



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS**

**EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DAS
SEMENTES DE MORINGA (*Moringa oleífera*): CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA, BIOATIVA E REOLÓGICA**

MARIA CARMEM BATISTA DE ALENCAR

CAMPINA GRANDE – PB

2023

**EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DAS
SEMENTES DE MORINGA (*Moringa oleífera*): CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA, BIOATIVA E REOLÓGICA**

MARIA CARMEM BATISTA DE ALENCAR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – PPGEP, do Centro de Ciências e Tecnologia – CCT/UFCG, como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos.

ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Ana Paula Trindade Rocha.

CAMPINA GRANDE – PB

2023

A368c

Alencar, Maria Carmem Batista de.

Efeito da temperatura de secagem na extração de óleo das sementes de moringa (*Moringa oleifera*): caracterização físico-química, bioativa e reológica / Maria Carmem Batista de Alencar. – Campina Grande, 2023.
42 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.

"Orientação: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha".

Referências.

1. Secagem – Processo de Extração. 2. Moringa – (*Moringa oleifera*).
3. Prensagem a Frio. 4. Prensagem a Frio. 5. Viscosidade Cinemática.
6. Propriedades Termodinâmicas. I. Rocha, Ana Paula Trindade.
II. Título.

CDU 66.047(043)

**EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DAS
SEMENTES DE MORINGA (*Moringa oleífera*): CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA, BIOATIVA E REOLÓGICA**

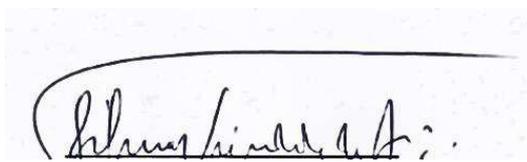
MARIA CARMEM BATISTA DE ALENCAR

APROVADO EM:20/12/2023

BANCA EXAMINADORA:



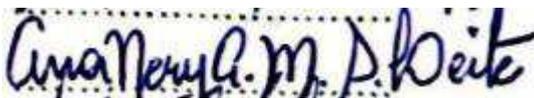
Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha (Orientadora)



Prof. Dr. Gilmar Trindade de Araújo



Dr. Newton Carlos Santos



Dra. Ana Nery Alves Martins Pereira Leite

CAMPINA GRANDE – PB, 2023

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Valores experimentais da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C | 17 |
| Figura 2: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Fick com seis termos da série. | 18 |
| Figura 3: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Cavalcanti-Mata. | 20 |
| Figura 4: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Midilli... .. | 20 |
| Figura 5: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Page..... | 21 |
| Figura 6: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Henderson e Pabis..... | 21 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Modelos para prever o fenômeno de secagem de produtos agrícolas. | 11 |
| Tabela 2: Parâmetros da cinética de secagem das sementes de moringa, por meio do modelo de Fick até o 6 termo da série, com seus coeficientes de determinação (R^2) para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C. | 18 |
| Tabela 3: Parâmetros estimados dos modelos de Cavalcanti-Mata, Midilli, Page e Henderson e Pabis, da secagem das sementes de moringa nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C. | 22 |
| Tabela 4: Valores para as variações de entalpia (ΔH), entropia (ΔS) e energia livre de Gibbs (ΔG) para diferentes condições de secagem das amostras de sementes de moringa. | 23 |
| Tabela 5: Propriedades físico-químicas dos óleos das sementes de moringa nas quatro diferentes temperaturas de secagem. | 25 |
| Tabela 6: Compostos bioativos dos óleos das sementes de moringa nas quatro diferentes temperaturas de secagem. | 26 |
| Tabela 7: Viscosidade dos óleos das sementes de moringa nas quatro diferentes temperaturas de secagem. | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| RESUMO | ii |
| ABSTRACT | iii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 2 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 3 |
| 2.1 Moringa | 3 |
| 2.2 Sementes..... | 3 |
| 2.3 Semente de moringa | 4 |
| 2.4 Óleos vegetais | 5 |
| 2.5 Valorização dos óleos vegetais | 6 |
| 2.6 Óleo da semente de moringa | 7 |
| 2.7 Aplicação na indústria | 7 |
| 3 METODOLOGIA..... | 9 |
| 3.1 Obtenção das sementes de <i>Moringa oleífera</i> | 9 |
| 3.2 Estudo da cinética de secagem | 9 |
| 3.3 Extração do óleo por prensagem de <i>moringa oleífera</i> | 12 |
| 3.4 Caracterizações do óleo da semente de <i>moringa oleífera</i> | 12 |
| 3.5 Determinação dos compostos bioativos do óleo da semente de moringa..... | 15 |
| 3.6 Comportamento reológico do óleo da semente de Moringa Oleífera..... | 15 |
| 3.7 Análise estatística | 16 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 31 |
| REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA | 32 |

RESUMO

Moringa oleífera é universalmente referida como a planta milagrosa ou a árvore da vida, tratando-se de uma planta rica em nutrientes, contendo compostos fenólicos, ácidos graxos, carboidratos, fibras, minerais, aminoácidos, vitaminas e peptídeos funcionais. Sendo suas sementes frequentemente denominadas como resíduo, seu uso tende a ser considerado um aproveitamento. Devido à crescente tendência de substituição de gorduras de origem animal por gorduras de origem vegetal, algumas indústrias estão retornando ao uso de matérias-primas naturais para a produção de óleo, como a semente de moringa, com intuito de obtenção de um óleo alternativo e de boa qualidade. Assim, o objetivo do presente estudo foi realizar a extração do óleo da semente de moringa, avaliando seu comportamento reológico e caracterizando quanto aos parâmetros físico-químicos e bioativos. Inicialmente, foi realizado um estudo cinético das sementes de moringa a 40, 50, 60 e 70°C em secador convectivo com o intuito de avaliar o ajuste dos modelos matemáticos e as propriedades termodinâmicas. Após obtenção das 4 farinhas a 40, 50, 60 e 70°C foi realizada a extração por prensagem a frio do óleo da semente de moringa, avaliando as propriedades de índice de acidez, peróxido, iodo e saponificação, além de determinar os compostos bioativos (fenólicos, taninos, antocianinas, flavonoides e carotenoides). O estudo do comportamento reológico também foi realizado, através da viscosidade cinemática. O modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou a cinética de secagem das sementes de moringa. A secagem apresentou uma energia de ativação de 33,093kJmol⁻¹. O rendimento médio dos óleos das sementes de moringa obtidos foi de 22,45%. O teor de taninos, compostos fenólicos e carotenoides (médias das quatro temperaturas de 5,2mg/100g; 112,87mg/100g; 0,599mg/100g, respectivamente) observados nos óleos não apresentou diferença significativa ao nível de confiança estabelecido, no entanto, nos teores de flavonoides e antocianinas observou-se uma redução do teor desses compostos à medida que se foi aumentada a temperatura de secagem. A viscosidade cinemática obtida neste estudo foi em média de 44,99 mm²s⁻¹ sendo possível observar ainda que não houve diferença significativa estatística entre as amostras podendo concluir que esse pré-processo não influenciou na viscosidade encontrada nas análises do óleo das sementes de moringa.

PALAVRAS-CHAVE: *Moringa oleífera*; Prensagem a frio; Viscosidade cinemática; Propriedades termodinâmicas.

ABSTRACT

Moringa oleifera is universally referred to as the miracle plant or the tree of life, being a plant rich in nutrients, containing phenolic compounds, fatty acids, carbohydrates, fiber, minerals, amino acids, vitamins and functional peptides. As its seeds are often referred to as waste, their use tends to be considered a benefit. Due to the growing trend of replacing fats of animal origin with fats of vegetable origin, some industries are returning to the use of natural raw materials for oil production, such as moringa seed, with the aim of obtaining an alternative oil and good quality. Thus, the objective of the present study was to extract moringa seed oil, evaluating its rheological behavior and characterizing its physical-chemical and bioactive parameters. Initially, a kinetic study of moringa seeds was carried out at 40, 50, 60 and 70°C in a convective dryer in order to evaluate the adjustment of mathematical models and thermodynamic properties. After obtaining the 4 flours at 40, 50, 60 and 70°C, the moringa seed oil was extracted by cold pressing, evaluating the acidity index, peroxide, iodine and saponification properties, in addition to determining the bioactive compounds. (phenolics, tannins, anthocyanins, flavonoids and carotenoids). The study of rheological behavior was also carried out, using kinematic viscosity. The Midilli model was the one that best adjusted the drying kinetics of moringa seeds. Drying presented an activation energy of 33.093kJmol⁻¹. The average yield of moringa seed oils obtained was 22.45%. The content of tannins, phenolic compounds and carotenoids (averages of the four temperatures of 5.2mg/100g; 112.87mg/100g; 0.599mg/100g, respectively) observed in the oils did not show a significant difference to the established confidence level, however, In the levels of flavonoids and anthocyanins, a reduction in the content of these compounds was observed as the drying temperature was increased. The kinematic viscosity obtained in this study was on average 44.99 mm²s⁻¹, making it possible to observe that there was no statistically significant difference between the samples, leading to the conclusion that this pre-process did not influence the viscosity found in the analyzes of moringa seed oil.

KEYWORDS: *Moringa oleifera*; Cold pressing; Kinematic viscosity; Thermodynamic properties.

1 INTRODUÇÃO

O aumento de informações sobre o uso de fontes vegetais para a alimentação funcional leva à necessidade de se desenvolver métodos que facilitem a enorme tarefa de avaliar cientificamente o valor terapêutico e alimentício dessas espécies. O potencial desses alimentos vegetais como fonte primária em diversas áreas tem sido amplamente reconhecido. Com isso, os benefícios dos produtos verdes frescos, o consumo de frutas e legumes aumentou substancialmente nas últimas décadas com o intuito de promover saúde ao consumidor (Barbulova *et al.*, 2015; Belkheiri *et al.*, 2021; Veloso *et al.*, 2023).

Conhecida por árvore da baqueta, árvore milagrosa ou árvore da vida, a *Moringa oleífera* Lam. é membro da família *Moringaceae*, nativa da Índia mais difundida para África e outros países tropicais e áridos. A moringa é rica em inúmeros nutrientes, dos quais se destacam as vitaminas, fitohormônios e metabólitos secundários, além de também compreender em sua composição altos teores de antioxidantes e osmoprotetores, incluindo prolina, aminoácidos, açúcar solúvel, α -tocoferol e glutatona (Kashyap *et al.*, 2022; Yuniati *et al.*, 2022).

Cada parte da planta moringa (raízes, caules, folhas, flores, vagens verdes e sementes) tem um ou mais usos com propriedades bioativas diferentes. As sementes, por exemplo, possuem quantidades consideráveis de macronutrientes, incluindo sódio, potássio, cálcio e magnésio, micronutrientes como ferro, cobre e zinco, além de sete aminoácidos essenciais e sete aminoácidos hidrofóbicos que contribuem para a atividade antioxidante (Silva *et al.*, 2020; Granella *et al.*, 2021).

A semente de moringa é uma fonte utilizada na extração de óleos vegetais por possuir elevado teor de ácido oleico como seu principal ácido graxo, de forma semelhante ao azeite de oliva. Além disso, os óleos extraídos de sementes, por exemplo, são considerados exóticos e seguem a tendência de bem-estar e saúde que os consumidores buscam, reduzindo cada dia mais o uso de óleos minerais. Assim, por se tratar de uma fonte com elevado poder antioxidante, a moringa se torna ainda mais favorável ao uso na extração de óleos vegetais, pois englobam características de baixa rancidez oxidativa ao óleo obtido, sendo necessário apenas um grau de refinamento adicional e adição de menor quantidade de conservante (Yara-Váron *et al.*, 2017; Boukandoul *et al.*, 2018).

Além disso, os óleos vegetais são amplamente utilizados nas indústrias alimentícia, cosmética, farmacêutica e de biocombustíveis, sendo necessárias novas pesquisas acerca desses óleos para um melhor conhecimento ao produtor e consumidor. Estudos comprovam que o óleo da semente de moringa gera menor concentração de produtos oxidantes primários e secundários

durante o armazenamento de longo prazo, com melhor período de indução, ou seja, esse óleo pode ser utilizado para o aumento da estabilidade oxidativa de óleos comestíveis comerciais (Nadeem; Imram, 2016; Teixeira *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo realizar a extração do óleo das sementes de moringa, avaliar o seu comportamento reológico e caracterizar quanto aos seus parâmetros físico-químicos e bioativos para ser possível observar a contribuição para o setor industrial e para a engenharia de processos.

1.2 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da extração, em diferentes temperaturas, no rendimento, nas propriedades físico-químicas, bioativas e termodinâmicas, e no comportamento reológico do óleo extraído da semente de moringa (*Moringa oleífera*).

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da variação da temperatura de secagem no rendimento de extração de óleo;
- Analisar o efeito da variação da temperatura na cinética de secagem, na energia de ativação e nas propriedades termodinâmicas do óleo extraído da semente de moringa;
- Avaliar o impacto da variação da temperatura de secagem nas propriedades físico-químicas e propriedades bioativas do óleo extraído;
- Estudar o efeito da variação da temperatura de secagem da semente de moringa no comportamento reológico do óleo extraído, após a secagem;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Moringa

A utilização de plantas em diversos segmentos da indústria tornou-se uma alternativa que tem se mostrado eficaz, nesse sentido, a *Moringa oleífera*, da família *Moringaceae* é uma hortaliça perene e arbórea, e seu cultivo se deve à elevada capacidade de adaptação a condições climáticas e a solos áridos, aliada à possibilidade de aproveitamento das folhas, frutos verdes, flores e sementes torradas, com quantidades representativas de nutrientes. No Brasil a moringa é geralmente encontrada em regiões secas e quentes, com baixos índices de pluviosidade, como no semiárido (Guimarães, 2017; Noronha *et al.*, 2018).

Dentre as catorze espécies desse gênero, a mais conhecida é a *Moringa Oleífera Lam.* (*sin. Moringa pterygosperma*) popularmente conhecida como “quiabo-de-quina”, lírio branco” ou somente como “*moringa*”. Taxonomicamente pode ser definida como: Reino: *Plantae*; Divisão: *Magnoliophyta*; Classe: *Magnoliopsida*; Ordem: *Brassicales*; Família: *Moringaceae*; Gênero: *Moringa*; Espécie: *oleífera*; Nome *filotaxonômico*: *MORINGA OLEÍFERA Lam* (Pereira, 2015; Araújo-Leonídio, *et al.*, 2019).

Para que a planta atinja o seu desenvolvimento total, são necessários que alguns fatores sejam completados em qualidade e quantidade durante o seu ciclo de vida, como a pluviosidade, temperatura, luminosidade, dos nutrientes disponíveis para a sua nutrição, entre outros. Em relação a nutrientes essenciais, deve-se entender que estes têm que se encontrar na solução do solo, na forma iônica, disponíveis para absorção pelo sistema radicular (Pinto, 2018).

A moringa é dita como árvore milagrosa, fazendo jus ao nome devido a sua diversidade de aplicação e pelos efeitos benéficos a saúde, sendo considerada assim uma espécie rica em conteúdo nutricional mais com elevado poder medicinal como: elevado potencial de atividades analgésica, anti-inflamatória e antipirética, atividade neuro farmacológica, atividade anticancerígena, atividade antioxidante, efeitos positivos no sistema reprodutivo, atividade hepatoprotetora, atividade cardiovascular, antiobesidade, antidiabética, diurética, antialérgica e antiasmática, além de possuir elevado poder anticicatrizante e antimicrobiano (Bhattacharya *et al.*, 2018).

2.2 Sementes

Um papel cada vez mais importante na promoção da saúde é atribuído aos componentes

bioativos dos alimentos, sendo eles polifenóis, carotenoides, fitoestrógenos, esteróis, estanois, vitaminas, fibras alimentares, ácidos graxos, probióticos, prebióticos e peptídeos bioativos. Assim, em vista as propriedades promotoras de saúde dos alimentos, nos últimos anos temos observado um considerável interesse por produtos de origem vegetal, os quais têm sido investigados (Kulczyński *et al.*, 2019).

A qualidade das sementes geralmente é obtida durante o armazenamento, a viabilidade e a longevidade das sementes são consideravelmente influenciadas por fatores-chave, como a composição genética hereditária das variedades, a qualidade inicial das sementes, o teor de umidade, a umidade relativa e a temperatura, procedência, atividade dos organismos associados às sementes armazenadas, pressão de oxigênio e outros fatores, tais como a luz solar direta sobre as sementes, o número de vezes e o tipo de fumigação, o efeito do tratamento das sementes, as condições de armazenamento e o transporte (Selvi; Saraswathy, 2018).

2.3 Semente de moringa

Os frutos da moringa apresentaram um comprimento relativamente pequeno ($\pm 28,50$ cm de comprimento e $\pm 2,21$ cm de largura), com aproximadamente 12 sementes por fruto baixo. As sementes são globoides e aladas, de cor castanho-médio, com alas castanho-claro, bígumentadas e exalbuminosas, possuindo cada uma com três asas e contendo em seu interior uma massa branca e oleosa. Possuem cerca de 1,04 cm de comprimento e 1,0 cm de espessura e peso de médio a leve (197g/1000 sementes). Assemelha-se na aparência e no sabor ao rabanete. São frequentemente consumidas como especiarias (Gualberto *et al.*, 2014; Sousa; Melo, 2019).

Além da interessante presença de proteínas, lipídios e carboidratos, as sementes de *M. oleífera* contêm vitaminas A e B1. Eles também são fontes de minerais, micronutrientes e compostos bioativos como flavonoides, saponinas, esteróis, fitatos e inibidores de tripsina. A semente pode ser considerada oleaginosa pelo teor de lipídios variando de 13% a 46%, apresentando assim as sementes de *M. Oleífera* não apenas como fonte de proteína, mas também como fonte de lipídios e fibras (SAA *et al.*, 2019).

Descobertas recentes têm demonstrado que as sementes de moringa, seus extratos, frações proteicas e peptídicas possuem alto perfil nutricional e compostos bioativos que podem ser empregados para aplicação na indústria nutracêutica, farmacêutica e de alimentos funcionais, sendo utilizadas para aliviar deficiências minerais e vitamínicas, fortalecer o sistema cardiovascular, promover níveis normais de glicose no sangue, além de neutralizar e reduzir a

malignidade dos radicais livres (Kumar *et al.*, 2022).

2.4 Óleos vegetais

Os óleos vegetais são triglicerídeos normalmente obtidos de uma planta, são utilizados pelo ser humano há séculos. O termo "óleo vegetal" pode ser definido como óleo vegetal que é líquido à temperatura ambiente. São constituídos por triglicerídeos e embora muitas partes da planta possam produzir óleo, comercialmente, o óleo é extraído principalmente de sementes. Apresentam baixa ecotoxicidade e são prontamente disponíveis e biodegradáveis. Materiais obtidos a partir de óleos vegetais (comestíveis ou não comestíveis), como óleo de soja, óleo de girassol, óleo de palma, óleo de colza, óleo de mamona e óleo de vernonia, têm aplicação em vários campos, incluindo alimentos, combustíveis (biocombustíveis), biolubrificantes, revestimentos e tintas, adesivos, cosméticos, farmacêuticos, plastificantes e materiais de construção (Rafiq *et al.*, 2015; Karmakar *et al.*, 2017).

Por ser considerado um componente indispensável da dieta humana e uma importante fonte de lipídios comestíveis, o óleo vegetal torna-se responsável por mais de 75% do total de lipídios consumidos no mundo. É também visto como uma fonte significativa de ácidos graxos, especialmente aqueles ácidos graxos essenciais. Como um importante meio usado na culinária, o óleo vegetal pode não apenas fornecer energia, mas manter a temperatura corporal normal, proteger os tecidos do corpo, transportar vitaminas lipossolúveis e desempenhar outras funções importantes, mostrando que com o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico, os óleos vegetais comestíveis vem testemunhado um aumento notável no seu consumo devido ao seu papel significativo na proteção da saúde e prevenção de doenças (Yang *et al.*, 2018).

Os óleos vegetais são considerados um bom meio de aquecimento devido à sua capacidade de transferir calor de forma mais rápida e equitativa, tendo como característica altos pontos de fulgor (>300 °C) e de incêndio (>300 °C). Contudo, pode apresentar desvantagens como maior tendência a queimaduras e a produção de odores indesejados (Lee *et al.*, 2018).

O aumento da necessidade e conseqüentemente do uso dos óleos vegetais geram elevados teores de resíduos, com uso diário em sua maioria mais com descarte inadequado, pois após a utilização, muitas pessoas não sabem como descartá-lo corretamente e acabam jogando o produto nos ralos das pias, vasos sanitários, ou colocam em sacolas plásticas e recipientes fechados e os depositam no lixo, prejudicando dessa forma o ambiente. A reciclagem do óleo vegetal existe e é uma alternativa, sendo utilizados como matéria-prima na produção de resinas para tintas, detergentes, glicerinas, ração para animais, biodiesel e fabricação de sabão líquido

e solido. Conforme a Associação Brasileira para Sensibilização, Coleta e Reciclagem de Óleo Comestível o Brasil é responsável pela produção de 3 bilhões de litros de óleo vegetal consumível por ano, havendo a coleta de menos de 1% deste volume (Oliveira; Andrade, 2022; Stock *et al.*, 2022).

2.5 Valorização dos óleos vegetais

Nos últimos anos, o conceito de sustentabilidade baseia-se num modelo de economia circular, centrado na eficiência dos recursos, na redução de resíduos, na reciclagem e na valorização. Nesse contexto destaca-se o desperdício alimentar, como uma área-chave na economia circular e por esta razão a sua valorização é considerada uma grande alternativa à conversão de resíduos em valiosos produtos de base biológica ou bioindústria, efetuando assim um aproveitamento total das matérias-primas utilizadas em diversos segmentos (Sanchez-Camargo *et al.*, 2019).

Algumas plantas e sementes, por exemplo, contêm óleos extraíveis que há séculos têm sido usados como alimento ou em formulações cosméticas, com isso alguns desses óleos vegetais têm chamado a atenção de pesquisadores como fonte de energia renovável. O teor de óleo de sementes oleaginosas, nozes, amêndoas ou polpas de frutas varia entre 3% e 70% do peso total e tem estruturas químicas semelhantes às gorduras animais. Contudo tem havido uma busca contínua por parte dos pesquisadores para melhorar o rendimento das extrações, otimizando as condições do processo para cada tipo de método de extração e oleaginosa, pois o rendimento ideal varia com esses fatores (Nde; Foncha, 2020).

Além das funções desempenhadas na indústria, os óleos são vistos como importantes fontes de ácidos graxos, especialmente os ácidos graxos essenciais, resultando assim em efeitos positivos sobre a saúde humana, fornecendo energia, mantendo a temperatura corporal normal, protegendo os tecidos do corpo, carregando vitaminas lipossolúveis e desempenhando outras funções importantes, promovendo assim uma elevada demanda em todo mundo. Com isso, unir fontes corretas, formas de extração favoráveis e óleos com características de elevada qualidade são os maiores desafios enfrentados pelos pesquisadores e produtores (Wang *et al.*, 2019).

O óleo vegetal é uma rica fonte de nutracêuticos, desempenhando um papel fundamental na saúde e nutrição humana, como carotenoides, lecitina, lignanas, orizanóis, fitoesteróis e fitoestanóis, policosanol, tocoferóis e tocotrienóis, triacilgliceróis (TAGs) e ácidos graxos livres (AGs) derivados deles (Vergallo, 2020).

2.6 Óleo da semente de moringa

As sementes de moringa são ricas em óleo (32% a 40%) de alto valor alimentício, assemelhado ao azeite de oliva, pois é rico em Ômega 9 (70%), ácido oleico, Ômega 6 e Ômega 3. É conhecido como 'Ben Oil', sendo claro, doce, inodoro e resistente à rancificação, comestível e aproveitado na fabricação de cosméticos. Estudos ainda constatarem que é um lubrificante de excelente qualidade, sendo usado em alguns países para a fabricação de sabão. O óleo da moringa é de alta qualidade e apresenta alto valor potencial para a venda no mercado a um elevado valor, devido a sua qualidade (Pinto, 2018).

Geralmente os estudos sobre sementes são muito acentuados na purificação da água e na extração do óleo. O óleo obtido tem uma boa estabilidade para cozinhar e boas aptidões tecnológicas para fritar, apresentando boa estabilidade térmica e oxidativa, sendo influenciado pelo efeito do método de extração e temperatura, além do tempo de armazenamento, fatores que podem interferir positiva ou negativamente sobre as propriedades físico-químicas do óleo. Além disso o óleo de semente de *M. oleifera* é dito como um óleo mais estável e saudável para uso alimentício (Saa *et al.*, 2019).

O óleo da semente de Moringa contém uma grande quantidade de ácidos graxos monoinsaturados, que é um tipo de óleo comestível funcional com alto nível de segurança alimentar. O óleo de semente contém todos os ácidos graxos contidos no azeite, sendo o ácido oleico, que pertence aos ácidos graxos monoinsaturados, o principal. O teor de ácido oleico do óleo de semente de moringa é de cerca de 78% e uma pequena quantidade de ácidos graxos essenciais, como o ácido linolênico (0,2%) e o ácido linoleico (0,77%). Além disso, o óleo de semente de Moringa também contém ingredientes ativos como tocoferol (5 g/kg) e álcool vegetal (327 mg/kg) (Fu *et al.*, 2020).

2.7 Aplicação na indústria

As sementes, coletadas das vagens, podem ser consumidas cruas ou cozidas. A partir de sementes de *M. oleifera*, um rico óleo vegetal pode ser produzido. O óleo de semente de *M. oleifera* ou óleo de Behen/Ben é produzido através da prensagem a frio das sementes de *M. oleifera*. O óleo de *M. oleifera* pode ser usado para cozinhar, como fonte para preparar biodiesel, como lubrificante e na indústria cosmética. O nome do óleo vem de seu alto teor em ácido behênico, que confere mais resistência à degradação oxidativa em comparação com outros óleos vegetais. O óleo de Ben é rico em ácido oleico (até 76%), palmítico (6,54%), mas

também esteárico (6%), behênico (7%) e araquídico (4%). É utilizado em diversas formulações cosméticas como emoliente e confere propriedades nutritivas, hidratantes, antioxidantes e protetoras. É também um bom produto de limpeza de pele (Ghafoor *et al.*, 2021).

Os peptídeos bioativos (uma cadeia de 2 a 20 resíduos de aminoácidos) derivados de proteínas naturais à base de plantas ganharam grande interesse na saúde, conservação de alimentos e indústrias farmacêuticas. As sementes de moringa contêm alto teor de proteína (~52%) com todos os aminoácidos essenciais e podem atuar como uma fonte potencial de proteína isolada funcional. Devido à composição equilibrada de aminoácidos, o isolado proteico de semente de moringa pode ser utilizado como alternativa a outras fontes proteicas para aplicação em alimentos humanos. Também é relatado para melhorar a qualidade dos produtos alimentares, juntamente com benefícios adicionais para a saúde. Descobertas recentes têm demonstrado que sementes de moringa, seus extratos, frações proteicas e peptídicas possuem alto perfil nutricional e compostos bioativos que podem ser empregados para aplicação na indústria nutracêutica, farmacêutica e de alimentos funcionais (Kumar *et al.*, 2022).

Moringa oleifera ganhou o título de "Árvore Milagrosa" e a atenção comercial apoiou em várias propriedades, tais como valores nutricionais, aminoácidos e teor de flavonóis que podem ser utilizados na indústria de suplementos alimentares e cosméticos. De fato, quando comparado a outras plantas, podemos obter 7 vezes mais vitamina C do que da laranja, 10 vezes mais vitamina A do que da cenoura, 17 vezes mais cálcio do que no leite, 9 vezes mais proteína do que no iogurte, 15 vezes mais potássio do que na banana e 25 vezes mais ferro do que o obtido do espinafre (Meireles *et al.*, 2020).

3 METODOLOGIA

3.1 Obtenção das sementes de *Moringa oleífera*

As semente de *Moringa oleífera* foram coletadas em região semiárida, no Nordeste do Brasil, (coordenadas de geoprocessamento 6°51'41"S 38°32'57"W - Campus da UFCG em Cajazeiras). Após a coleta das sementes foram também coletadas amostras para a confecção das exsiccatas destinadas a identificação botânica da espécie onde as sementes foram coletadas. A coleta do material se deu no mês de novembro de 2022 e foram tomadas amostras de semente de cinco indivíduos adultos.

3.2 Estudo da cinética de secagem

As sementes coletadas foram transportadas, em recipientes de polietileno, para o Laboratório de Secagem pertencente ao curso de Graduação em Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – CTRN da Universidade Federal de Campina Grande, Campus I, Paraíba, onde foram sanitizadas e armazenada em temperatura ambiente em abrigo da luz até o uso.

3.2.1 Determinação do teor de água inicial

O teor de água inicial foi determinado segundo AOAC (1995). Para tanto, foram pesadas 5g de amostra em uma balança analítica Marca Bel mod. Mark-210A, em cápsulas de alumínio, livre de umidade e peso previamente determinado, em seguida, colocadas em estufa a 105°C até atingir o peso constante, na sequência resfriadas em um dessecador por 15min e pesadas. O cálculo foi feito segundo a Equação (1).

$$\text{Teor de água} = \frac{m_i - m_f}{m_a} \times 100 \quad (1)$$

em que:

m_i - massa inicial (cápsula + amostra úmida), g;

m_f - massa final (cápsula + amostra seca), g;

m_a - massa da amostra utilizada, g.

3.2.2 Procedimento da cinética de secagem

A cinética de secagem foi feita nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C segundo Almeida *et al.* (2015) com adaptações. Cada produto foi distribuído em três bandejas (triplicata) de tela de alumínio, medindo 13,0 x 7,0 x 4,5 cm, com 1,0mm de malha, nas quais, as sementes higienizadas foram colocadas em camada fina.

A cinética de secagem foi realizada em uma estufa da marca Marconi modelo MA035/3IN350 de 3000 Watts, na qual a temperatura do equipamento foi aferida com um sensor Termopar acoplado a um termômetro digital da marca OAKTON Mod. TEMP100JETK. Para iniciar a cinética, as bandejas foram distribuídas aleatoriamente no interior da estufa dotada de circulação e renovação de ar, cuja velocidade de circulação foi aferida com um anemômetro em 1,5 m.s⁻¹.

Durante a cinética, as bandejas foram pesadas no início e em intervalos de tempo regulares como segue: no primeiro a cada 5min até completar 30 min; no segundo a cada 10 min até 60 min; no terceiro a cada 15 min até 105 min; no quarto a cada 30 min até 180 min; por fim de 60 em 60 min até atingir a massa constante. As amostras continuaram na estufa por mais 24h, para ser determinado o teor de água de equilíbrio.

3.2.3 Determinação da razão do teor de água

Os dados da perda de massa durante o acompanhamento cinético, foram utilizados para calcular as razões do teor de água sendo essa uma unidade adimensional, Equação (2).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (2)$$

em que:

RX - razão de teor de água, adimensional;

X - teor de água no tempo t (b.s.)

X_i - teor de água inicial (b.s.)

X_e - teor de água de equilíbrio (b.s.)

Os modelos matemáticos: Fick, Page; Cavalcanti Mata; Henderson & Pabis; Midilli; descritos pelas equações (3, 4, 5, 6 e 7) respectivamente (Tabela 1), foram utilizados para expressar a cinética de secagem da semente de moringa. Para análise do melhor modelo foram

considerados, respectivamente, os valores do coeficiente de determinação (R²) mais próximo de 1,0 e o Desvio Quadrático Médio (DQM) mais próximo de zero.

Tabela 1 – Modelos para predizer o fenômeno de secagem de produtos agrícolas.

| Modelo | Equação | Designação do modelo | Eq. |
|----------------------------------|--|---|-----|
| Fick | $RX = \left(\frac{8}{\pi^2}\right) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2}{4} \pi^2 \frac{D_{EF} t}{L^2}\right)$ | Crank (1975) | (3) |
| Page | $RX = \exp(-k \cdot t^n)$ | Page (1949) | (4) |
| Cavalcanti Mata | $RX = a_1 \cdot \exp(-(k_1 \cdot t)^{n_1}) + a_2 \cdot \exp(-(k_1 \cdot t)^{n_2}) + a_3$ | Cavalcanti-Mata <i>et al.</i> (2006) | (5) |
| Henderson & Pabis | $RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$ | Henderson; Pabis (1961) | (6) |
| Midilli | $RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$ | Midilli <i>et al.</i> (2002) | (7) |

Onde: RX - razão de teor de água; k - constantes de secagem, (min⁻¹); a; a₁; a₂; a₃; n; n₁; n₂ - Parâmetros de ajustes; t - tempo de secagem, (min); DEF: difusividade efetiva m² s⁻¹; t: tempo, (s), para modelo Fick; L: dimensão característica meia espessura da placa, mm.

3.2.4 Energia de ativação

Para avaliar a influência da temperatura na difusividade efetiva, foi utilizada a equação de Arrhenius, Equação (8).

$$D_{ef} = D_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R \cdot T}\right) \quad (8)$$

Em que:

D_{ef} = Coeficiente de difusão líquida efetiva m².s⁻¹;

D₀ = constante chamada de fator pré-exponencial, m².s⁻¹;

E_a = energia de ativação, J.mol⁻¹;

R = constante universal dos gases, 8,314 J.mol⁻¹.K⁻¹;

T = temperatura absoluta, K.

3.3 Extração do óleo por prensagem de *moringa oleífera*

Os óleos da semente de moringa foram extraídos por prensagem a frio usando prensa de pressão (marca da prensa), segundo metodologia utilizada por Čurko *et al.* (2023). As sementes, após a secagem, nas quatro temperaturas diferentes, foram prensadas sem trituração ou condicionamento. O conjunto de cilindro pistão foi preenchido com as sementes e foi utilizada uma força equivalente a 200 KPa. Os óleos foram posteriormente clarificados por sedimentação e armazenado em frascos de material polímero termoplástico (PET) ao abrigo da luz para análises posteriores. O rendimento dos óleos foi calculado através da Equação 9.

$$RO = \frac{m_1 \times 100}{m_2} \quad (9)$$

Em que:

RO = Rendimento do óleo extraído (%); m_1 = massa do óleo obtido; m_2 = massa dos grãos prensados.

3.4 Caracterizações das propriedades físico-químicas do óleo da semente de *Moringa oleífera*

3.4.1 Índice de acidez

Para determinar o índice de acidez foi utilizado o método NBR 11115 da ABNT (2014). Foi pesado 2,5g de cada óleo em um erlenmeyer e adicionado 12,5mL de uma mistura de éter etílico e etanol 1:1, para promover a diluição do óleo, atuando como solvente. Em seguida, foram adicionadas 2 gotas do indicador fenolftaleína, e a mistura foi titulada com uma solução de KOH 0,1 mol.L⁻¹, até atingir a coloração rósea. Uma prova em branco foi realizada nas mesmas condições descritas, sem a presença da amostra. O índice de acidez (IA) foi calculado de acordo com a Equação 10.

$$IA = \frac{(V_A - V_B) \times M \times 56.1}{\text{Peso da amostra (g)}} \quad (10)$$

Em que:

IA = índice de acidez; M = concentração da solução de KOH (mol L⁻¹); V_A = volume de KOH gasto na titulação da amostra (mL); V_B = volume de KOH gasto na titulação do branco (mL); P = massa da amostra (g) e 56,1 = massa molecular de KOH.

3.4.2 Índice de peróxidos

O índice de peróxido foi determinado pelo método Cd 8-53 da AOCS (2012). Foram dissolvidas 5g das amostras de cada óleo em 30mL de uma solução de ácido acético/clorofórmio (3:2 v/v), seguida da adição de 0,5mL de solução saturada de iodeto de potássio. A mistura foi colocada em repouso por exatamente um minuto e em seguida foram adicionados 30mL de água recém fervida e 0,5mL de solução de amido a 1%. O iodo liberado foi titulado com solução de tiosulfato de sódio 0,01N, até o clareamento total da solução. Uma prova em branco foi realizada nas mesmas condições descritas, sem a presença da amostra. Os cálculos foram realizados a partir da Equação 11:

$$IP = \frac{(V_A - V_B) \times N \times 1000}{\text{Peso da amostra (g)}} \quad (11)$$

Em que:

IP = índice de peróxidos; N = normalidade da solução de Na₂S₂O₃; V_A = volume da solução de Na₂S₂O₃ consumido pela amostra (mL); V_B = volume da solução de Na₂S₂O₃ consumido pelo branco (mL) e P = massa da amostra (g).

3.4.3 Índice de iodo

Na determinação do índice de iodo foi utilizada a solução de Wijis de acordo com o método Cd 1-25 da AOCS (2012), no qual 0,25 g de cada óleo foram medidos em erlenmeyer de 500mL, seguidos da adição de 10mL de ciclohexano. Foi adicionado 25mL de solução de Wijis e, com o erlenmeyer fechado, agitado cuidadosamente com movimento de rotação para homogeneizar. Foi deixado em repouso ao abrigo da luz e à temperatura ambiente por 30 minutos. Foi adicionado 10mL de iodeto de potássio a 15% e 100mL de água previamente fervida e fria. Foi titulado com tiosulfato de sódio 0,1mol.L⁻¹ até o desaparecimento da coloração escura. Em seguida, foi adicionado 1mL de solução indicadora de amido 1% e

continuada a titulação até o completo desaparecimento da cor cinza. Uma prova em branco foi realizada nas mesmas condições descritas, sem a presença da amostra. O índice de iodo foi calculado de acordo com a Equação 12:

$$II = \frac{(V_A - V_B)mL \times M \text{ do } Na_2S_2O_3 \times 12,69}{\text{Peso da amostra (g)}} \quad (12)$$

Em que:

IP = índice de iodo; V_B = volume gasto na titulação do branco (mL); V_A = volume gasto na titulação da amostra (mL); P = massa da amostra (g); M = concentração da solução de $Na_2S_2O_3$ ($mol.L^{-1}$) e 12,69 = fator de correção.

3.4.4 Índice de saponificação

O índice de saponificação foi determinado de acordo com o método da ABNT NBR 10441 (AOCS, 2012). Inicialmente foi pesado 2g de lipídio em um erlenmeyer de 250mL, limpo e seco. Em seguida, foi adicionado 25mL de KOH alcoólica e a mistura foi colocada em banho maria, durante 30 minutos. Após a retirada do recipiente do banho-maria, a amostra foi titulada, após o resfriamento, com HCl à $0,5mol.L^{-1}$, usando como indicador 2 gotas de fenolftaleína. A prova em branco, foi realizada nas mesmas condições, porém sem a amostra. A partir da diferença do volume de titulante na titulação do branco com a amostra, a Equação 13 a seguir foi utilizada para determinar o índice de saponificação:

$$IS = \frac{(V_B - V_A) \times 28,05}{\text{Massa da amostra (g)}} \quad (13)$$

Em que:

IS = índice de saponificação; V_B = volume de HCl gasto na titulação do branco em mL, V_A = volume de HCl gasto na titulação da amostra em mL e M = massa da amostra em gramas.

3.5 Determinação dos compostos bioativos do óleo da semente de moringa

3.5.1 Fenólicos e Taninos

Para a determinação do teor de fenólicos e taninos totais, foi utilizado o método descrito por Waterhouse (2006), com reagente de Folin-Ciocalteu e leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 765nm e 725nm, respectivamente. Para a obtenção da curva analítica utilizou-se padrão de ácido gálico para os fenólicos e ácido tânico para os taninos, empregando água, seguida do mesmo tratamento para branco.

3.5.2 Antocianinas e Flavonoides

Para a determinação do teor de antocianinas e flavonoides totais, foi utilizado o método descrito por Francis (1982), com leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 535nm e 374nm, respectivamente.

3.5.3 Carotenoides

Determinado segundo metodologia descrita por Lichtenthaler (1987), utilizando acetona 80% como agente extrator do composto bioativo, com leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 470, 646 e 663nm.

3.6 Comportamento reológico do óleo da semente de Moringa Oleífera

A viscosidade cinemática foi determinada através do método ABNT NBR 10441 (AOCS, 2012). As amostras dos óleos foram analisadas em viscosímetro cinemático manual (Modelo: ME – 18V, Fabricante JULABO, N° de série 12876), ajustado na temperatura de 25°C. Foi medido 10mL da amostra de óleo com um pipetador automático, em seguida foi colocada no tubo em U, o qual foi acoplado ao viscosímetro já com temperatura estabilizada em 25°C. Com auxílio de uma seringa, a amostra contida no tubo foi succionada até acima da primeira marca do tubo. O cronômetro foi acionado quando a amostra escorrer da primeira marca até a segunda, anotando-se o tempo de escoamento. O cálculo da viscosidade foi feito utilizando-se a Equação 14:

$$V_{1,2} = C \times t_{1,2} \quad (14)$$

Em que: C = constante de calibração do viscosímetro (0,03301); $V_{1,2}$ = viscosidade cinemática (mm^2/s); $t_{1,2}$ = tempo de fluxo para t_1 e t_2 em segundos.

3.7 Análise estatística

Os parâmetros dos modelos contidos na Tabela 1 foram obtidos por meio de regressão não linear pelo método Quasi-Newton, utilizando o programa Statistica® versão 7.0 (STATSOFT, 2017). A planilha utilizada versa os dados experimentais da razão do teor de água (RX) e o tempo de secagem.

Os dados das caracterizações foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa ASSISTAT, versão 7.7 beta (Silva; Azevedo, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontram-se os valores experimentais da cinética de secagem das sementes de Moringa para as temperaturas do ar de secagem de 40, 50, 60 e 70 °C, os valores estão exibidos na relação entre a razão de teor de água e tempo.

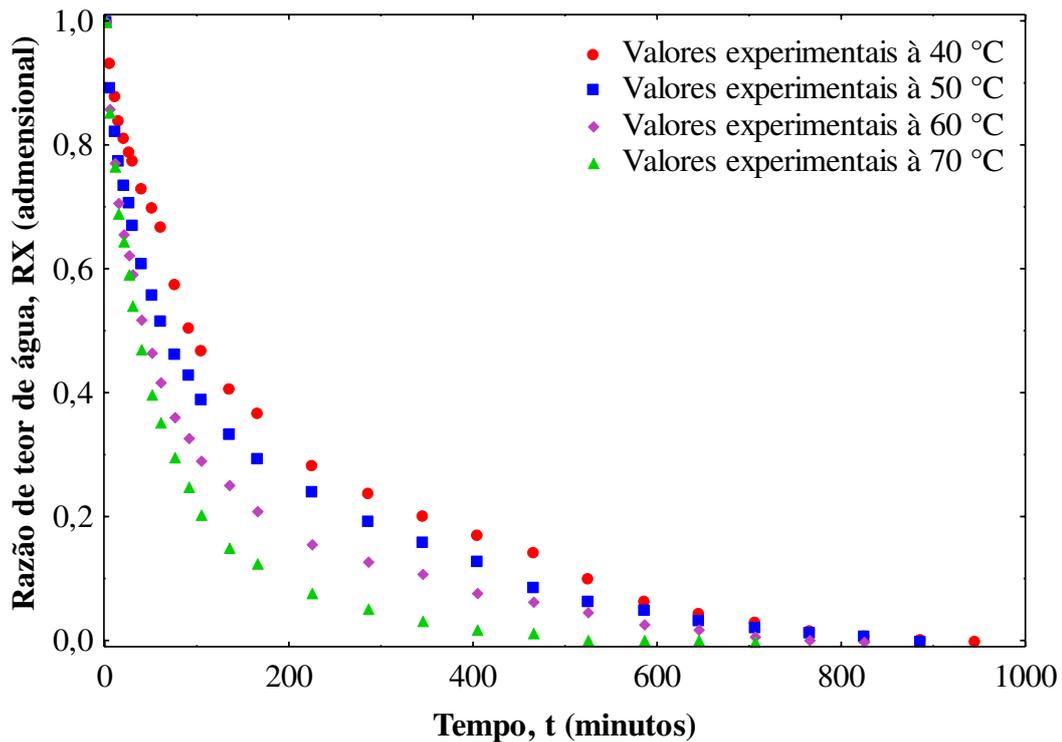


Figura 1: Valores experimentais da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C

Estas curvas expressam a redução do teor de água do produto durante a evolução do tempo de secagem (t), isto é, a curva obtida pela perda de massa do material durante o processo para uma determinada condição da secagem. Verifica-se que quanto maior a temperatura do ar de secagem, menor é o tempo necessário para remover o conteúdo de água das sementes de moringa, o tempo necessário para ocorrer o processo de secagem foi de 945, 885, 825 e 705 min para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Tal comportamento ocorre porque as mais altas taxas de remoção de água do produto ocorrem nas temperaturas mais altas, o que conseqüentemente reduz o tempo de secagem (Santos *et al.*, 2019). Podendo também ser explicado, pois quanto maior a temperatura, maior é a pressão do vapor de água na superfície (Felizardo *et al.*, 2021).

Na Figura 2, encontram-se os dados experimentais e calculado com seis termos da série de Fick para a cinética de secagem das sementes de moringa, e na Tabela 2 constam os valores de difusividade efetiva determinada pela equação de Fick para os termos de um até seis da série, mostrados a seguir.

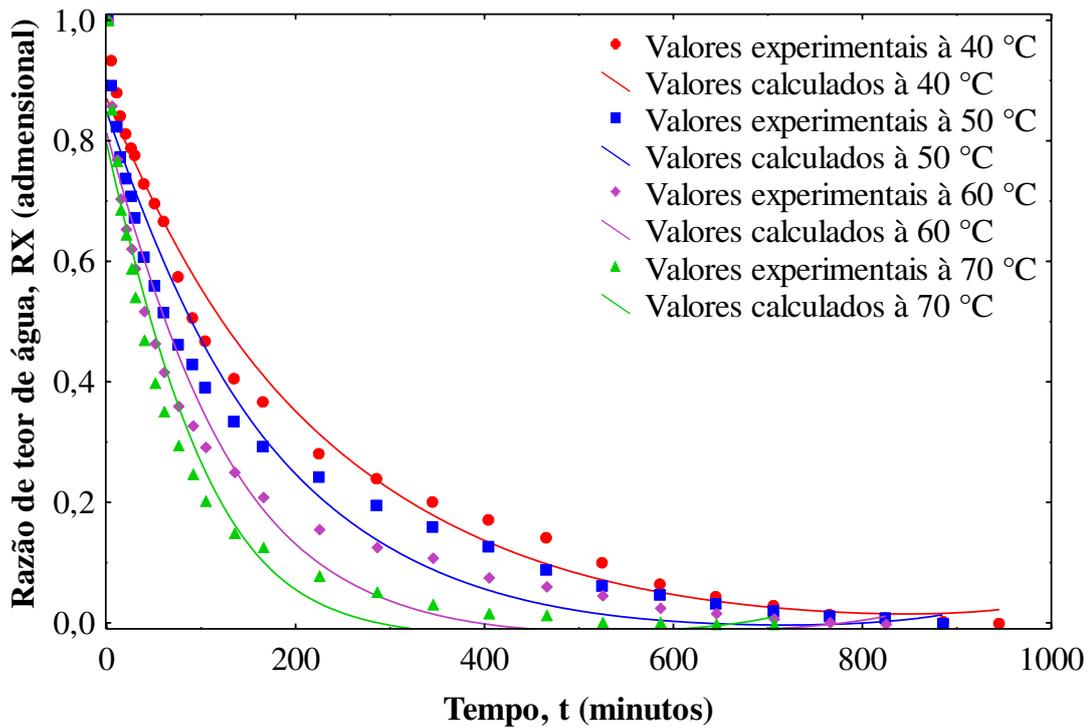


Figura 2: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Fick com seis termos da série.

Tabela 2: Parâmetros da cinética de secagem das sementes de moringa, por meio do modelo de Fick até o 6 termo da série, com seus coeficientes de determinação (R^2) para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

| T (°C) | Fick | | | |
|--------|--|--------|--|--------|
| | 1° Termo | | 2° Termo | |
| | Def ($10^{-2} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) | R^2 | Def ($10^{-2} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) | R^2 |
| 40 | 1,155 | 96,727 | 1,174 | 98,897 |
| 50 | 1,630 | 97,001 | 1,679 | 98,509 |
| 60 | 2,529 | 96,555 | 2,592 | 97,948 |
| 70 | 3,455 | 97,585 | 3,494 | 99,188 |

| T (°C) | 3° Termo | | 4° Termo | |
|--------|--|----------------|--|----------------|
| | Def (10 ⁻² m ² s ⁻¹) | R ² | Def (10 ⁻² m ² s ⁻¹) | R ² |
| 40 | 1,175 | 99,188 | 1,175 | 99,272 |
| 50 | 1,683 | 98,753 | 1,684 | 98,835 |
| 60 | 2,596 | 98,203 | 2,596 | 98,291 |
| 70 | 3,495 | 99,456 | 3,495 | 99,546 |
| T (°C) | 5° Termo | | 6° Termo | |
| | Def (10 ⁻² m ² s ⁻¹) | R ² | Def (10 ⁻² m ² s ⁻¹) | R ² |
| 40 | 1,175 | 99,306 | 1,175 | 99,323 |
| 50 | 1,684 | 98,871 | 1,684 | 98,891 |
| 60 | 2,596 | 98,332 | 2,596 | 98,354 |
| 70 | 3,495 | 99,586 | 3,495 | 99,609 |

Na Tabela 2 é possível observar que os valores do R² no primeiro termo da série variou entre 96,555 até 97,585 % e para o sexto termo variou entre 98,354 até 99,609%. O aumento de termos na série influenciou para o aumento da difusividade, entretanto, o valor incrementado é pequeno, podendo ser desconsiderado quando se é observada a ordem de grandeza dos valores, principalmente a partir do segundo termo. Com o aumento da temperatura de secagem de 40 a 70°C houve o aumento do valor da difusividade efetiva, no sexto termo da série a difusividade foi de 1,175 até 3,495 10⁻² m² s⁻¹, corroborando com a pesquisa de Goneli *et al.* (2014) ao modelar matematicamente e realizar a difusividade efetiva de folhas de aroeira. Sousa (2017) observou comportamento similar na secagem de arroz vermelho em casca, com o aumento da temperatura de secagem há o aumento da difusividade. A difusividade térmica é um parâmetro de transporte importante e é usada para descrever a modelagem e o cálculo da transferência transitória de calor e massa em processos alimentares importantes, como secagem, tratamento térmico e resfriamento (Moura *et al.*, 2021).

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6 encontram os valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa para os modelos de Cavalcanti-Mata, Midilli, Page e Henderson e Pabis para as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, mostrados a seguir.

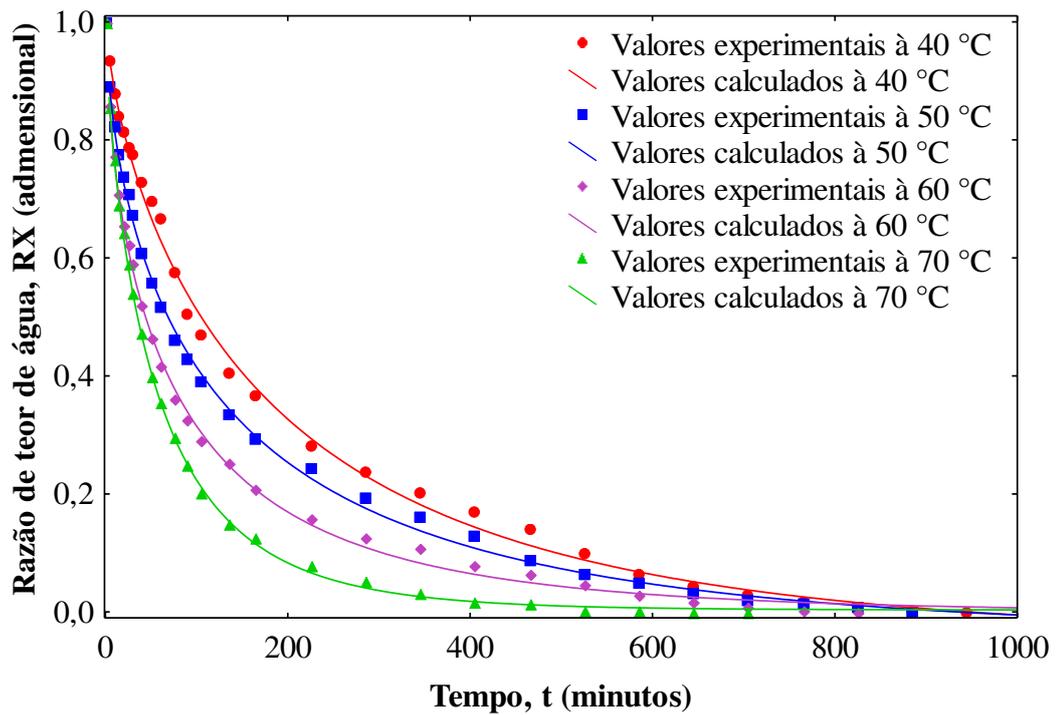


Figura 3: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Cavalcanti-Mata.

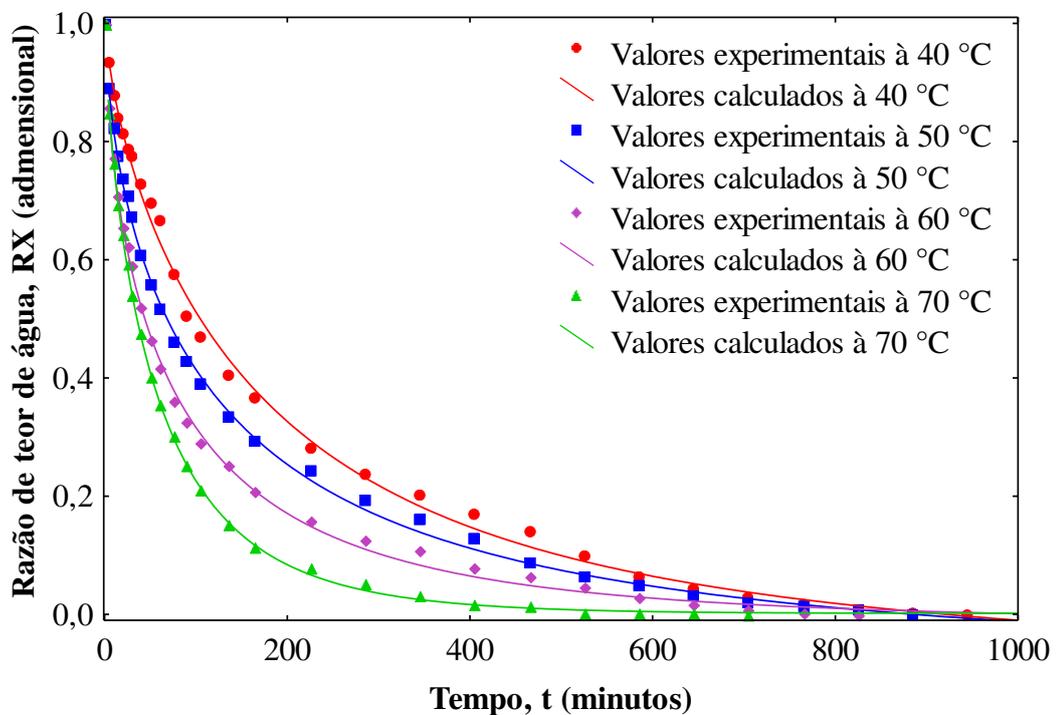


Figura 4: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Midilli.

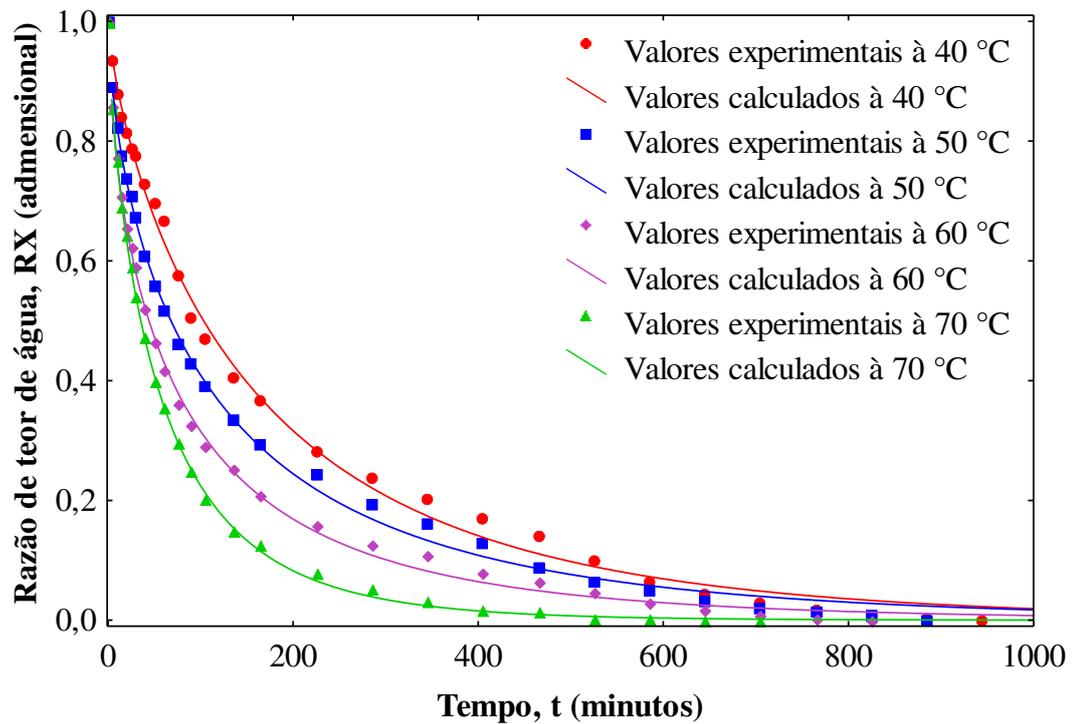


Figura 5: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Page.

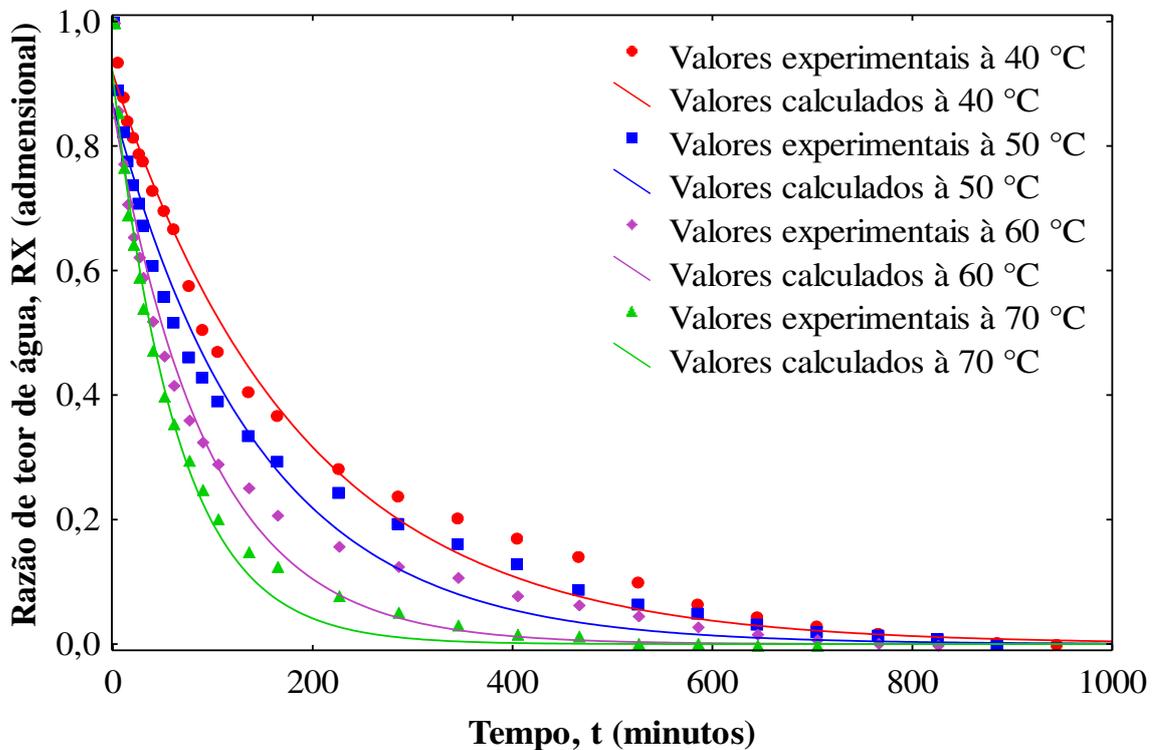


Figura 6: Valores experimentais e calculados da cinética de secagem das sementes de moringa à 40, 50, 60 e 70 °C, utilizando o modelo de Henderson e Pabis.

Na Tabela 3 encontram-se os parâmetros referentes aos modelos matemáticos utilizados bem como os valores dos coeficientes de determinação (R^2).

Tabela 3: Parâmetros estimados dos modelos de Cavalcanti-Mata, Midilli, Page e Henderson e Pabis, da secagem das sementes de moringa nas temperaturas 40, 50, 60 e 70 °C.

| Cavalcanti-Mata | | | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| T (°C) | a1 | k1 | n1 | a2 | n2 | a3 | R² |
| 40 | 0,527 | 0,024 | 0,710 | 0,527 | 0,710 | -0,045 | 99,726 |
| 50 | 0,528 | 0,051 | 0,605 | 0,528 | 0,605 | -0,041 | 99,868 |
| 60 | 0,508 | 0,070 | 0,612 | 0,508 | 0,612 | -0,001 | 99,833 |
| 70 | 0,501 | 0,050 | 0,740 | 0,500 | 0,740 | 0,003 | 99,960 |
| Midilli | | | | | | | |
| T (°C) | | | a | k | n | b | R² |
| 40 | | | 1,007 | 0,024 | 0,719 | -4,0E-5 | 99,738 |
| 50 | | | 1,014 | 0,0526 | 0,613 | -4,0E-5 | 99,884 |
| 60 | | | 1,015 | 0,071 | 0,607 | -8,0E-6 | 99,838 |
| 70 | | | 1,002 | 0,050 | 0,736 | 2,0E-6 | 99,971 |
| Page | | | | | | | |
| T (°C) | | | | | k | n | R² |
| 40 | | | | | 0,020 | 0,768 | 99,652 |
| 50 | | | | | 0,043 | 0,658 | 99,794 |
| 60 | | | | | 0,065 | 0,625 | 99,823 |
| 70 | | | | | 0,049 | 0,739 | 99,956 |
| Henderson e Pabis | | | | | | | |
| T (°C) | | | | | a | K | R² |
| 40 | | | | | 0,916 | 0,005 | 98,873 |
| 50 | | | | | 0,865 | 0,007 | 97,525 |
| 60 | | | | | 0,862 | 0,011 | 96,947 |
| 70 | | | | | 0,912 | 0,015 | 98,946 |

Os modelos matemáticos utilizados para descrever o processo de secagem das sementes de moringa, constatou-se que o que apresentou melhor ajuste aos dados experimentais foi o

modelo de Midilli com coeficientes de determinação entre 99,738 e 99,971%, seguido pelos modelos de Cavalcanti-Mata, Page e Henderson e Pabis.

A energia de ativação (E_a) foi obtida pelo ajuste do modelo de Arrhenius e seu valor foi de $33,093 \text{ kJmol}^{-1}$, conforme a Equação 8. Este resultado foi semelhante ao de Diaz *et al.* (2018) que ao trabalhar com o mesmo material e nas mesmas temperaturas, obtiveram uma média de $44,42 \text{ kJmol}^{-1}$. No entanto, o valor de E_a inferior evidenciou a necessidade de menos energia para desencadear o processo de difusão líquida. Uma alta energia de ativação corresponde a uma taxa de reação que é muito sensível à temperatura (a representação de Arrhenius tem uma grande inclinação) e, inversamente, uma pequena energia de ativação corresponde a uma taxa de reação relativamente insensível a mudanças de temperatura. Os diferentes valores de energia de ativação para diferentes produtos agrícolas podem ser atribuídos a características físicas e biológicas dos produtos (Martins *et al.*, 2015).

O conhecimento das propriedades termodinâmicas nos processos de secagem de produtos agrícolas é uma importante fonte de informações para o projeto de equipamentos de secagem, o cálculo da energia necessária para este processo, o estudo das propriedades da água adsorvida e a avaliação da microestrutura dos alimentos e o estudo dos fenômenos físicos que ocorrem na superfície dos alimentos (Oliveira *et al.*, 2022). Na Tabela 4 verifica-se as propriedades termodinâmicas de Entalpia, Entropia e Energia Livre de Gibbs.

Tabela 4 - Valores para as variações de entalpia (ΔH), entropia (ΔS) e energia livre de Gibbs (ΔG) para diferentes condições de secagem das amostras de sementes de moringa.

| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | ΔH ($\text{kJmol}^{-1}\text{K}^{-1}$) | ΔS ($\text{kJmol}^{-1}\text{K}^{-1}$) | ΔG ($\text{kJmol}^{-1}\text{K}^{-1}$) |
|------------------------------------|---|---|---|
| 40 | -35,78 | -0,1769 | 21,39 |
| 50 | -35,86 | -0,1771 | 23,16 |
| 60 | -35,95 | -0,1774 | 24,93 |
| 70 | -36,03 | -0,1776 | 26,70 |

A entalpia (ΔH) reduziu de $-35,78$ para $-36,03 \text{ kJmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ com o incremento da temperatura (40, 50, 60 e 70°C). Este fato indica que é necessária uma quantidade menor de energia para que a secagem ocorra em temperaturas mais elevadas. O fato de os valores estarem negativos significa dizer que o processo ocorreu com liberação de calor (Martins *et al.*, 2015).

O valor de entropia (ΔS) foi reduzido de $-0,1769$ para $-0,1776 \text{ kJmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ com o aumento da temperatura. Corrêa *et al.* (2012) relatam que este comportamento é esperado, pois a redução da temperatura acarreta em menor excitação das moléculas de água resultando em

um aumento da ordem do sistema. Valores negativos de entropia são atribuídos à existência de adsorção química e/ou modificações estruturais do adsorvente (Silva *et al.*, 2020).

Ainda na Tabela 4, nota-se que os valores da energia livre de Gibbs (ΔG) aumentaram com a elevação da temperatura dos métodos de secagem (21,39 a 26,70 kJmol⁻¹K⁻¹). Neste caso, o processo de secagem foi espontâneo, sendo necessária a adição de energia proveniente do ar em que as sementes de moringa estivessem envoltas para que ocorresse a redução do teor de água. Conforme esclarece Oliveira *et al.* (2015), a energia livre de Gibbs busca medir a totalidade de energia associada a um sistema termodinâmico e o seu valor positivo é explicado por uma adição de energia que envolve o produto para a ocorrência da mudança de fase (líquido para vapor).

O rendimento médio dos óleos das sementes de moringa obtidos foi de 22,45%. O rendimento foi considerado satisfatório comparando com a literatura em que se encontrou valores entre 19 e 30% (Pereira *et al.*, 2016; Zhong *et al.*, 2018). O óleo foi de ótima qualidade sensorial devido à coleta em saco de polietileno virgem, evitando contaminações grosseiras na extração, afinal a atuação de fatores de natureza química, física e biológica, durante o período entre a produção e o consumo, que é denominado "vida de prateleira", e, neste contexto, a embalagem é de importância fundamental (Silva *et al.*, 2013). Outros fatores contribuintes para a qualidade dos óleos foram: homogeneidade das amostras (árvores em locais e idades semelhantes, regularidade na maturação das vagens), a não perda por volatilização (visto que o grão foi prensado a frio) e a coleta em períodos áridos e de seca que favorecem o crescimento das sementes e aumentam o teor de óleo (Duarte *et al.*, 2018).

As propriedades físico-químicas de índice de acidez, índice de peróxidos, índice de iodo e índice de saponificação do óleo das sementes de moringa nas quatro diferentes temperaturas de secagem estão apresentadas na Tabela 1. Essas caracterizações são necessárias para verificar se as propriedades físico-químicas do óleo e possíveis impactos causados pela secagem das sementes em temperaturas diferentes.

De acordo com a Tabela 1 pode-se observar que as amostras dos óleos apresentaram um valor médio de acidez de 0,46 mgNaOH por grama de amostra, estando dentro dos padrões permitidos pelo Brasil (2005), que é de no máximo 0,6 mgNaOH por grama de amostra para óleos e gorduras, valor fixo estabelecido.

O índice de acidez mede a presença de ácidos graxos livres (AGL) (Cavalcanti; Cavalcanti, 2019). Nos parâmetros de qualidade para aceitabilidade dos óleos vegetais é importante que os valores do índice de acidez sejam os mais baixos possíveis, pois valores elevados indicam alterações indesejáveis que ameaçam a sua aplicabilidade, seja para fins

alimentares ou para fins de produção de combustível (Cavalcante, 2017). Singh e Singh (2010) ao trabalharem com produção de biodiesel através da utilização de diferentes fontes e caracterização de óleos, encontraram valores semelhantes aos valores médios de índice de acidez encontrados nesse trabalho (0,33mgNaOH) uma acidez ligeiramente inferior ao valor encontrado nessa pesquisa.

Tabela 5: Propriedades físico-químicas dos óleos das sementes de moringa nas quatro diferentes temperaturas de secagem.

| Óleos da semente de moringa | Índice de acidez (mgNaOH) | Índice de peróxidos (meq/Kg) | Índice de iodo (g de I ₂ /100g) | Índice de saponificação (mgKOH) |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|
| 40°C | 0,46 ^a ± 0,01 | 6,43 ^a ± 0,26 | 66,12 ^a ± 0,02 | 225,54 ^a ± 0,64 |
| 50°C | 0,47 ^a ± 0,01 | 6,44 ^a ± 0,12 | 66,15 ^a ± 0,09 | 223,78 ^a ± 0,35 |
| 60°C | 0,46 ^a ± 0,01 | 6,46 ^a ± 0,20 | 66,15 ^a ± 0,06 | 223,99 ^a ± 0,42 |
| 70°C | 0,46 ^a ± 0,01 | 6,51 ^a ± 0,15 | 66,14 ^a ± 0,02 | 224,56 ^a ± 0,82 |

As médias com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($p \leq 0,05$). Média ± Desvio Padrão.

Os dados encontrados nessa pesquisa indicam que o aumento da temperatura de secagem, dentro da faixa estudada não promoveu uma alteração significativa na acidez do óleo extraído.

Os valores encontrados para o parâmetro índice de peróxido (tabela 1) variou de 6,43 para 6,51 g.Kg-1 de óleo extraído, para a menor e para a maior temperatura de secagem, respectivamente. O valor médio de índice de peróxidos do óleo da semente de foi de 6,46meq/Kg, valor abaixo e aceitável em consonância com a norma vigente. a resolução ANVISA nº 270/2005, estabelece valores limites para alguns óleos, sendo considerados bons àqueles que apresentam um valor máximo de 10meq/Kg de óleo ou gordura (Brasil, 2005). Melo et al. (2014), em seus estudos com óleos não convencionais para produção de biodiesel, encontrou valores de 6,69meq/Kg para o teor de peróxidos do óleo da moringa, bem próximos ao encontrado nessa pesquisa. O índice de peróxidos determina o nível de degradação do óleo. Sua presença não é desejável em óleos e gorduras, pois pressupõe processos degradativos (Cavalcanti; Cavalcanti, 2019). Mesmo assim, isso indica que na faixa de temperatura estudada, a secagem não promoveu uma degradação efetiva nos óleos obtidos.

O índice de iodo, que não teve variação estatisticamente significativa também, pois variou de 66,12 a 66,15 g de I₂/100g de amostra (Tabela 1), está relacionado ao grau de

insaturação dos ácidos graxos no óleo (Silva, 2018). O número de iodo não é suficiente para, sozinho, para predizer sobre a estabilidade a ações oxidativas dos óleos e matéria graxa, mas pode indicar o potencial de uma gordura a ser oxidada, pois quanto maior este índice, maior será o número de insaturação e maior a possibilidade de rancidez por oxidação (Cavalcante, 2017). Valores mais altos do índice de iodo (87,71g de I₂/100g) foram encontrados por Lucena et al. (2016) ao trabalhar com avaliação de ligantes asfálticos modificados com óleo da Moringa oleífera Lam, para uso em misturas mornas em pavimentos asfálticos. Já Melo et al. (2014) encontrou valores mais próximos dos valores encontrados nesse trabalho (76,66g de I₂/100g). Os valores encontrados um pouco mais baixos que a literatura pode ser explicada pelo fato de o grau de insaturação variar de acordo com aspectos ligados a sazonalidade da oleaginosa, ou em função de diferentes tipos de processamentos do óleo (Cavalcante, 2017), ou indicam degradação oxidativa avançada (Duarte et al., 2018).

O índice de saponificação serve como parâmetro para o calcular das massas molares do óleo, ou constatar adulteração em oleaginosos saponificáveis, pois a distribuição graxa é quase sempre a mesma, com ácidos graxos entre 8 e 26 carbonos de cadeias saturadas ou insaturadas (Brasil, 2005). Os valores do índice de saponificação encontrados variaram de 223,78 a 225,54 mg de KOH, o que se mostrou estatisticamente não significativo (Tabela 1), com um valor médio para esse índice de 224,46mgKOH. Esse valor foi abaixo do encontrado por Duarte et al. (2018), que fazendo um estudo comparativo da estabilidade térmica e oxidativa do óleo de moringa com óleos de oliva e canola encontrou o valor de 274,88mgKOH, no entanto, Cavalcante (2017) caracterizando físico-quimicamente e termicamente o óleo da semente de Moringa oleífera e Silva et al. (2014) estudando o processo de extração do óleo de Moringa oleifera Lam utilizando ultrassom encontraram valores análogos ao dessa pesquisa, 226,27 e 217,22, respectivamente. O índice de saponificação determina o grau de estabilidade do óleo, onde valores elevados indicam diminuição do peso molecular devido à quebra das cadeias de triacilglicerídeos devido à exposição à luz e altas temperaturas (Cavalcante, 2017), o que indicar que, na faixa de temperatura de secagem trabalhada não houve uma teermodegradação do óleo.

Os valores dos compostos bioativos de taninos e compostos fenólicos totais, flavonoides e antocianinas totais e carotenoides e clorofilas totais do óleo estão presentes na Tabela 2.

Os teores de taninos observados nos óleos não apresentaram diferenças mínimas significativas ao nível de confiança estabelecido, mostrando que as temperaturas utilizadas na secagem das sementes não foram capazes de modificar esses compostos presentes na estrutura. A média do valor encontrada (5,2mg/100g) foi semelhante ao observado por Musalima et al. (2019) ao estudarem os taninos em óleos de amendoim extraídos com auxílio de uma corrente

de nitrogênio a 40°C (5,3 a 9,4mg/100g), sendo considerados valores baixos e seguros ao consumo, com outro ponto positivo voltado as propriedades antioxidantes e de retardo à peroxidação lipídica que os taninos em baixa concentração geram em óleos. Por se tratar de substâncias de defesa das plantas com forte sabor adstringente e capazes de causar precipitação das proteínas (Tanaka; Matsuo; Saito, 2018), os taninos são capazes de modular os padrões de fermentação, reduzindo a produção de metanol durante a extração do óleo e, conseqüentemente, os seus efeitos tóxicos, trazendo assim mais confiança ao consumidor para ingestão do mesmo (Liu; Vaddella; Zhou, 2011).

Tabela 6: Compostos bioativos dos óleos das sementes de moringa nas quatro diferentes temperaturas de secagem.

| Temperatura dos óleos da semente de moringa | Taninos totais (mg/100g) | Compostos fenólicos totais (mg/100g) | Flavonoides totais (mg/100g) | Antocianinas totais (mg/100g) | Carotenoides totais (mg/100g) |
|---|--------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 40°C | 5,28 ^a ± 0,01 | 116,40 ^a ± 0,04 | 10,51 ^a ± 0,01 | 3,60 ^a ± 0,01 | 0,60 ^a ± 0,05 |
| 50°C | 5,27 ^a ± 0,01 | 113,20 ^a ± 0,05 | 7,42 ^b ± 0,01 | 1,27 ^b ± 0,01 | 0,59 ^a ± 0,02 |
| 60°C | 5,27 ^a ± 0,01 | 112,40 ^a ± 0,04 | 6,80 ^b ± 0,01 | 1,17 ^b ± 0,01 | 0,59 ^a ± 0,05 |
| 70°C | 5,27 ^a ± 0,01 | 109,50 ^a ± 0,01 | 3,72 ^c ± 0,01 | 0,62 ^c ± 0,01 | 0,59 ^a ± 0,04 |

As médias com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($p \leq 0,05$). Média ± Desvio Padrão.

Os compostos fenólicos fazem parte da fração polar de óleos e azeites, havendo evidências de que a estabilidade dos mesmos à auto-oxidação se deve, em parte, ao seu alto teor nessas substâncias, além disso, contribuem para a adstringência pungente e sabor amargo (Ahmed et al., 2019). Em seu estudo, Garcia et al. (2003) estudaram os compostos fenólicos em azeites de oliva e constataram que sua concentração é reduzida durante o armazenamento devido a influência da acidez nos óleos e a variação da sua fonte, sem dados incluindo alteração quanto a temperatura utilizada para secar a fonte extratora.

Os valores observados de fenólicos para o óleo da semente de moringa variaram de 109,5 a 116,4mg/100g, valores inferiores aos observados por Janu *et al.* (2014) ao estudarem óleos de amendoim, óleo de coco, óleo de farelo de arroz, óleo de mostarda, óleo de girassol e óleo de gergelim, sendo possível constatar que o óleo extraído da semente de moringa foi capaz de garantir teores relevantes ao consumo humano, por serem potentes antioxidantes e de interesse nutricional, podendo ser associados à potencialização de efeitos promotores da saúde humana através da prevenção de várias doenças.

Flavonoides e outros fitoquímicos podem atuar como removedores de radicais livres, além de retardarem processos de oxidação lipídica, contribuindo assim para a aceitação dos produtos alimentícios pelo consumidor (Tohidi *et al.*, 2017). Nos dados quantificados, observou-se uma redução do teor de flavonoides de 10,52 para 3,72 mg/100g de amostra de óleo, com o aumento da temperatura de secagem das sementes utilizadas para extração dos óleos, sendo possível definir que houve influência estatisticamente significativa na degradação desses compostos. Esse comportamento foi assegurado na estatística, onde as amostras apresentaram diferença mínima significativa, exceto para 50 e 60°C.

As antocianinas, membros do grupo dos flavonoides, são comprovadamente antioxidantes poderosos e benéficos para a saúde (Luo *et al.*, 2017). A quantificação e comportamento das amostras seguiram a mesma tendência dos flavonoides quanto a degradação relacionada a temperatura. O teor de antocianinas decresceu significativamente de 3,60 mg/100g (40°C) para 0,63 mg/100g (70°C).

Aos carotenoides não apresentaram variação estatisticamente significativa com o aumento da temperatura, mostrando que na faixa de secagem e obtenção do óleo estudada ele apresentou estabilidade térmica, com valores em torno de 0,60 mg/100 g de óleo. Os carotenoides são os pigmentos responsáveis pelas cores de muitas plantas, frutas e flores mais além dessa função também são nutrientes solúveis em gordura e categorizados como xantofilas ou carotenos, de acordo com sua composição química. Os carotenoides são encontrados em alimentos comuns e vegetais, dos quais o maior montante estão presentes no óleo de palma, com valores semelhantes aos do presente estudo, conforme estudo feito por Zeb e Mehmood (2004), enfatizando a sua importância em várias aplicações de saúde e como alternativa de baixo custo. Serra et al. (2019) realizaram um estudo relacionado a fontes alternativas de óleos e gorduras de plantas amazônicas, detectando teores significativos de carotenoides nos óleos de buriti e pracaxi, assim como Szydłowska-Czerniak et al. (2011) também realizaram o perfil bioativo do óleo de palma após refino, considerando rico em termos de retinol (provitamina A) equivalente. No presente estudo as amostras não apresentaram diferença mínima estatística

quanto a influência da temperatura da semente de moringa, sendo os valores quantificados semelhantes.

Assim, os resultados obtidos demonstraram que o óleo da semente de moringa pode ser usado como uma fonte natural potencial de compostos bioativos (antioxidantes), considerando o fato de que há uma alta demanda e preferência dos consumidores por compostos naturais ricos em compostos desse tipo, o que se mostra uma tendência mundial em aumentar o uso desses produtos necessitando, portanto, de fontes potenciais, de óleos vegetais usualmente não utilizadas (Mezzomo; Ferreira, 2016).

Os valores da viscosidade cinemática do óleo da semente de moringa estão dispostos na Tabela 3 abaixo.

Tabela 7: Viscosidade dos óleos das sementes de moringa nas quatro diferentes temperaturas de secagem.

| Óleos da semente de moringa | Viscosidade (mm^2s^{-1}) |
|-----------------------------|--|
| 40°C | 44,98 ^a ± 0,12 |
| 50°C | 44,99 ^a ± 0,23 |
| 60°C | 44,99 ^a ± 0,11 |
| 70°C | 45,01 ^a ± 0,15 |

As médias com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ($p \leq 0,05$). Média ± Desvio Padrão.

Analizando-se os resultados encontrados para as viscosidades dos óleos extraídos, das sementes secadas nas temperaturas estudadas (Tabela 3), é possível observar ainda que não houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras. O valor de viscosidade encontrado para as amostras dos óleos analisados nas diferentes temperaturas se manteve no entorno de 45 mm^2s^{-1} , apesar da diferença de temperatura em que as sementes foram secas, podendo concluir que esse pré-processo não influenciou na viscosidade encontrada nas análises do óleo das sementes de moringa.

A viscosidade é uma propriedade inerente a um líquido devido à sua profunda relação com as forças intermoleculares, o que significa que quanto maiores essas forças, mais tempo as moléculas permanecem juntas, impedindo-as de fluir facilmente. Quando a temperatura aumenta, a energia cinética média das moléculas aumenta, portanto o intervalo de tempo em que as moléculas passam próximas umas das outras é encurtado, com isso, sua viscosidade será

menor porque as forças intermoleculares serão menos efetivas (ANVISA, 2010; Cavalcante, 2017).

Quanto maior a viscosidade de um líquido (ou de uma solução) mais difícil o líquido flui e diz ser ele “viscoso”. A viscosidade cinemática obtida neste estudo (em média 44,99 mm²s⁻¹ - Tabela 3) e nas referências para o óleo de moringa bruto ou purificado é maior que o de soja refinado (32,6 mm²s⁻¹). Santana et al. (2010) ao trabalhar com a caracterização físicoquímica da moringa (*Moringa oleífera* Lam) e Pereira et al. (2016) ao pesquisar sobre a produção de biodiesel metílico com óleo purificado de *Moringa oleifera* Lamarck encontraram valores bem semelhantes ao desse estudo, 49,16 e 43,6, respectivamente.

5. CONCLUSÃO

Mediante a realização do presente estudo foi possível concluir a partir da cinética de secagem das sementes de moringa em secador convectivo que todos os modelos testados proporcionaram ajustes satisfatórios aos dados experimentais com coeficientes de determinação satisfatórios e o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados encontrados. O perfil analítico e bioativo dos óleos foi adequado, podendo assim categorizá-lo como um alimento de fonte vegetal própria ao consumo e com funções ativas favoráveis. O comportamento reológico mostrou-se uniforme e sem alterações influenciadas pela temperatura de secagem das sementes para prensagem, podendo assim justificar o uso de temperaturas mais baixas devido ao baixo gasto energético.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AHMED, A. F.; ATTIA, F. A.; LIU, Z.; LI, C.; WEI, J.; KANG, W. Antioxidant activity and total phenolic content of essential oils and extracts of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. **Food Science and Human Wellness**, v. 8, n.3, p;299-305, 2019.

ALMEIDA, F.; BERNI, J. V.; MEDEIROS, J.; SIQUEIRA, N. W.; PEREIRA, N. C. Cinética da secagem das sementes de *Moringa oleifera* LAM. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS–ENEMP**. p. 1-10. 2015.

AOCS Cd 19-90, 2012. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**. AOCS Press, Champaign, IL.

ARAÚJO-LEONÍDIO, A. R; ALMEIDA, A. M. S; FILHP, L. G. F; ANDRADE, M. A. **Antimicrobial activity of *Moringa Oleífera* lam.** Faculdade Delta. Ano VIII, V. 1 Edição 28Jan/Jun 2019.

AOCS Cd 19-90, 2012. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**. AOCS Press, Champaign, IL.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/noticias/2921-insumos-substancias-graxas-determinacao-do-indicede-acidez>>. Acesso em: 21 out. 2023.

AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 13th edition. Washington D.C. 1995. 937 p.

BARBULOVA, A.; COLUCCI, G.; APONE, F. New trends in cosmetics: By-products of plant origin and their potential use as cosmetic active ingredients. **Cosmetics**, v.2, n.2, p.82-92, 2015.

BELKHEIRI, A.; FOROUHAR, A.; URSU, A. V.; DUBESSAY, P.; PIERRE, G.; DELATTRE, C.; MICHAUD, P. Extraction, characterization, and applications of pectins from plant by-products. **Applied Sciences**, v. 11, n. 14, 2021.

BHATTACHARYA, A.; TIWARI, P.; SAHU, P. K.; KUMAR, S. A review of the phytochemical and pharmacological characteristics of *Moringa Oleífera*. **Journal of pharmacy & bioallied sciences**, v.10, n.4, p. 181, 2018.

BOUKANDOUL, S.; CASAL, S.; ZAIDI, F. The potential of some moringa species for seed oil production. **Agriculture**, v.8, n.10, 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução n. 270, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

CAVALCANTE, L. S. S. R. **Caracterização físico-química e análise térmica do óleo da semente de *Moringa oleifera*** (Relatório de estágio supervisionado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Natal – RN. 2017.

CAVALCANTI, M. G. S.; CAVALCANTI, L. A. P. Uso de materiais lignocelulósicos na redução do índice de acidez do óleo residual para produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 14, p. 767-772, 2019.

CORRÊA, P. C., Oliveira, G. H. H., Botelho, F. M., Goneli, A. L. D., & Carvalho, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v.57, n.5, p.595-601, 2012.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. Oxford: Clarendon Press, 2ed. 1975. 414 p.

ČURKO, N.; LUKIĆ, K.; TUŠEK, A. J.; BALBINO, S.; PAVIČIĆ, T. V.; TOMAŠEVIĆ, M.; GANIĆ, K. K Effect of cold pressing and supercritical CO₂ extraction assisted with pulsed electric fields pretreatment on grape seed oil yield, composition and antioxidant characteristics. **LWT**, v. 184, 2023.

DÍAZ, R.; GRIMALDI GUTIÉRREZ, R. V.; VILLANUEVA GALINDO, B. E.; HERNÁNDEZ JARQUÍN, J. M.; LÓPEZ DE PAZ, P.; LASTRES DANGUILLECOURT, O. Cinética de secado de *Moringa oleifera*. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 9, n. 5, p. 935-947, 2018.

DUARTE, A. M.; AQUINO, J. S.; QUEIROZ, N.; DANTAS, D. L.; MACIEL, G. S.; SOUZA, A. L. A comparative study of the thermal and oxidative stability of moringa oil with olive and canola oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 134, p. 1943-1952, 2018.

FELIZARDO, M. P.; MERLO, G. R. F.; MAIA, G. D. Modeling drying kinetics of Jacaranda mimosifolia seeds with variable effective diffusivity via diffusion model. **Biosystems Engineering**, v. 205, p. 234–245, 1 maio 2021.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed). Anthocyanins as Food Colors New York: Academic Press, 1982. p. 181-207. FRASSINETTI, S.; MOCCIA, E.; CALTAVUTURO, L.; GABRIELE, M.; LONGO, V.; BELLANI, L.; GIORGETTI, L. Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds and sprouts. **Food chemistry**, v. 262, p. 56-66, 2018.

FU, X.; SU, J.; HOU, L.; ZHU, P.; HOU, Y.; ZHANG, K.; XU, J. Physicochemical and thermal characteristics of *Moringa Oleífera* seed oil. **Advanced Composites and Hybrid Materials**, v. 4, p. 685-695, 2021.

GANIĆ, K. K Effect of cold pressing and supercritical CO₂ extraction assisted with pulsed electric fields pretreatment on grape seed oil yield, composition and antioxidant characteristics. **LWT**, v. 184, 2023.

GARCÍA, A.; BRENES, M.; GARCÍA, P.; ROMERO, C.; GARRIDO, A. Phenolic content of commercial olive oils. **European Food Research and Technology**, v.216, p.520-525, 2003.

GHAFOOR, K. et al. Evaluation of the antioxidant activity of some plant extracts (rosemary, sage, and savory, summer) on stability of moringa oil. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 3, p. e15203, 2021.

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. D. C.; VILHASANTI, H. D. C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 44, p. 56-64, 2014.

GRANELLA, S. J.; BECHLIN, T. R.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M.; OLIVEIRA PAZ, C. H. An approach to recent applications of *Moringa Oleífera* in the agricultural and biofuel industries. **South African Journal of Botany**, v. 137, p. 110-116, 2021.

GUALBERTO, A. F.; FERRARI, G. M.; DE ABREU, K. M. P.; DE LIMA PRETO, B.; FERRARI, J. L. Características, propriedades e potencialidades da moringa, *Moringa Oleífera* Lam.: aspectos agroecológicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, n.5, 2014.

GUIMARÃES, D. A. L. **Hidrólise enzimática em farinha de folhas de *Moringa Oleífera* LAM.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IFTM. Minas Gerais, 2017.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory. I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.

JANU, C.; KUMAR, D. S.; RESHMA, M. V.; JAYAMURTHY, P.; SUNDARESAN, A.; NISHA, P. Comparative study on the total phenolic content and radical scavenging activity of common edible vegetable oils. **Journal of food biochemistry**, v.38, n.1, p.38-49, 2014.

KARMAKAR, G.; GHOSH, P.; SHARMA, B. K. Chemically modifying vegetable oils to prepare green lubricants. **Lubricants**, v. 5, n.4, 2017.

KASHYAP, P.; KUMAR, S.; RIAR, C. S.; JINDAL, N.; BANIWAL, P.; GUINÉ, R. P.; KUMAR, H. Recent advances in Drumstick (*Moringa Oleífera*) leaves bioactive compounds: Composition, health benefits, bioaccessibility, and dietary applications. **Antioxidants**, v.11, n. 2, 2022.

KOU, X et a. Potencial nutracêutico ou farmacológico da *Moringa Oleífera* Lam. Revista nutrientes, 2018.

KULCZYŃSKI, B.; KOBUS-CISOWSKA, J.; TACZANOWSKI, M.; KMIECIK, D.; GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A. The chemical composition and nutritional value of chia seeds—Current state of knowledge. **Nutrients**, v. 11, n. 6, 2019.

KUMAR, M.; SELVASEKARAN, P.; KAPOOR, S.; BARBHAI, M. D.; LORENZO, J. M.; SAURABH, V.; KENNEDY, J. F. *Moringa Oleífera* Lam. seed proteins: Extraction, preparation of protein hydrolysates, bioactivities, functional food properties, and industrial application. **Food Hydrocolloids**, v. 131, 2022.

LEE, S. H.; ASHAARI, Z.; LUM, W. C.; HALIP, J. A.; ANG, A. F.; TAN, L. P.; TAHIR, P. M. Thermal treatment of wood using vegetable oils: A review. **Construction and Building Materials**, v.181, p. 408-419, 2018.

LEONE, A.; SPADA, A.; BATTEZZATI, A.; SCHIRALDI, A.; ARISTIL, J.; BERTOLI, S. *Moringa Oleífera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. **International journal of molecular sciences**, v.17, n.12, 2016.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: *Methods in Enzymology. Plant Cell Membranes*. [s.l.] Academic Press, 1987. v. 148, p. 350–382.

LIU, H.; VADDELLA, V.; ZHOU, D. Effects of chestnut tannins and coconut oil on growth performance, methane emission, ruminal fermentation, and microbial populations in sheep. **Journal of dairy science**, v.94, n.12, p. 6069-6077, 2011.

LUCENA, L. C. F. L.; DA SILVEIRA, I. V.; DA COSTA, D. B. Avaliação de ligantes asfálticos modificados com óleo da *Moringa oleifera* Lam para uso em misturas mornas. **Revista Matéria**, v. 21, n. 1, p. 72-82, 2016.

LUO, S. Z.; CHEN, S. S.; PAN, L. H.; QIN, X. S.; ZHENG, Z.; ZHAO, Y. Y.; JIANG, S. T. Antioxidative capacity of crude camellia seed oil: Impact of lipophilization products of blueberry anthocyanin. **International journal of food properties**, v.20, n.2, p.1627-1636, 2017.

MALLEK-AYADI, S.; BAHLOUL, N.; KECHAOU, N. Chemical composition and bioactive compounds of Cucumis melo L. seeds: Potential source for new trends of plant oils. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 113, p. 68-77, 2018.

MARTINS, E. A. S.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** v. 19. n. 3. 2015.

MEIRELES, D. et al. A review of properties, nutritional and pharmaceutical applications of *Moringa oleifera*: integrative approach on conventional and traditional Asian medicine. **Advances in Traditional Medicine**, v. 20, n. 4, p. 495-515, 2020.

MELO, M. A. M. F.; DE MELO, M. A. R.; PONTES, A. S. G. C.; FARIAS, A. F. F.; DANTAS, M. B.; CALIXTO, C. D.; ... DE CARVALHO FILHO, J. R. Non-conventional oils for biodiesel production: a study of thermal and oxidative stability. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 117, p. 845-849, 2014.

MENDONÇA, V. M. **Fitoterapia tradicional e práticas integrativas e complementares no sistema de saúde do Brasil**. Volume 18, Número 1 ISSN 2447-2131, João Pessoa, 2018.

MEZZOMO, N.; FERREIRA, S. R. Carotenoids functionality, sources, and processing by supercritical technology: a review. **Journal of chemistry**, 2016.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002.

MILLA, P. G.; PEÑALVER, R.; NIETO, G. Health benefits of uses and applications of *Moringa Oleífera* in bakery products. **Plants**, v. 10, n. 2, 2021.

MITSCHKA, P. Simple conversion of Brookfield RVT readings into viscosity functions. **Rheologica Acta**, v. 21, p. 207-209, 1982.

MONTENEGRO, K. O. R. **Desenvolvimento inicial de mudas de carolina (*Adenantha pavonina* L.) e moringa (*Moringa Oleífera* lam.) em resposta a adubação com pó de rocha e manipueira**. Trabalho de conclusão de curso Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018.

MOURA, H. V.; DE FIGUEIRÊDO, R. M. F.; DE MELO QUEIROZ, A. J.; DE VILELA SILVA, E. T.; ESMERO, J. A. D.; LISBÔA, J. F. Mathematical modeling and thermodynamic properties of the drying kinetics of trapiá residues. **Journal of Food Process Engineering**, v. 44, n. 8, p. e13768, 2021.

MUDRI, N. H.; ABDULLAH, L. C.; AUNG, M. M.; BIAK, D. R. A.; TAJAU, R. Structural and rheological properties of nonedible vegetable oil-based resin. **Polymers**, v. 3, n. 15, 2021.

MUSALIMA, J. H.; OGWOK, P.; MUGAMPOZA, D. Anti-oxidant vitamins, minerals and tannins in oil from groundnuts and oyster nuts grown in Uganda. **Food science & nutrition research**, v. 2, n. 2, p. 1, 2019.

NADEEM, M.; IMRAN, M. Promising features of *Moringa Oleífera* oil: recent updates and perspectives. **Lipids in Health and Disease**, v.15, n.1-8, 2016.

NDE, D. B.; FONCHA, A. C. Optimization methods for the extraction of vegetable oils: a review. **Processes**, v.8, n.2, 2020.

NORONHA, B. G.; MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa Oleífera* Lam.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 393-402, jan.- mar. 2018

OLDONI, T. L. C.; DOS SANTOS, S.; MITTERER-DALTOE, M. L.; PIZONE, L. H. I.; DE LIMA, V. A. *Moringa oleifera* leaves from Brazil: Influence of seasonality, regrowth age and, region in biochemical markers and antioxidant potential. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 15, n. 11, 2022.

OLIVEIRA, A. D. S.; de FIGUEIRÊDO, R. M.; QUEIROZ, A. J. D. M.; BRITO, J. G. D. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 147-153, 2015.

OLIVEIRA, C. M. R.; DE AMORIM ANDRADE, P. C.; DOS SANTOS, M. D. S. F. Análise dos pontos de coleta do óleo vegetal residual no Brasil para a logística reversa. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v.3, p. 1-13, 2022.

OYEYINKA, A. T.; OYEYINKA, S. A. *Moringa Oleífera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 2, p.127-136, 2018.

PAGE, G. E. Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer. 1949. Dissertation (Master's Thesis) Department of Mechanical Engineering, Purdue University, Purdue.

PEREIRA, F. S. G.; DE BRITO NETO, E. X.; WEI, S.; GALVÃO, C. C.; DE LIMA, V. F.; DA SILVA, V. L.; DE LIMA FILHO, N. M. Produção de biodiesel metílico com óleo purificado de *Moringa oleifera* lamarck. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 873-888, 2016.

PINTO, M. G. C. **Adubação orgânica no crescimento de plantas, produção de frutos e sistema radicular de *Moringa Oleífera* Lam.** Dissertação de Mestrado. Patos, 2018.

PRATA, M.; *et al.* Uso tópico do açúcar em ferida cutânea. Estudo experimental em ratos. **Acta Cirúrgica Brasileira**. v. 3, n. 2, p. 43-48, 1988.

QUEIXO, C. Y *et al.* Desenvolvimento e formulação de um curativo de filme de extrato de folha padronizado de *Moringa Oleífera* para aplicação em cicatrização de feridas. J. da etnofarmacologia, 2018.

RAFIQ, M.; LV, Y. Z.; ZHOU, Y.; MA, K. B.; WANG, W.; LI, C. R.; WANG, Q. Use of vegetable oils as transformer oils—a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**,

v.52, p.308-324, 2015.

RAMALHO, M. P *et al.*, PLANTAS medicinais no processo de cicatrização de feridas: revisão de literatura. *Rev. Expr. Catól. Saúde*; v. 3, n. 2; Jul – Dez; 2018.

RAMSEY, D; *et al.* Effects of three occlusive dressing materials on healing of full-thickness skin wounds in dogs. **American Journal Veterinary Research**, v. 56, n. 7, p. 941-949, 1995.

ROCHA, L. D. J. F. G.; FERREIRA, O. M. C.; MENDONÇA, V. C. M.; TORQUATO, R. F.; LIMA, F. J. C.; TELIS-ROMERO, J.; LOPES FILHO, J. F. Influência da temperatura no comportamento reológico de geleias comerciais de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Brazilian Journal of Health Review**, v.3, n.3, p.5352-5358, 2020

SANI, I.; OKPALAOKA, C. C.; BELLO, F.; WARRA, A. A.; Abdulhamid, A. Flavonoid content and antioxidant potential of white and brown sesame seed oils. **Eur J Biomed Pharm**, v.1, n.3, p.56-63, 2014.

SANTANA, C. R., Pereira, D. F., Araújo, N. D., CAVALCANTI, E. B., & SILVA, G. D.

SANTOS, N. C. *et al.* Study on Drying of Black Rice (*Oryza sativa* L.) Grains: Physical-Chemical and Bioactive Quality. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 9, p. 203, 30 jun. 2019.

SELVI, D. T.; SARASWATHY, S. Seed viability, seed deterioration and seed quality improvements in stored onion seeds: a review. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 93, n.1, p.1-7, 2018.

SERRA, J. L.; DA CRUZ RODRIGUES, A. M.; DE FREITAS, R. A.; DE ALMEIDA MEIRELLES, A. J.; DARNET, S. H.; DA SILVA, L. H. M. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoids and chemical composition. **Food research international**, v. 116, p. 12-19, 2019.

SILVA, F. *et al.* Avaliação do teor de óleo essencial de *Baccharis trimera* (Less.) DC. em diferentes embalagens durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 15, p. 54-58, 2013.

SILVA, F. D. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p.

3733-3740, 2016.

SILVA, L. R. Propriedades físico-químicas e perfil dos ácidos graxos do óleo da andiroba. **Nativa**, v. 6, n. 2, p. 147-152, 2018.

SILVA, D. P.; SANTOS, S. G. F. D.; SILVA, I. L.; SILVA, H. W.; RODOVALHO, R. S. Cinética de secagem e propriedades termodinâmicas das folhas do melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2020.

SILVA, G. V.; SOUTO, J. S.; SANTOS, J. B. Cultivo de moringa: importância nutricional, uso e aplicações. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.1, n.3, 2020.

SILVA, L. M. P.; INÁCIO, M. R. C.; SILVA, G. G. C. D.; SILVA, J. M. D. S. E.; LUZ, J. R. D. D.; ALMEIDA, M. D. G.; ZUCOLOTTI, S. M. The first optimization process from cultivation to flavonoid-rich extract from *Moringa oleifera* Lam. leaves in Brazil. **Foods**, v. 11, n. 10, 2022.

SINGH, S. P.; SINGH, Dipti. Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: a review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 14, n. 1, p. 200-216, 2010.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with PhosphomolybdicPhosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

SOUSA, L. F. B.; DE MELO, A. Benefícios da *Moringa Oleífera* para a saúde humana e meio ambiente. **Revista Faculdades do Saber**, v. 4, n.7, 2019.

SOUSA, R. V. **Secagem em camada fina e espessa de grãos de arroz vermelho emcasca: avaliação experimental, modelagem e simulação**. 2017. 207p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

STATSOFT SOFTWARE. Statistica Version Trial 13.0: for Windows. Computer program manual. System reference. TIBCO Statistica Installation Instructions. Tulsa: StatSoft, Inc., 2017. 205p.

STOCK, G. H. P.; MARQUEZ, I. L.; HOFFMANN, L. C. J. DO ÓLEO AO SABÃO: A SUSTENTABILIDADE EM AÇÃO. **Anais da Feira Regional de Matemática-Rio do Sul**,

v.1, n.24, p.7-7, 2022.

SZWED, D. N.; SANTOS, V. P. **Fatores de crescimento envolvidos na cicatrização de pele.** Cad. da Esc. de Saúde, Curitiba, V.1 N.15: 7-17.

SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A.; TROKOWSKI, K.; KARLOVITS, G.; SZŁYK, E. Effect of refining processes on antioxidant capacity, total contents of phenolics and carotenoids in palm oils. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p.1187-1192, 2011.

TANAKA, T.; MATSUO, Y.; SAITO, Y. Solubility of tannins and preparation of oil-soluble derivatives. **Journal of Oleo Science**, v.67, n.10, p.1179-1187, 2018.

TCHAMENI, A. P.; ZHAO, L.; RIBEIRO, J. X.; LI, T. Predicting the rheological properties of waste vegetable oil biodiesel-modified water-based mud using artificial neural network. **Geosystem Engineering**, v. 22, n. 2, p. 101-111, 2019.

TEFERA, B. N.; KIM, Y. Estudo etnobotânico de plantas medicinais no distrito de Hawassa Zuria, zona de Sidama, sul da Etiópia. *J. Ethnobiol Ethnomed*, 2019.

TEIXEIRA, G. L.; AVILA, S.; SILVEIRA, J. L. M.; RIBANI, M.; RIBANI, R. H. Chemical, thermal and rheological properties and stability of sapucaia (*Lecythis pisonis*) nut oils: A potential source of vegetable oil in industry. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 131, n. 3, p. 2105-2121, 2018.

TOHIDI, B.; RAHIMMALEK, M.; ARZANI, A. Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. **Food chemistry**, v.220, p.153-161, 2017.

VELOSO, A. R. **Cultivo e uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos.** Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR, Umuarama, v.1, n.1, p.90-104, 2023. ISSN 1982-114X.

VENANCIO, D. B. R. *et al.* Aloe vera e o processo de cicatrização. **Research, Society and Development**, v. 12, n.3, e27012340759, 2023(CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409.

VERGALLO, C. Nutraceutical vegetable oil nanoformulations for prevention and management of diseases. **Nanomaterials**, v.10, n.6, 2020.

VIEIRA, G. F. **Determinação de macro e micro nutrientes de frutos de *MORINGA OLEÍFERA* Lamark (parede interna e externa da casca) e sementes.** 2017. 120f. Dissertação (Mestrado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

YANG, R.; ZHANG, L.; LI, P.; YU, L.; MAO, J.; WANG, X.; ZHANG, Q. A review of chemical composition and nutritional properties of minor vegetable oils in China. **Trends in food science & technology**, v. 74, p. 26-32, 2018.

YARA-VARÓN, E.; LI, Y.; BALCELLS, M.; CANELA-GARAYOA, R.; FABIANO-TIXIER, A. S.; CHEMAT, F. Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products. **Molecules**, v. 22, n. 9, 2017.

YUNIATI, N.; KUSUMIYATI, K.; MUBAROK, S.; NURHADI, B. The Role of Moringa Leaf Extract as a Plant Biostimulant in Improving the Quality of Agricultural Products. **Plants**, v.11, n.17, 2022.

ZEB, A.; MEHMOOD, S. Carotenoids contents from various sources and their potential health applications. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 3, n. 3, p. 199-204, 2004.

ZHONG J, WANG Y, YANG R, LIU X, YANG Q, QIN X. The application of ultrasound and microwave to increase oil extraction from *Moringa oleifera* seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 120, p. 1-10, 2018.