP-C	61,9	16,7	16,7

CSP-D

57,1

19,0

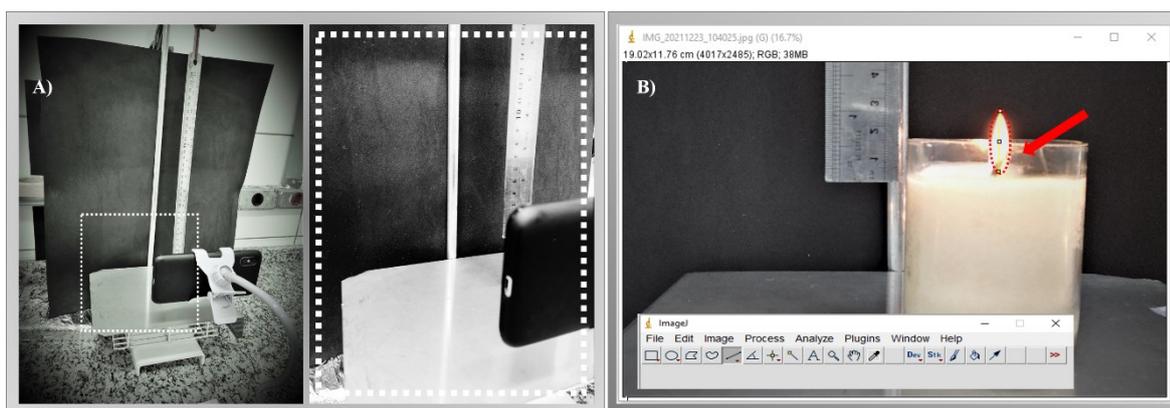
19,0

A mistura foi então aquecida a 76 °C em banho-maria até a homogeneização. Posteriormente, o aquecimento foi interrompido e ao atingir aproximadamente 60 °C o óleo essencial de citronela (5 % m/m) foi adicionado. O sistema foi agitado vagarosamente por aproximadamente 2 min. Logo após, a mistura foi vertida em um recipiente um vidro contendo o pavio com ilhós centralizado. Nesta etapa, três métodos de envase foram avaliados, sendo *i*) despejo em uma única etapa, *ii*) deposição em duas camadas (envase a 55 °C e com tempo de repouso de 15 min entre as adições) e *iii*) deposição em uma única etapa usando banho-maria (para resfriamento gradual). Todos os preparos foram realizados em quadruplicata. Após o preparo, o pavio excedente teve seu tamanho padronizado em 2 cm. As características macroscópicas e a estabilidade física das velas foram monitoradas diariamente logo após o preparo. Nesse processo, princípios de separação de fases, umidade, regularidade da superfície e presença de óleo em excesso foram avaliados. O tempo de cura foi padronizado em uma semana.

2.3 Teste de queima

Após o tempo de cura deu-se início ao teste de queima das velas (GRIMM., 2017). Esta etapa consistiu em acender a vela e permitir a sua queima total. Um aparato experimental foi montado com régua e câmera fotográfica posicionada a 20 cm das velas (Figura 1).

Figura 1. Aparato experimental montado para monitoramento da queima.



As velas foram fotografadas no tempo zero (logo após a ignição, t_0), após 10 min (t_{10}) e 30 min (t_{30}). A altura da chama foi medida usando o software livre ImageJ, previamente calibrado pela régua acoplada no aparato experimental. Além disso, as chamas produzidas foram avaliadas visualmente quanto a liberação de fuligem durante a queima.

As médias da altura da chama foram comparadas utilizando software livre RStudio, version 3.6. Foi utilizado o algoritmo *t.test* () e adotado um nível de significância estatístico de $p < 0,05$.

2.4 Análise do óleo essencial de citronela

Para a determinação do perfil químico, o óleo essencial de citronela (10 μL) foi diluído em diclorometano (1 mL), conforme metodologia reportada (SILVA et al., 2021). A solução foi analisada em cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas (Shimadzu, CGMS-QP2010 SE) e equipado com coluna capilar Shimadzu RH-Rtx-5MS (30m x 0,25 mm x 0,25 m). O gás hélio foi utilizado como fase móvel a uma vazão de 1 mL.min⁻¹. A identificação dos compostos foi realizada considerando a biblioteca de espectros NIST Mass Spectral Library (versão 2014).

2.5 Estimativa do custo de produção e lucro potencial

A estimativa do custo para a produção da vela foi realizada após a determinação das porcentagens de ORF, cera vegetal e óleo essencial de citronela. Também foram considerados os custos das demais matérias primas, como pavio e ilhós (frascos de vidro para o envase foram também objeto de reciclagem). O lucro potencial foi avaliado considerando cotações de velas ecológicas nos sites de e-commerce Amaro (35 avaliações positivas) (AMARO, 2021), Época Cosméticos e Perfumaria (6 avaliações positivas) (ÉPOCA COSMÉTICOS E PERFUMARIA, 2021), NS aromas (sem dados de avaliação) (NS AROMAS, 2021) e Oceane Beauty & Smart (18 avaliações positivas) (OCEANE BEAUTY & SMART, 2021).

2.6 Etapa de divulgação: propagação do método de preparo e conscientização da comunidade

Aprovação pelo Comitê de Ética e Secretaria de Estado da Educação: Para a apresentação à comunidade, o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Maringá sob Parecer 4.880.577, e aprovado pela SEED - Secretaria de Estado da Educação, com atribuição do protocolo 17.937.341-6.

Apresentação para alunos do Ensino Médio e Formação docente: A palestra foi realizada de forma online para cinquenta alunos do Colégio Estadual Anchieta, município de Cruzeiro do Oeste-PR. Durante o processo, foram aplicados questionários (Figuras 1S, Material

Suplementar) para levantar os conhecimentos prévios dos alunos. A conscientização ambiental foi tida como alicerce da apresentação, enfatizando os benefícios desta iniciativa ao meio ambiente e a economia local, despertando nos alunos novas competências.

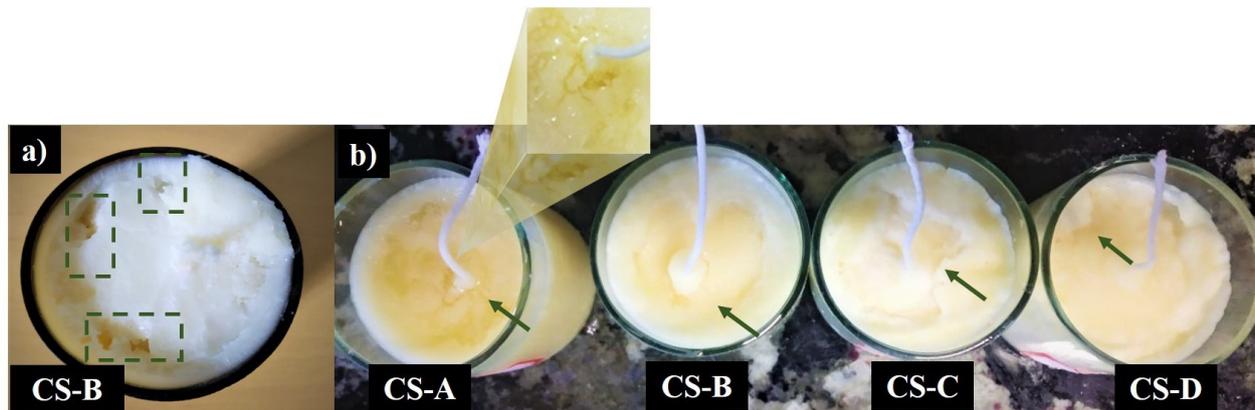
Apresentação para a associação dos recicladores: Com o apoio do secretário do Meio Ambiente e representante da ARCO, foi realizada uma palestra aos recicladores (12 participantes) com duração de 1 h. Estes foram convidados a responder anonimamente aos questionários (Figuras 1S, Material Suplementar) compostos por questões referentes ao consumo, descarte e reutilização do óleo residual. Folhetos de divulgação foram fornecidos (Figura 2S, Material Suplementar) com o intuito de trazer ao conhecimento da população a metodologia simplificada de manufatura das velas ecológicas, bem como o retorno financeiro que estas poderiam resultar. As velas produzidas pelos recicladores durante a apresentação do protocolo foram doadas aos mesmos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Confeção das Velas Ecológicas

Inicialmente, convém reportar alguns aspectos observados no que tange às variações na metodologia de preparo das velas. As velas obtidas com cera de soja (CS-A a CS-D) e deposição em uma única etapa mostraram superfície irregular (Figura 2a) e pequenas cavidades relativas às bolhas de ar. Testes de manipulação da cera foram realizados visando a obtenção do melhor aspecto visual. Nesse processo, o uso de banho-maria para resfriamento gradual (Figura 2b), além da deposição da massa ORF/cera vegetal/essência em duas etapas foram avaliados (Figura 3).

Figura 2. Velas ecológicas com CS, sendo a) deposição da massa em uma etapa (fotografia após 5 dias de cura) e b) deposição da massa em uma etapa e uso de banho-maria (fotografia no primeiro dia de cura).



O resfriamento gradual levou a prejuízos na aparência (comparação entre as velas CS-B da Figura 2a 2b), o que impactaria na aceitação do produto. As amostras CS-A e CS-B (com maiores porcentagens de ORF) apresentaram uma pequena quantidade de óleo na superfície logo após o preparo. O aumento na proporção de cera de soja reduziu a emoliência da vela CS-D, o que já era esperado devido ao menor teor de ORF adicionado. Das técnicas exploradas para manufatura, melhorias pronunciadas foram conquistadas ao realizar o envase do conteúdo (cera/ORF/essência) nos frascos em duas etapas. A presença de cavidades foi reduzida significativamente e a superfície tornou-se mais regular, conforme Figura 3.

Figura 3. Velas CS e CSP no primeiro dia de cura, com envase em duas etapas.



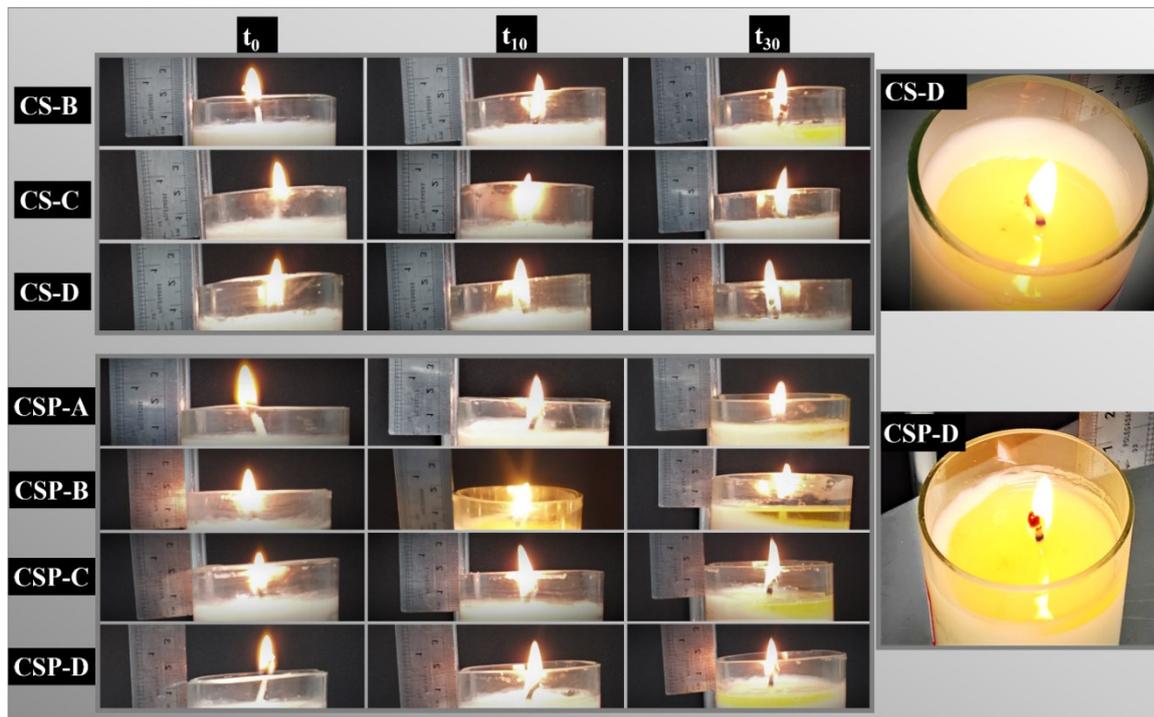
Com objetivo ainda de otimizar a consistência da vela, facilitar a manipulação da cera vegetal durante o fabrico e quiçá, obter variações no processo de queima, estudou-se o efeito da adição de porcentagens de cera de palma. Segundo Rezaei *et al.* 2002, a cera de soja

(renovável e biodegradável) constitui uma alternativa à parafina. No entanto, sua textura frágil desencoraja o uso na manufatura de velas, a menos que misturas de ceras sejam utilizadas (REZAEI; WANG; JOHNSON, 2002a, 2002b).

A versatilidade da cera de palma, amplamente reportada na literatura (HAFILA et al., 2022; ORDOÑEZ-FRÍAS et al., 2020; RAJAMONY, 2006; SALTHAMMER et al., 2021), encorajou sua utilização como constituinte das velas ecológicas. As velas intituladas CSP-A a CSP-D foram obtidas pela combinação de cera de soja e palma (Figura 3 e Tabela 1). A mistura levou a melhoras no aspecto visual (Figura 3). As superfícies tornaram-se mais lisas e todo o óleo foi aparentemente incorporado no primeiro dia de cura. No entanto, no décimo dia após o preparo, as primeiras gotículas de óleo começaram a emergir na superfície das velas CS-A e CSP-A, mostrando que o teor de ORF adicionado de fato superou o limite de estabilização. Vale destacar que no décimo dia de cura os produtos CS-A mostraram maior separação de fases comparado aos CSP-A. Isso mostra que a adição da cera de palma contribui para a estabilidade temporal das velas por favorecer a maior compactação mássica (menor quantidade de poros superficiais). A presença de massa aerada disponibiliza de maior superfície e caminhos para expelir o óleo em excesso, como ocorre com os produtos CS-A. Ainda, é importante destacar a reprodutibilidade das velas CS e CSP, como mostrado nas replicatas da Figura 3.

Findada as avaliações prévias, buscou-se estudar as propriedades de queima das velas ecológicas descritas na Tabela 1. Para isso, um aparato experimental foi montado para assegurar a medida da altura da chama, presença de fuligem e dimensões do poço fundido. Na Figura 4 são apresentadas as chamas produzidas pelas velas CS e CSP. A vela CS-A não foi avaliada devido a elevada quantidade de óleo expelido após a cura (liberação de aproximadamente 11 g do ORF excedente). Embora a vela CSP-A também tenha mostrado gotículas de óleo na superfície após a cura, a separação de fases foi considerada pequena e o produto também foi selecionado para os testes de queima. As medidas das alturas das chamas são mostradas na Figura 5.

Figura 4. Fotografia (com distância fixa de 20 cm) das chamas produzidas pelas velas descritas na Tabela 1.

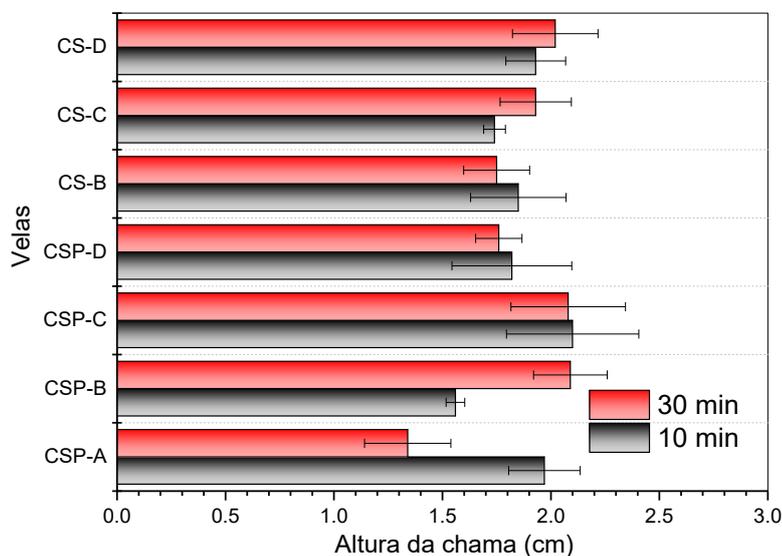


Logo após o acionamento das velas a mistura vegetal (cera/ORF/essência) foi fundida (entre 53 e 58 °C, dados do fabricante), e um poço de líquido foi formado. O pavio atuou como veículo de transporte do líquido até a zona de combustão e, por isso, seu diâmetro, composição e tamanho (excedente à superfície da vela) foram fixos durante todos os preparos. A mistura de cera vegetal/ORF no estado fundido é transferida por capilaridade até a zona de reação, onde o líquido é então convertido em vapor combustível, que se mistura com o ar/oxigênio. Pequenas distinções no tamanho da chama entre as velas CS e CSP, visualizadas também Figura 5, podem estar relacionadas a temperatura de fulgor da mistura. O ponto de fulgor corresponde à temperatura mais baixa na qual um líquido pode liberar vapor (mistura inflamável) nas proximidades da chama. Assim, substâncias com baixo ponto de fulgor são mais fáceis de inflamar e o material apresenta maior risco de acidentes. A parafina, por exemplo, tem temperatura de fusão entre 48 e 68 °C e ponto de fulgor em torno de 204-271 °C (HAMINS, 2005).

Na Figura 4 pode-se observar ainda uma região amarelada e intensa relativa à chama difusiva (SUNDERLAND et al., 2011). Na base da chama foi verificada uma pequena região azulada, rica em oxigênio, onde a reação de combustão ocorre de forma completa (sem resíduos). A zona redutora da chama é visualizada pela porção amarelada, onde a matéria orgânica é parcialmente oxidada devido ao menor teor do comburente (GHOSH et al., 2010; GRACETTO; HIOKA;

FILHO, 2006). Pequenas variações foram observadas nos formatos das chamas (Figura 4) e atribuídas a composição das velas, a qual influi no processo de alimentação da reação de combustão. Variações no processo de queima costumam mostrar influências nas correntes de convecção do ar ao redor do fogo, as quais resultam em chamas maiores, alongadas e elípticas (GHOSH et al., 2010; GRACETTO; HIOKA; FILHO, 2006).

Figura 5. Altura da chama das velas ecológicas, obtidas por medidas no software ImageJ. As barras de erro se referem ao desvio padrão das medidas.



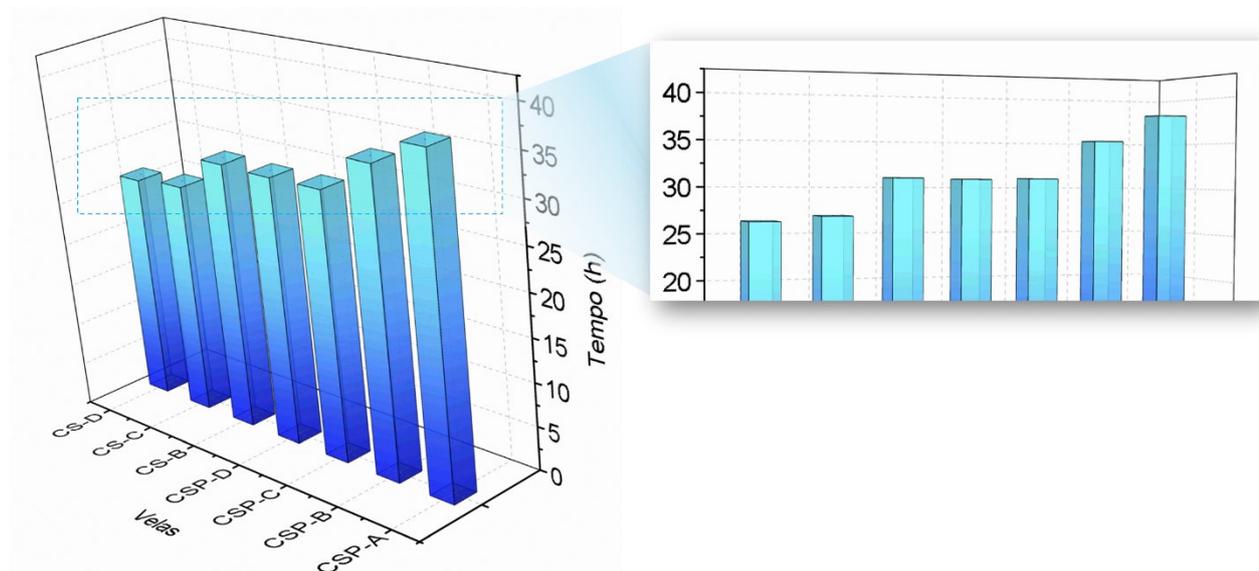
No que concerne à altura das chamas, as velas mostraram valores entre 1,3 a 2,1 cm. As maiores chamas foram obtidas pelas velas CS e CSP de composição B e C após 30 min. As comparações entre os grupos CS e CSP (CS-B/CSP-B, CS-C/CSP-C e CS-D/CSP-D) mostraram insignificância estatística ($p > 0,05$). No entanto, avaliações dentro de um mesmo grupo mostraram variações relevantes ($p < 0,05$) somente entre CSP-A e CSP-D. As variações entre as alturas das chamas no t0 e t30 é resultado da disponibilidade de combustível. Em t0, o poço ainda não se encontrava disponível e o objeto de queima foi o pavio previamente embebecido em cera/ORF durante a etapa de preparo. Além disso, convém destacar os erros sistemáticos já reportados em medidas de altura de chama. As cintilações da chama costumam resultar em delimitações pouco nítidas nas fotografias (SILVA, 2018).

No que tange ao tamanho do poço líquido, os grupos de velas CS e CSP mostraram comportamentos distintos. Durante os primeiros 30 min de queima, os produtos CS exibiram

tamanhos de poços próximos a 4 cm, enquanto as velas do grupo CSP mostraram poços que ocuparam todo o diâmetro (5,3 cm) do frasco estoque. Esse comportamento está vinculado à natureza das interações intermoleculares entre as ceras de palma e soja e ao perfil de empacotamento no estado sólido, aspectos que resultam em variações nas faixas de ponto de fusão das misturas CS e CSP.

O tempo de queima médio da maioria das velas ecológicas (100g) variou entre 27 e 38 h (Figura 6). Como supracitado, o produto intitulado CS-A não foi avaliado devido a exacerbada separação de fases.

Figura 6. Tempo de queima (h) das velas. Em todos os casos o desvio padrão foi inferior a 0,04 h e coeficiente de variação menor que 0,2 %.



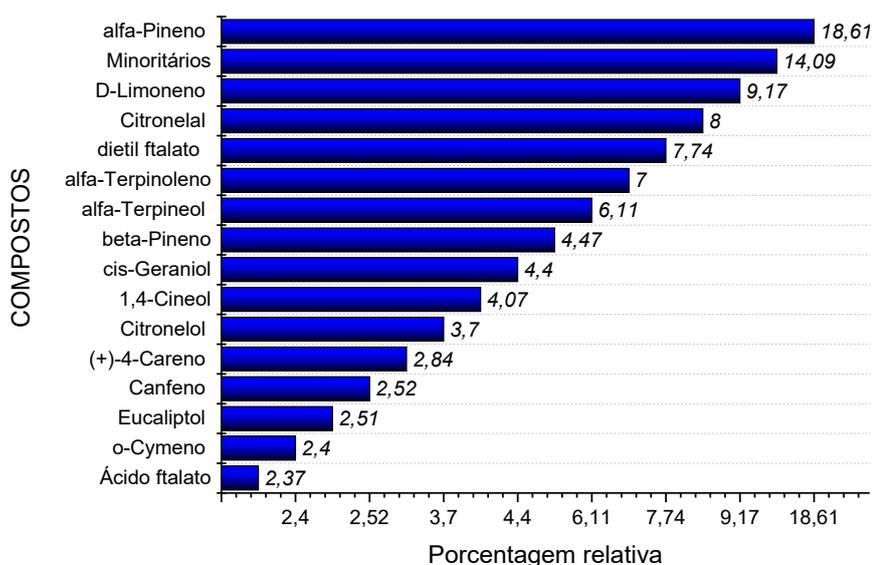
Os dados apresentados mostram que os produtos com maior teor de ORF apresentaram maiores tempos de queima. Esse comportamento está vinculado à cinética química da combustão, a qual é dependente da temperatura de fulgor das misturas e o ambiente de reação à medida que a vela é consumida. Ao estudar a cinética de queima da vela, Casimiro Leal et al., (2014) mostraram uma íntima relação entre os tempos de consumo das velas com o ambiente em que elas se encontram. Segundo os autores, os processos difusivos dos reagentes foram as maiores limitações em ambientes fechados (CASIMIRO LEAL et al., 2014). Vale destacar que o elevado tempo de queima mostrado na Figura 6 sustenta ainda mais os benefícios e a funcionalidade do produto ecológico proposto neste trabalho.

Com base no exposto, considerando a estabilidade física dos produtos, estética, tempo de queima e altura da chama, as velas CS-D e CSP-D foram consideradas as mais promissoras.

Entre elas, optou-se por selecionar o produto CS-D (com o uso de cera de soja) em detrimento à CSP-D (mistura de soja e palma) devido às questões ambientais que envolvem a exploração do óleo de palma. Em razão de sua versatilidade, existe uma demanda global por óleo de palma, o que leva a ameaças de destruição de florestas tropicais.

Uma propriedade importante durante a combustão foi a fragrância do óleo essencial de citronela exalada. Esta propriedade é advinda da evaporação dos componentes da citronela em regiões que precedem à zona de combustão. Uma análise dos componentes do óleo essencial de citronela levou à identificação de 15 compostos, os quais representam 86 % da composição da essência (Figura 7). Dos majoritários, destacam-se o α -Pineno 18,61%, D-Limoneno 9,17%, citronelal 8%, dietil ftalato 7,74%, α -Terpinoleno 7% e α -Terpineol 6,11%. Destes compostos voláteis identificados destaca-se a atividade repelente atribuída principalmente ao geraniol, citronelal, α -pineno, limoneno e citronelol (MENEZES, 2005; TRONGTOKIT et al., 2005). Estes compostos têm a capacidade de afugentar insetos sem exterminá-los, prevenindo assim desequilíbrios ambientais. Os valores obtidos para o óleo essencial de citronela estiveram dentro da faixa de concentração relativa comumente reportada na literatura (KAUR et al., 2021; ROCHA; MING; MARQUES, 2000; SCHERER et al., 2009; VERMA et al., 2020; WANY et al., 2014).

Figura 7. Perfil químico do óleo essencial de citronela.



3.2. Estimativa do custo de produção e lucro potencial

No que se refere aos custos envolvidos na produção das velas ecológicas, o valor gasto para obtenção de uma vela de 100g esteve próximo a R\$ 1,00. Os preços de vendas online de produtos similares entre 145 a 180g variam entre R\$ 50 a 80 reais com boas avaliações e aceitação nos sites e-commerce. Logo, estima-se que a vela ecológica tenha um valor de mercado próximo a R\$ 40,00.

3.3. Etapa de divulgação: propagação do método de preparo da vela CS-D e conscientização da comunidade

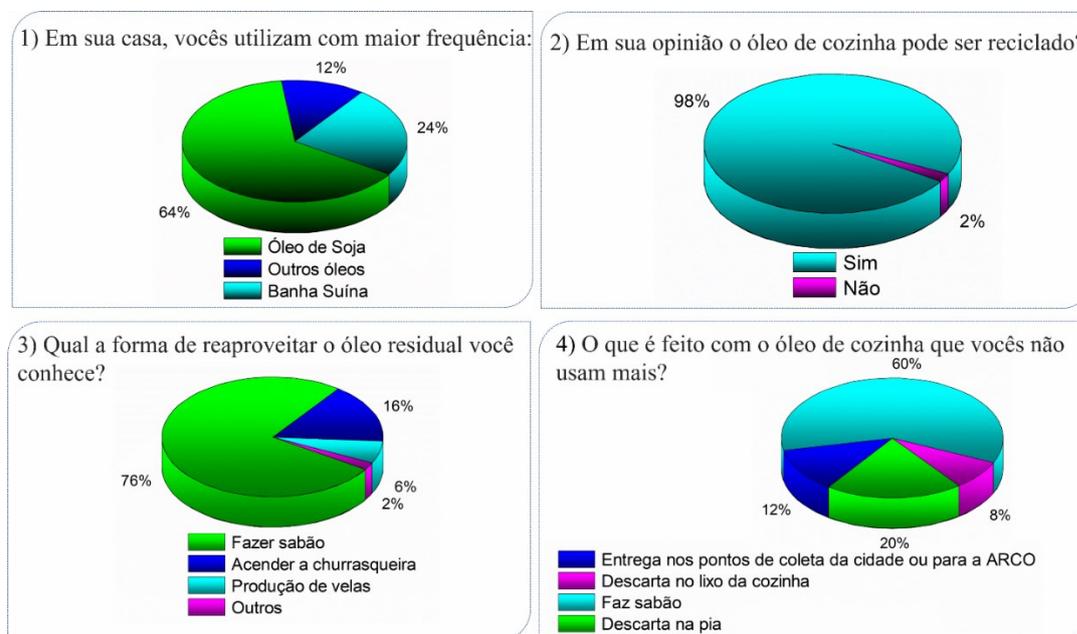
A palestra “Reciclagem do óleo residual de fritura” para alunos do Ensino Médio e Formação docente buscou favorecer a implantação de um paradigma construtivista que valoriza a contextualização e interdisciplinaridade como metodologia de ensino. Esta é uma estratégia importante para a construção do conhecimento e formação de alunos com valores éticos, sociais e culturais (FREIRE, 1997; VALADARES, J. A. E MOREIRA, 2009). Ainda, com base nas premissas do contemporâneo Demerval Saviani, a produção do saber deve contemplar a concepção prévia dos alunos, ditos saberes populares, para chegar aos saberes considerados eruditos, socializados e científicos (BATISTA; ROBERTO, 1384; SAVIANI, 1991). O Questionário inicial (Figura 1S, Material Suplementar) foi disponibilizado como uma forma de conhecer o ponto de vista inicial e o contexto social no qual o aluno encontra-se inserido.

A abordagem do tema foi realizada por questionamentos intermitentes e medidas intervencionistas por parte do apresentador, abordando inicialmente a inter-relação entre a produção excessiva do óleo de soja no Brasil com a qualidade da alimentação da população. Ademais, a composição química comumente observada nos óleos comerciais de soja e as variações resultantes dos ciclos de frituras foram elucidadas. Nesse ponto, explicações sobre o calor calorífico, tensão superficial, acidez de ácidos graxos, reações de oxidação lipídica e redução do teor de insaturação foram realizadas. Esta foi uma forma de mostrar a química no cotidiano do aluno.

Por fim, importantes aspectos ambientais foram inseridos no contexto da palestra. A capacidade de contaminação do óleo e o tempo requerido para sua total absorção em rios e solos incitou a conscientização. A busca por medidas socioeducativas, como preconizado na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (RIO+20, 2012) e Políticas

Nacionais (BRASIL. CONAMA, 2011; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012) foram abordadas. As perguntas e respostas do Questionário inicial (Q1) são mostradas na Figura 8.

Figura 8. Questionário inicial aplicado nos alunos.



No que se refere a realidade do aluno, os dados apontaram para uma cultura culinária que envolve o predomínio do uso do óleo de soja, embora a banha suína também esteja presente nos preparos. De fato, o uso da banha suína tem conquistado cada vez mais adeptos e abordar seus benefícios e prejuízos, segundo a literatura, foi uma forma de contextualizar e mostrar que a química vai muito além da memorização de nomes e fórmulas. O conhecimento prévio acerca das possibilidades de uso do óleo residual de fritura foi um ponto estratégico na discussão, pois convergiu para assuntos fundamentais da química e conteúdos afetos. A consideração das propriedades físicas e químicas do óleo, do ponto de fulgor e sua capacidade de sofrer reações sob catálise alcalina (reações de saponificação) guiaram a discussão sobre o uso do ORF como matéria prima para a obtenção de novos produtos (THODE FILHO et al., 2014).

Por fim, para fechar o bloco de ensino, fora demonstrada a manufatura da vela ecológica (produto CS-D, selecionado previamente) aos alunos do Ensino Médio e Formação docente. Os benefícios do novo ecoproduto obtido foram elencados, bem como sua importância ambiental. Além disso, os custos de produção e valor aproximado de venda foram fornecidos, ou seja, a iniciativa de reciclar poderia constituir uma possibilidade de negócio e complemento de renda familiar.

Em suma, os alunos mostraram-se interessados e o objetivo foi alcançado. As barreiras do ensino tradicional foram transpostas, favorecendo a formação de um aluno reflexivo e atuante na sociedade. O Questionário final é mostrado na Figura 1S, Material Suplementar. As respostas obtidas são apresentadas na Figura 3S e corroboram com a aceitação dos alunos.

Similarmente, a palestra foi ministrada na associação dos recicladores do município. De uma forma geral, as respostas aos questionários revelaram que 100% dos indivíduos fazem uso do óleo de soja. Deles, 100% atestam conhecer as rotas de reutilização que envolvem a produção de sabão, mas somente 83 % as empregam, sendo que 17% mostraram-se propícios ao descarte do resíduo na pia. Com unanimidade, os indivíduos revelaram não conhecer a possibilidade de uso do ORF na confecção de velas ecológicas, julgando a proposta como muito interessante. O protocolo de manufatura foi considerado fácil pela grande maioria dos ouvintes (75%) e todos mostraram-se favoráveis a executa-lo futuramente. Além disso, como consumidores, as respostas de aceitação do produto foram encorajadoras (100 % dos entrevistados afirmaram aceitação do produto como item comercial), sendo que 83 % mostraram acreditar na possibilidade de melhoras em sua renda familiar com a iniciativa. O potencial do ecoproduto certamente impulsionará a prática como objeto de preservação do meio ambiente e fortalecimento do comércio familiar.

4. CONCLUSÃO

As velas com maior teor de óleo residual de fritura mostraram separação de fases. O método de deposição da cera/óleo residual em duas etapas resultou em velas com superfícies mais lisas. A combinação de 57 % de cera vegetal de soja, 38 % de óleo residual de fritura e 5 % m/m de essência de citronela levou a obtenção da vela ecológica com adequada estabilidade temporal, altura da chama de $2,0 \pm 0,2$ cm e tempo de queima de $26,6 \pm 0,0$ h. A presença de geraniol, citronelal, α -pineno, limoneno e citronelol no óleo essencial pode contribuir para um efeito repelente do ecoproduto obtido. As etapas de divulgação lograram bons resultados e contribuiram para a formação de cidadãos críticos, reflexivos e atuantes na sociedade. As características das velas ecológicas obtidas são únicas e podem constituir uma alternativa promissora para o mercado.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Estadual de Maringá - Campus de Umuarama/PR.

Contribuições dos autores

Cristina Martinelli: análise formal, metodologia e redação. Camila da Silva: supervisão.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesse que poderia se constituir em um impedimento para a publicação deste artigo.

REFERÊNCIAS

Amaro. 2021. Disponível em: <https://amaro.com/br/pt/c/casa-jardim/aromatizadores-de-ambiente/velas-decorativas-perfumadas>. Acesso em: 14 dez. 2021.

ANTONIC, Bojan; DORDEVIC, Dani; JANKIKOVA, Simona; TREMLLOVA, Bohuslava; NEJEZCHLEBOVA, Marcela; GOLDOVÁ, Kristýna; TREML, Jakub. Reused Plant Fried Oil: A Case Study with Home-Made Soaps. **Processes**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 529, 2021. ISSN: 2227-9717. DOI: 10.3390/pr9030529. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/3/529>.

BATISTA, E. L. ..; ROBERTO, M. Demerval Saviani – Compromisso e luta por uma pedagogia para além do capital. **Revista HISTEDBR On-line**, [S. l.], v. 53, p. 391–402, 1384.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial da União**, [S. l.], p. 01–08, 2011. ISSN: 0047-2425. ISBN: 0136032311. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>.

BRICARELLO, Patrizia Ana; BARROS, Giuliano Pereira De; SEUGLING, Jaqueline; PODESTÁ, Raíssa; VELEIRINHO, Maria Beatriz; MAZZARINO, Leticia. Data of insecticide action of a nanoemulsion of Citronella essential oil on Cochliomyia hominivorax blowfly. **Data in Brief**, [S. l.], v. 38, p. 107391, 2021 a. ISSN: 23523409. DOI: 10.1016/j.dib.2021.107391.

BRICARELLO, Patrizia Ana; DE BARROS, Giuliano Pereira; SEUGLING, Jaqueline; PODESTÁ, Raíssa; VELERINHO, Maria Beatriz; MAZZARINO, Leticia. Ovicidal, larvicidal and oviposition repelling action of a nanoemulsion of citronella essential oil (Cymbopogon winterianus) on Cochliomyia hominivorax (Diptera: Calliphoridae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 724–730, 2021 b. ISSN: 12268615. DOI: 10.1016/j.aspen.2021.06.006.

CASIMIRO LEAL, Régis; DE SOUSA MONTEIRO, Ericson André; DE ARAÚJO BARBOSA NASCIMENTO, Tábata Laís; MOITA NETO, José Machado. Explorando a cinética química através da queima de uma vela. **Educación Química**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 93–96, 2014. ISSN: 0187893X. DOI: 10.1016/S0187-893X(14)70530-0. Disponível em: <http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/46765>.

Época Cosméticos e Perfumaria. 2021. Disponível em: <https://www.epocacosmeticos.com.br/vela-oceane-sandalwood-jasmine/p>. Acesso em: 14 dez.

2021.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia. Saberes Necessários à Prática Educativa.** 25.ª Edição ed., [s.l.: s.n.].

GHOSH, Suvojit; MONDAL, Sirshendu; MONDAL, Tanmoy; MUKHOPADHYAY, Achintya; SEN, Swarnendu. Dynamic Characterization of Candle Flame. **International Journal of Spray and Combustion Dynamics**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 267–284, 2010. ISSN: 1756-8277. DOI: 10.1260/1756-8277.2.3.267.

GRACETTO, Augusto César; HIOKA, Noboru; FILHO, Ourides Santin. Combustão, chamas e teste de chama para cátion. **Química Nova na Escola**, [S. l.], v. 23, p. 43–48, 2006.

GRIMM., RUSSEL. Avens. **Candles comprising vegetable oil that is low in polyunsaturation and gelling agent.** 2017.

HAFILA, K. Z.; JUMAIDIN, R.; ILYAS, R. A.; SELAMAT, M. Z.; YUSOF, Fahmi Asyadi Md. Effect of palm wax on the mechanical, thermal, and moisture absorption properties of thermoplastic cassava starch composites. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 194, p. 851–860, 2022. ISSN: 01418130. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.11.139. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813021025447>.

HAMINS, Anthony. Characterization of Candle Flames. **Journal of Fire Protection Engineering**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 265–285, 2005. ISSN: 1042-3915. ISBN: 1042391505053. DOI: 10.1177/1042391505053163.

KAUR, Harneet; BHARDWAJ, Urvashi; KAUR, Ramandeep; KAUR, Harleen. Chemical Composition and Antifungal Potential of Citronella (*Cymbopogon nardus*) Leaves Essential Oil and its Major Compounds. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 571–581, 2021. ISSN: 0972060X. DOI: 10.1080/0972060X.2021.1942231.

LI, Heidi Lai-ling; YU, Peter Hoi-fu. Conversion of waste cooking oils into environmentally friendly biodiesel. **SpringerPlus**, [S. l.], v. 4, n. S2, p. P7, 2015. ISSN: 2193-1801. DOI: 10.1186/2193-1801-4-S2-P7.

MARTINELLI, Cristina; SOUZA, Sandra Beserra da Silva De; SILVA, Camila Da. Caracterização do Óleo Residual de Fritura no Município de Cruzeiro do Oeste – PR. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 11, p. 88–103, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v11e0202288-103>.

MENEZES, E. L. a. Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. **Embrapa Agrobiologia**, [S. l.], p. 58, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS**, [S. l.], p. 103, 2012. ISBN: 1330823720120.

MÜLLER, Günter C.; JUNNILA, Amy; KRAVCHENKO, Vasilij D.; REVAY, Edita E.; BUTLER, Jerry; ORLOVA, Olga B.; WEISS, Robert W.; SCHLEIN, Yosef. Ability of essential oil candles to repel biting insects in high and low biting pressure environments. **Journal of the American Mosquito Control Association**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 154–160, 2008. ISSN: 8756971X. DOI: 10.2987/8756-971X(2008)24[154:AOE OCT]2.0.CO;2.

NIRANJAN, Rituraj; THAKUR, Ashwani Kumar. The Toxicological Mechanisms of

Environmental Soot (Black Carbon) and Carbon Black: Focus on Oxidative Stress and Inflammatory Pathways. **Frontiers in Immunology**, [S. l.], v. 8, n. JUN, p. 1–20, 2017. ISSN: 1664-3224. DOI: 10.3389/fimmu.2017.00763.

NS Aromas. 2021. Disponível em: <https://www.nsaromas.com.br/velas-gratidao-capim-limao>. Acesso em: 14 dez. 2021.

Oceane Beauty & Smart. 2021. Disponível em: <https://www.oceane.com.br/vela-de-capim-limao-e-gengibre-scented-candle-180g-ap2000595cr1000/p>. Acesso em: 14 dez. 2021.

ORDOÑEZ-FRÍAS, E. J.; AZAMAR-BARRIOS, J. A.; MATA-ZAYAS, E.; SILVÁN-HERNÁNDEZ, O.; PAMPILLÓN-GONZÁLEZ, L. Bioenergy potential and technical feasibility assessment of residues from oil palm processing: A case study of Jalapa, Tabasco, Mexico. **Biomass and Bioenergy**, [S. l.], v. 142, p. 105668, 2020. ISSN: 09619534. DOI: 10.1016/j.biombioe.2020.105668. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0961953420302026>.

RAJAMONY, Bhuvanesh. Palm Oil Based Wax Material for Prototype Application. **Journal of Engineering Research & Education**, [S. l.], v. 3, n. December, p. 53–59, 2006.

RANGEL, Nelly V. P. et al. Effect of additives on the oxidative stability and corrosivity of biodiesel samples derived from babassu oil and residual frying oil: An experimental and theoretical assessment. **Fuel**, [S. l.], v. 289, p. 119939, 2021. ISSN: 00162361. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.119939.

REZAEI, Karamatollah; WANG, Tong; JOHNSON, Lawrence A. Combustion characteristics of candles made from hydrogenated soybean oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, [S. l.], v. 79, p. 803–808, 2002 a.

REZAEI, Karamatollah; WANG, Tong; JOHNSON, Lawrence A. Hydrogenated vegetable oils as candle wax. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, [S. l.], v. 79, n. 12, p. 1241–1247, 2002 b. ISSN: 0003021X. DOI: 10.1007/s11746-002-0634-z.

RIO+20. **Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável**. 2012. Disponível em: http://www.rio20.gov.br/clientes/rio20/rio20/sobre_a_rio_mais_20/desenvolvimento-sustentavel.html. Acesso em: 17 maio. 2020.

ROCHA, S. F. R.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M. **Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela (Cymbopogon winterianus Jowitt)**. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** 2000. ISSN: 15160572.

SALTHAMMER, Tunga; GU, Jianwei; WIENTZEK, Sebastian; HARRINGTON, Rob; THOMANN, Stefan. Measurement and evaluation of gaseous and particulate emissions from burning scented and unscented candles. **Environment International**, [S. l.], v. 155, p. 106590, 2021. ISSN: 01604120. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106590. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412021002154>.

SAVIANI, Dermeval. **Educação e questões da atualidade**. São Paulo.

SCHERER, R.; WAGNER, R.; DUARTE, M. C. T.; GODOY, H. T. Composição e atividades antioxidante e antimicrobiana dos óleos essenciais de cravo-da-índia, citronela e palmarosa. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 442–449, 2009. DOI: 10.1590/s1516-05722009000400013.

SILVA, Beatriz De Almeida E.; CRUZ, Rayane Monique Sete Da; MIAMOTO, Angélica; ALBERTON, Odair; SILVA, Camila Da; ARIEIRA, Claudia Regina Dias-. Interaction between mycorrhizal fungi and *Meloidogyne javanica* on the growth and essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum*). **Australian Journal of Crop Science**, [S. l.], v. 15, n. 15(03):2021, p. 416–421, 2021. ISSN: 18352693. DOI: 10.21475/ajcs.21.15.03.p2926.

SILVA, Jessilene Coutinho Da. **Análise experimental das dimensões de chamas difusivas produzidas por velas**. 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], 2018.

SUNDERLAND, P. B.; QUINTIERE, J. G.; TABAKA, G. A.; LIAN, D.; CHIU, C. W. Analysis and measurement of candle flame shapes. **Proceedings of the Combustion Institute**, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 2489–2496, 2011. ISSN: 15407489. DOI: 10.1016/j.proci.2010.06.095.

THODE FILHO, Sérgio; COSTA, Ana Paula da Silva Da; RODRIGUES, Israel; SENA, Marcelo Fonseca Monteiro De; SILVA, Elmo Rodrigues Da. Bioprodutos a partir do óleo vegetal residual: vela, giz e massa de modelar. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v. 18, n. 0, 2014. ISSN: 22361170. DOI: 10.5902/2236117013803.

TRONGTOKIT, Yuwadee; RONGSRIYAM, Yupha; KOMALAMISRA, Narumon; APIWATHNASORN, Chamnarn. Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. **Phytotherapy Research**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 303–309, 2005. ISSN: 0951-418X. DOI: 10.1002/ptr.1637.

VALADARES, J. A. E MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: sua fundamentação e implementação**. [s.l.: s.n.].

VELOSO, Y., M., DA SILVA; FREITAS, L., F., L.; AMARAL FILHO, J., H., B.; SANTOS, I. T. Rotas para reutilização de óleos residuais de fritura. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, [S. l.], v. 1, n. 15, p. 11–18, 2012.

VERMA, Ram S.; VERMA, Sajendra K.; TANDON, Sudeep; PADALIA, Rajendra C.; DAROKAR, Mahendra P. Chemical composition and antimicrobial activity of Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) essential oil extracted by different methods. **Journal of Essential Oil Research**, [S. l.], v. 00, n. 00, p. 449–455, 2020. ISSN: 10412905. DOI: 10.1080/10412905.2020.1787885.

WANY, Aakanksha; KUMAR, Ashutosh; NALLAPETA, Sivaramaiah; JHA, Shivesh; NIGAM, Vinod K.; PANDEY, Dev Mani. Extraction and characterization of essential oil components based on geraniol and citronellol from Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Plant Growth Regulation**, [S. l.], v. 73, n. 2, p. 133–145, 2014. ISSN: 15735087. DOI: 10.1007/s10725-013-9875-7.

YUSUFF, Adeyinka S.; BHONSLE, Aman K.; BANGWAL, Dinesh P.; ATRAY, Neeraj. Development of a barium-modified zeolite catalyst for biodiesel production from waste frying oil: Process optimization by design of experiment. **Renewable Energy**, [S. l.], v. 177, p. 1253–1264, 2021. ISSN: 09601481. DOI: 10.1016/j.renene.2021.06.039.