

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS EM ÓLEO RESIDUAL DE BATATA-FRITA:
ESTUDO DA QUALIDADE DO RESÍDUO**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n5-275>

Data de submissão: 19/04/2025

Data de publicação: 19/05/2025

Fabiana Cristina de Araújo Nascimento
Doutoranda em Inovação Farmacêutica
Universidade Federal do Pará
fabiana.nascimento@ics.ufpa.br

Gyselle dos Santos Conceição
Doutoranda em Inovação Farmacêutica
Universidade Federal do Pará
gysa.com.y@gmail.com

Raphaela Santos de Castro
Mestranda em Engenharia Química
Universidade Federal do Pará
raphaelacastro20@gmail.com

Fabrício Ribeiro Pinheiro
Graduando em Engenharia Química
Universidade Federal do Pará
fabríciopinheiro667@gmail.com

Isis Gomes Campos
Graduanda em Engenharia Química
Universidade Federal do Pará
Isis.campos@itec.ufpa.br

Michelle Machado Veiga da Rocha
Graduanda em Engenharia Química
Universidade Federal do Pará
michellemvrocha@gmail.com

Josiel Lobato Ferreira
Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia
Universidade Federal do Pará
jlobato@ufpa.br

Davi do Socorro Barros Brasil
Doutor em Química
Universidade Federal do Pará
davibb@ufpa.br

RESUMO

Óleos vegetais refinados são amplamente utilizados no preparo de alimentos, mas seu descarte inadequado representa um problema socioambiental. Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização da argila branqueante como uma alternativa prática e de baixo custo para o tratamento de óleos vegetais residuais, por meio de análises físico-químicas de acidez e índice de peróxidos, associadas à espectrometria de RMN de ^1H para determinação dos índices de iodo e saponificação. O óleo proveniente de Ananindeua apresentou, antes e após o uso da argila, respectivamente: acidez de 1,57 e 1,03 mgKOH/g; índice de peróxidos de 3,86 e 1,94 meq/Kg; índice de saponificação de 193,71 e 192,85 mgKOH/g; e índice de iodo de 124,25 e 123,09 g de I₂/g de óleo. Para o óleo de Benevides, os resultados foram: acidez de 1,99 e 0,79 mgKOH/g; índice de peróxidos de 3,87 e 1,94 meq/Kg; índice de saponificação de 199,25 e 187,94 mgKOH/g; e índice de iodo de 118,13 e 117,05 g de I₂/g de óleo. Os resultados indicam que o uso da argila promoveu uma redução nos valores analisados, evidenciando seu efeito benéfico no tratamento dos óleos, embora a acidez final ainda permaneça acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Óleo vegetal. Argila branqueante. Análises de qualidade.

1 INTRODUÇÃO

A soja apresenta um teor de aproximadamente 20% de óleo, o qual é comumente extraído por meio de processos industriais que utilizam o hexano como solvente orgânico (KASAI; IMACHIRO; MORITA, 2003). Os óleos, por sua vez, são substâncias de origem vegetal, animal ou microbiana, compostos majoritariamente por triglicerídeos — moléculas formadas pela união de três ácidos graxos com uma molécula de glicerol. Devido à sua insolubilidade em água e solubilidade em solventes orgânicos, os óleos são amplamente empregados em diversas aplicações, principalmente na alimentação (DANTAS *et al.*, 2020).

Durante o processo de fritura, o aquecimento do óleo desencadeia uma complexa cadeia de reações químicas que resulta na formação de inúmeros produtos de degradação. Estudos indicam que mais de 400 compostos distintos podem ser identificados em óleos já utilizados e degradados. Apesar do potencial de reaproveitamento desses resíduos em setores como a produção de sabões, biocombustíveis e materiais sustentáveis, estima-se que apenas 2,5% do óleo utilizado no Brasil seja efetivamente reciclado. (CORSINI *et al.*, 2008; DANTAS *et al.*, 2020).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) estabelece, entre seus princípios, a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos, com o objetivo de prevenir danos ou riscos à saúde pública e à segurança, além de minimizar os impactos ambientais negativos. Nesse contexto, a reciclagem do óleo vegetal residual surge como uma alternativa viável e sustentável, capaz de reduzir a contaminação de recursos hídricos e, ao mesmo tempo, ser aproveitada na fabricação de novos produtos, promovendo a economia circular e o uso consciente dos recursos.

No entanto, é fundamental avaliar a qualidade atual do óleo residual, a fim de determinar sua viabilidade para futuras aplicações e, quando necessário, estabelecer os tratamentos adequados para a sua reciclagem. Nesse sentido, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Instrução Normativa nº 87, de 15 de março de 2021, estabelece os padrões de qualidade para óleos e gorduras vegetais que devem ser seguidos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo a caracterização e o tratamento do óleo residual de fritura, visando sua reciclagem em aplicações posteriores.

2 METODOLOGIA

2.1 COLETA DOS ÓLEOS

Foi coletado amostras de óleo vegetal residual de dois pontos da região metropolitana de Belém: municípios de Ananindeua e Benevides. Ambos os óleos foram armazenados em bombonas brancas translúcidas até o início do tratamento experimental.

2.2 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS

Inicialmente, os óleos passaram pelo processo de filtragem simples, através de papel filtro, para a retirada de detritos sólidos. Em sequência, os óleos foram filtrados a vácuo com o uso de argila branqueante Tonsil Supreme 180 FF, com o objetivo de clarificar e reduzir o odor dos óleos. Foram retiradas alíquotas de ambos os óleos após cada etapa de filtragem para as análises posteriores.

2.3 ANÁLISES CLÁSSICAS

2.3.1 Índice de acidez

O índice de acidez foi determinado conforme a metodologia 325/IV descrita por Adolfo Lutz (1985), que se utiliza hidróxido de sódio (NaOH) como agente titulante para calcular o índice de acidez das gorduras, em mg*KOH/g, de acordo com a Equação 1.

$$\frac{v * f * 5,61}{P} = \text{índice de acidez} \quad (\text{Equação 1})$$

2.3.2 Índice de peróxido

A análise do índice de peróxido foi realizada conforme a metodologia 326/IV descrita por Adolfo Lutz (1985). Para esta análise, foi utilizado tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) como agente titulante para determinar o índice de peróxido em meq/Kg, a partir da Equação 2.

$$\frac{(A - B) * N * f * 1000}{P} = \text{índice de peróxido} \quad (\text{Equação 2})$$

2.3.3 Índice de saponificação

A determinação do índice de saponificação foi realizada a partir do espectro de RMN de ^1H , seguindo a metodologia proposta por Reda; Carneiro (2006). Para o tratamento dos dados, utilizou-se o software PROTEUS.

2.3.4 Índice de iodo

O índice de iodo foi determinado com base no espectro de RMN de ^1H , conforme a metodologia descrita por Reda; Carneiro (2006). A análise dos dados foi realizada utilizando o software PROTEUS.

2.3 ESPECTROFOTOMETRIA RMN ^1H

As amostras foram preparadas utilizando 100 μL dos óleos em 600 μL de CDCl_3 . O espectro de ^1H foi obtido em um espectrômetro Bruker, modelo Ascend™ 400MHz (Rheinstetten, Alemanha), na frequência de 400MHz. O software TopSpin 3.6.2 foi usado para controle, tratamento de dados e do ajuste do espectro pelo sinal residual do tetrametilsilano em 0.00ppm (Pavia *et al.*, 2010). Por fim, através da integração do espectro de H^1 e do uso das equações descritas por Reda; Carneiro (2006), obteve-se os resultados do índice de iodo e do índice de saponificação.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISES CLÁSSICAS

Na tabela 1, são apresentadas as médias dos resultados obtidos da triplicata para cada análise realizada nas amostras.

Tabela 1 - Análises clássicas dos óleos

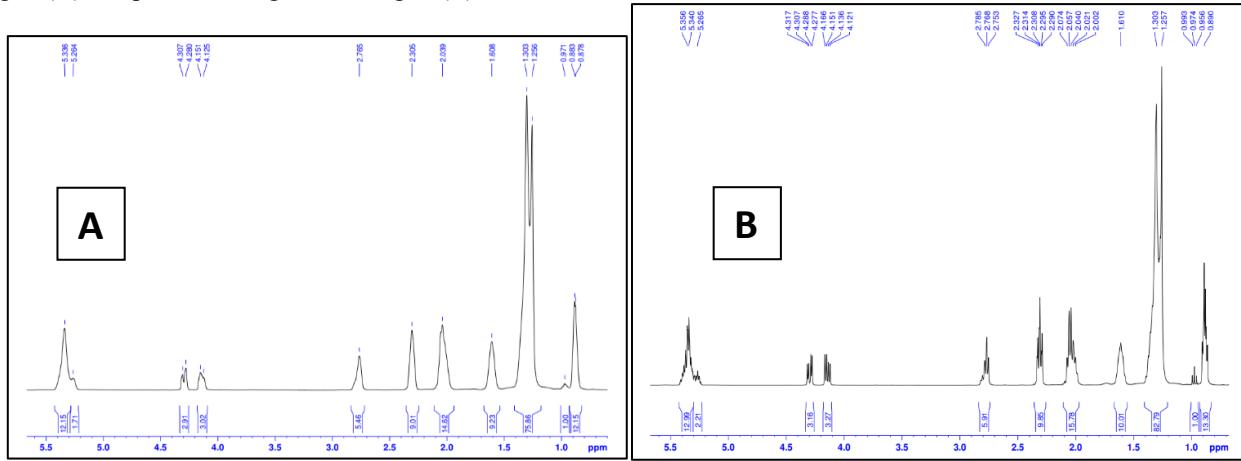
Análises	Óleo de Ananindeua		Óleo de Benevides	
	Filtragem simples	Filtragem com argila	Filtragem simples	Filtragem com argila
Índice de acidez (mg KOH/g)	1,57	1,03	1,99	0,79
Índice de peróxidos (meq/Kg)	3,86	1,94	3,87	1,94
Índice de saponificação (mg KOH/g)	193,71	192,85	199,25	187,94
Índice de iodo (g de I_2/g)	124,25	123,09	118,13	117,05

Fonte: Autores, 2025

3.2 ESPECTROFOTOMETRIA RMN ^1H

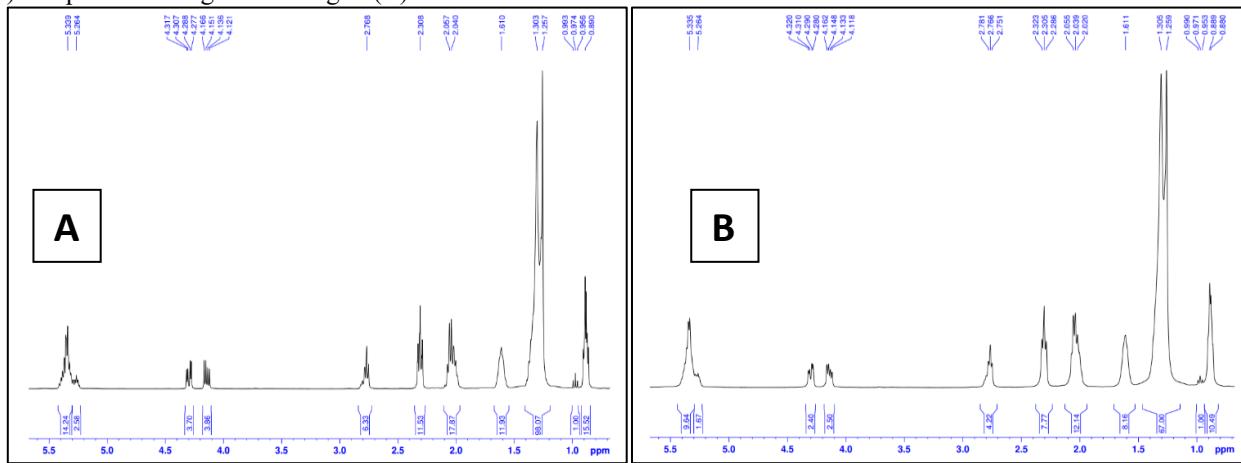
Os espectros de RMN ^1H com os respectivos sinais característicos dos triacilglicerois e suas integrações, são apresentados na figura 1 e 2.

Figura 1 - Espectros de RMN ^1H do óleo residual de batata-frita do município de Ananindeua, antes da filtragem com argila (A) e depois da filtragem com argila (B)



Fonte: Autores, 2025.

Figura 2 - Espectros de RMN ^1H do óleo residual de batata-frita do município de Benevides, antes da filtragem com argila (A) e depois da filtragem com argila (B)



Fonte: Autores, 2025.

4 DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES CLÁSSICAS

A partir da Tabela 1, depreende-se que a argila clarificante foi eficaz para a diminuição dos índices de acidez e peróxido de ambos os óleos. Todavia, para os índices de acidez, os óleos permaneceram em desconformidade com o padrão da legislação para óleos e gorduras vegetais refinados, de até 0,6mg KOH/g (ANVISA, 2021). Esse comportamento dos índices de acidez deve-se ao estado de oxidação dos óleos, que através dos fenômenos de auto-oxidação e oxidação térmica, decorrentes do armazenamento e da utilização dos mesmos para frituras, contribuíram para a elevação desse índice (MENDONÇA, *et al.* 2008, apud FREIRE; MANCINI-FILHO; FERREIRA 2013).

Em contrapartida, os óleos analisados apresentaram índices de peróxidos de acordo com o padrão da ANVISA (2021) para óleos e gorduras vegetais refinados, de até 10 meq/Kg. É importante

ressaltar também que, diferentemente do papel filtro, a argila clarificante conseguiu reter os compostos provenientes da oxidação dos mesmos, fenômeno esse consoante com a propriedade adsorvente da argila relatada pelos autores Patrício, Hotza e Júnior (2014).

De acordo com a legislação para os parâmetros de índice de saponificação para óleos vegetais e considerando que o índice de saponificação do óleo de soja está na faixa de 187 - 196 mg de KOH/g de amostra (BRASIL, 2004), pode-se observar que as amostra de óleo, após a filtragem com argila, ficaram dentro dos padrões esperado.

O índice de iodo é medido por seu grau de insaturação. Os ácidos graxos contendo ligações duplas carbono-carbono reagem com o iodo, portanto, quanto maior for o número de insaturações, maior será o índice de iodo (MELO, 2010). As amostras de óleo estão dentro do limite aceitável pela legislação vigente para óleos e gorduras que varia entre 103 a 124 (BRASIL, 2004).

4.2 ESPECTROFOTOMETRIA RMN ^1H

Nos espectros de RMN de ^1H integrado para os óleos residuais de batata-frita dos municípios de Ananindeua (Figura 1A) e de Benevides (Figura 2A) antes da filtragem e filtrado com argila para Ananindeua e Benevides (Figuras 1B e 2B) possuem o comportamento genérico de óleo vegetal relatado por Reda; Carneiro (2006).

Os hidrogênios metílicos – parte saturada da molécula – mostram deslocamentos químicos (δ) 0,878; 0,883 e 0,971 ppm para o óleo residual de Ananindeua antes da filtragem (Figura 1A) assim como o óleo residual de Benevides antes da filtragem (Figura 2A) apresentou deslocamentos químicos (δ) de 0,890; 0,956; 0,974 e 0,993 ppm.

Para os espectros de RMN de ^1H integrado para o óleo residual filtrado com argila de Ananindeua (Figura 1B) observou-se os sinais de hidrogênio com deslocamentos químicos de (δ) 0,890; 0,956; 0,974 e 0,993 ppm enquanto para o óleo residual filtrado com argila de Benevides (Figura 2B) observou-se sinais de deslocamentos químicos de (δ) 0,880; 0,889; 0,953; 0,971 e 0,990 ppm. Segundo Reda; Carneiro (2006) esses hidrogênios metílicos apresentam deslocamentos químicos no intervalo de (δ) 0,8 – 1,0 ppm.

Um cluster de sinais de hidrogênios sobrepostos com deslocamentos químicos de (δ) 1,15 a 1,40 ppm e centrado em 1,2 ppm que corresponde aos demais sinais de hidrogênios metilênicos dos ácidos graxos presentes no triacilglicerol (VIGLI *et al.*, 2003; REDA; CARNEIRO, 2006). Foram observados nos espectros de hidrogênio de ambos os óleos residuais não filtrados picos com sinais de hidrogênio com deslocamentos químicos de (δ) 1,256 ppm e centrado em 1,303 ppm do município de

Ananindeua (Figura 1A) e sinais de hidrogênios de deslocamentos químicos centrado em (δ) 1,257 ppm e 1,303 ppm (Figura 2A).

Para os espectros de RMN de ^1H para o óleo residual filtrado com argila de Ananindeua (Figura 1B) observou-se sinais de hidrogênio centrado em (δ) 1,257 ppm e (δ) 1,303 ppm enquanto para o óleo residual filtrado de Benevides apresentou sinais de hidrogênios com deslocamentos químicos de (δ) 1,259 ppm e 1,305 ppm (Figura 2B).

Sinais de hidrogênios do tipo β -carboxílicos são observados com deslocamentos de (δ) 1,50 a 1,70 ppm (REDA; CARNEIRO, 2006). Assim foram observados nos espectros de hidrogênio (^1H) para os óleos residuais de Ananindeua e Benevides (Figuras 1A e 2A) sinais com deslocamentos de (δ) 1,608 ppm e 1,610, respectivamente. Já para os espectros de hidrogênio (^1H) para os óleos residuais filtrados com argila (Figuras 2A e 2B) foram observados sinais de hidrogênios com deslocamentos de (δ) 1,610 ppm e 1,611 ppm, respectivamente.

Sinais de hidrogênios alílicos externos são observados com deslocamentos químicos de (δ) 1,90 – 2,10 ppm (REDA; CARNEIRO 2006). Foi observado um sinal com deslocamento químico de (δ) 2,039 ppm no espectro do óleo residual de Ananindeua (Figura 1A); e dois sinais com deslocamentos químicos de (δ) 2,040 ppm e 2,057 ppm no espectro de Benevides (Figura 2A) enquanto que para os espectros dos óleos residuais filtrados com argila de Ananindeua (Figura 1B) mais sinais nessa região com deslocamentos químicos de (δ) 2,002 ppm; 2,021 ppm; 2,040 ppm; 2,057 ppm e 2,074 ppm enquanto para o espectro do óleo residual filtrado com argila de Benevides apresentou apenas um sinal com deslocamento químico de (δ) 1,611 ppm (Figura 2B).

Sinais de hidrogênios α -carboxílicos são observados com deslocamentos químicos de (δ) 2,22 – 2,34 ppm (REDA; CARNEIRO, 2006). Foram observados 1 sinal com deslocamento químico de (δ) 2,305 ppm para o espectro do óleo residual de Ananindeua (Figura 1A) e 1 sinal com deslocamento químico de (δ) 2,040 – 2,308 ppm no espectro do óleo residual de Benevides (Figura 2A). Para os espectros dos óleos residuais filtrados com argila observou-se no espectro de Ananindeua 1 sinal com deslocamento químico (δ) 2,290 – 2,327 ppm (Figura 1B) enquanto para o espectro do óleo residual filtrado com argila para Benevides apresentou 1 sinal com deslocamento químico de (δ) 2,286 – 2,323 (Figura 2B).

Vigli e Colaboradores (2003) afirmam que os sinais para hidrogênios alílicos internos são observados com deslocamentos químicos na faixa de (δ) 2,751 – 2,785 ppm enquanto Reda; Carneiro afirmam que esses hidrogênios apresentam deslocamentos químicos (δ) de 2,70 – 2,80 ppm. Foi observado a presença de 1 sinal em ambos os espectros dos óleos residuais de Ananindeua e Benevides, com deslocamentos químicos de (δ) 2,765 ppm e 2,768 ppm, respectivamente (Figuras 1A e 2A). Para

os espectros dos óleos residuais filtrados com argila foi observado a presença de 1 sinal com deslocamento de (δ) 2,753 – 2,785 ppm no espectro de Ananindeua (Figura 1B) e 1 sinal com deslocamento químico de (δ) 2,751 – 2,781 ppm no espectro de Benevides (Figura 2B).

Segundo Vigli e Colaboradores (2003), sinais de hidrogênios metilênicos do glicerol são observados na faixa de deslocamentos químicos (δ) 4,121 – 4,317 ppm; prótons metínicos estão no intervalo (δ) 5,264 – 5,339 ppm (VIGLI *et al.*, 2003) enquanto Reda; Carneiro (2006) afirmam que esses apresentam sinais com deslocamentos químicos na faixa de (δ) 4,10 – 4,32 ppm.

Sinais de hidrogênios metilênicos do glicerol foram observados nos espectros de hidrogênio (^1H) dos óleos residuais de Ananindeua que apresentou 2 sinais com deslocamentos químicos de (δ) 4,125 – 4,307 ppm (Figura 1A) enquanto o óleo de Benevides apresentou 2 sinais com deslocamentos químicos na faixa de (δ) 4,121 – 4,317 ppm (Figura 2A). Nos espectros de hidrogênio (^1H) para os óleos residuais filtrados com argila observou-se 2 sinais desses hidrogênios no espectro do óleo de Ananindeua com deslocamentos na faixa de (δ) 4,121 – 4,317 ppm (Figura 1B), entretanto, o espectro do óleo de Benevides apresentou também 2 sinais com deslocamentos na faixa de (δ) 4,118 – 4,320 ppm (Figura 2B).

Segundo Reda; Carneiro (2006) sinais de hidrogênios olefínicos, ou seja, que contém duplas ligações se encontram na faixa de deslocamentos químicos de (δ) 5,26 – 5,40 ppm (REDA; CARNEIRO, 2006). Nos espectros de hidrogênio (^1H) do óleo residual de Ananindeua apresentou 2 sinais com deslocamentos químicos de (δ) 5,264 ppm e 5,336 ppm (Figura 1A), enquanto o espectro para o óleo residual filtrado com argila apresentou 2 sinais com deslocamentos de (δ) 5,265 – 5,356 ppm (Figura 1B).

Os hidrogênios olefínicos também foram observados nos espectros de hidrogênio (^1H) do óleo residual de Benevides que apresentou 2 sinais com deslocamentos químicos de (δ) 5,264 ppm e (δ) 5,339 ppm (Figura 2A), bem como também 2 sinais com deslocamentos químicos de (δ) 5,264 ppm e (δ) 5,335 ppm presentes no óleo residual filtrado com argila (Figura 2B).

5 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados, observa-se que o uso dos óleos em frituras exerce grande influência sobre a sua degradação, como evidenciado pelos elevados índices registrados antes do tratamento com argila. Ademais, foi possível verificar a notória capacidade adsorvente da argila clarificante para o melhoramento da qualidade do óleo, através da redução dos índices de acidez, peróxidos, iodo e saponificação, indicando uma possível alternativa para a recuperação de óleos

residuais para sua reintrodução na cadeia produtiva, por meio da elaboração de produtos secundários como sabões e afins.

Por fim, é importante destacar que o método de espectrometria de RMN ¹H se mostrou eficiente e prática para a avaliação dos parâmetros físico-químico dos óleos, visto que essa análise instrumental possui elevada precisão e rapidez de processamento, fato que contribuiu para a agilização da análise dos dados do presente trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará (UFPA) e à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) pelo apoio institucional e incentivo fundamentais ao desenvolvimento desta pesquisa. Estendo meus agradecimentos ao Laboratório de Biosoluções da Amazônia (LABA) pelo espaço, recursos e contribuições técnicas, bem como aos pesquisadores envolvidos, cuja colaboração e dedicação foram essenciais para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 87, de 15 de março de 2021.

BRASIL (2010) Lei nº 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº. 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2004.

CORSINI, M. S., JORGE, N., MIGUEL A. M. R. O., VICENTE E. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos. Química Nova. 2008; 31(5):956-61. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500003>.

DANTAS, Fernanda Raquel et al. Aproveitamento de óleos vegetais residuais no contexto da educação ambiental – uma revisão. Anais do V CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/72899>>

FREIRE, P. C. M., MANCINI-FILHO, J., FERREIRA, T. A. P. C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. Revista de Nutrição. 2013. 26(3). <https://doi.org/10.1590/S1415-52732013000300010>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físicoquímicos para análise de alimentos: normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008.

KASAI, N., IMASHIRO, Y., MORITA, N. Extraction of Soybean Oil from Single Cells. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003; 51(21), 6217–6222. <https://doi.org/10.1021/jf034130d>

MELO, M. A. M. F. Avaliação das propriedades de óleos vegetais visando a produção de biodiesel. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Natureza) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

PATRICIO, J. S.; HOTZA, D.; NONI JÚNIOR, A. D. Argilas adsorventes aplicadas à clarificação de óleos vegetais. Cerâmica, v. 60, n. 354, p. 171–178, jun. 2014. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132014000200002>

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. Introdução à Espectroscopia. 4. ed. [S. l.: s. n.], 2010. 716 p. ISBN 978-85-221-0708-7

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. “Parâmetros físico-químicos do óleo de milho in natura e sob aquecimento calculado pelo programa PROTEUS RMN H1”. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng., Ponta Grossa, v. 12, n. 2, p. 31-36, 2006

VIGLI, G. et al. Classification of edible oils by employing ^{31}P and ^1H NMR spectroscopy in combination with multivariate statistical analysis. A proposal for the detection of seed oil adulteration in virgin olive oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, p.5715-5722, 2003. Disponível: <http://link.periodicos.capes.gov.br.ez82.periodicos.capes.gov.br> Acesso em 25 jan. doi: 10.1021/jf030100z.