



PAULO SERGIO SANTOS JUNIOR

ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DE
Alpinia zerumbet **E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS**
PROPRIEDADES E TOXICIDADE DO SEU ÓLEO
ESSENCIAL

PAULO SERGIO SANTOS JUNIOR

**ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DE
Alpinia zerumbet E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS
PROPRIEDADES E TOXICIDADE DO SEU ÓLEO
ESSENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Victor Elias Mouchrek Filho

São Luís
2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Santos Junior, Paulo Sergio.

Estudo da cinética de secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* e influência da temperatura nas propriedades e toxicidade do seu óleo essencial / Paulo Sergio Santos Junior. - 2021.

72 f.

Orientador(a): Victor Elias Mouchrek Filho.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís - MA, 2021.

1. *Alpinia zerumbet*. 2. Modelos matemáticos. 3. Óleo essencial. 4. Secagem. I. Mouchrek Filho, Victor Elias. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. VICTOR ELIAS MOUCHREK FILHO
Orientador – DETEQ/CCET/UFMA

Prof^ª. Dr^ª. MARIA DA GLÓRIA ALMEIDA BANDEIRA
DETEQ/PPPGI/UFMA

Prof^ª. Dr^ª. AUDIRENE AMORIM SANTANA
DEEQ/UFMA

08 de abril de 2021

DADOS CURRICULARES**Paulo Sérgio Santos Júnior**

NASCIMENTO	08/02/1997 – SÃO LUIS/ MA
FILIAÇÃO	Júlia Andrade de Sousa Paulo Sérgio Santos
2015/2021	Curso de Graduação Engenharia Química - Universidade Federal do Maranhão

Dedico este trabalho a Deus e a toda minha família, em especial ao meu primo John Denas (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Quão grande é o meu Deus, cantarei quão grande é o meu Deus, e todos verão quão grande é o meu Deus. Agradeço a Deus por ser o refúgio e fortaleza da minha vida. Socorro bem presente que não falta em tempos de angústia.

A minha mãe Júlia Andrade e minha avó Maria dos Santos, duas mulheres fortes e guerreiras que me ensinaram a acreditar nos meus sonhos. Que nunca mediram esforços para que eu pudesse realizar meu sonho de ser engenheiro químico. Obrigado por todo apoio, amor e carinho.

As minhas irmãs Tamirys Dejulha e Kayllanny Fernanda pela parceria, carinho e companheirismo.

Aos meus amigos Éverton Holanda, Fernanda Hellen, Nilton Mafra, Aline Medeiro, Kelle Jéssica, Nielson Brito e Felipe Muniz por compartilharem essa caminhada, pelas alegrias vividas e pelos momentos de superação realizados.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Victor Elias Mouchrek Filho, pela orientação e auxílio.

Ao Laboratório de Pesquisa e Aplicação de Óleos Essenciais, em especial ao supervisor técnico, Gustavo Oliveira, pela amizade, ensinamentos e conselhos na vida acadêmica.

Aos professores do Departamento de Engenharia Química pelos ensinamentos, com menção especial ao Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Vellez, Prof.^a Dr.^a. Audirene Amorim Santana, Prof. Dr. Paulo Henrique, Prof. Dr. Marcelo Fábio, pelo impacto que causaram durante a minha vivência na Universidade.

A minha querida orientadora de iniciação científica, Prof.^a Dr.^a Jaciene Cardoso, pelas boas risadas e conselhos. Obrigado por sempre ter acreditado no meu potencial.

Aos meus amigos Arlyndo Dinaio, Gilvana Aragão, Loyane Ellen, Keice Araújo, Paulyenne Meneses e Raquel Almeida por dividirem comigo a vida.

A UFMA por todas as oportunidades concedidas.

A todos o meu Muito Obrigado!

EPÍGRAFE

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça”.

Isaías 41:10

SANTOS JUNIOR, P. S. **Estudo da cinética de secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* e influência da temperatura nas propriedades e toxicidade do seu óleo essencial.** 2021.72f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

RESUMO

O processo de secagem de plantas medicinais tem como finalidade preparar as plantas para um armazenamento correto e seguro, possibilitando-lhe a permanência das propriedades biológicas e medicinais. Este estudo teve como objetivo analisar a cinética de secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* e influência da temperatura nas propriedades e toxicidade do seu óleo essencial. As folhas de *Alpinia zerumbet* foram submetidas à secagem por convecção de ar forçado nas temperaturas de 30°C, 45°C e 55°C. Os dados experimentais foram ajustados pelos modelos matemáticos de Dois termos, Aproximação por Difusão, Cavalcanti Mata, Logarítmico, Page e Midilli, utilizando a técnica de regressão não linear com auxílio do software Statistic 10.0 (STAT SOFT, EUA). A escolha do melhor modelo foi feita com base no coeficiente de determinação, erro médio e desvio médio quadrático. Para extração dos óleos essenciais (OE's) nas diferentes temperaturas testadas foi utilizado o método de hidrodestilação a 100°C por 3h com a verificação das propriedades físico-químicas. A atividade antimicrobiana foi realizada pelo Método de Difusão de Discos (MDD) e a toxicidade foi determinada pelo bioensaio de *Artemia salina* Leach. Os resultados indicaram que a melhor temperatura para cinética de secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* foi 45°C. Os modelos matemáticos mais satisfatórios para secagem das folhas foram Cavalcanti Mata e Midilli. A temperatura de 45°C apresentou o melhor rendimento do óleo essencial (OE) com 0,71%, além de satisfatória atividade antimicrobiana frente à *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), com halos de inibição de 11 mm e 25 mm, respectivamente. O óleo essencial apresentou CL₅₀ de 446,68 (mg L⁻¹), o que permite classificá-lo como atóxico. A influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-químicas e biológicas dos OE's demonstra a necessidade de estudos que avaliem as características da secagem dos produtos obtidos.

Palavras-chave: *Alpinia zerumbet*; Secagem; Modelos matemáticos; Óleo essencial.

SANTOS JUNIOR, P. S. **Study of the drying kinetics of *Alpinia zerumbet* leaves and the influence of temperature on the properties and toxicity of its essential oil.** 2021. 72f.

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

ABSTRACT

The drying process of medicinal plants aims to prepare the plants for a correct and holding storage, allowing it to remain of biological and medicinal properties. This study aimed to analyze the drying kinetics of *Alpinia zerumbet* leaves and influence of temperature on the properties and toxicity of its essential oil. *Alpinia zerumbet* leaves were submitted to forced air convection drying at temperatures of 30°C, 45°C and 55°C. Experimental data were adjusted by the mathematical models of Two terms, Diffusion Approximation, Cavalcanti Mata, Logarithmic, Page and Midilli, using the nonlinear regression technique with the aid of statistic software 10.0 (STAT SOFT, USA). The choice of the best model was made based on the coefficient of determination, mean error and mean quadratic deviation. For the extraction of essential oils (EO's) at the different temperatures tested, the hydrodistillation method at 100°C for 3 h was used with the verification of the physical-chemical properties. Antimicrobial activity was performed by the Disc Diffusion Method (MDD) and toxicity was determined by *Artemia salina* Leach bioassay. The results indicated that the best temperature for drying kinetics of *Alpinia zerumbet* leaves was 45°C. The most satisfactory mathematical models for leaf drying were Cavalcanti Mata and Midilli. The temperature of 45°C presented the best yield of essential oil (EO) with 0,71%, in addition to satisfactory antimicrobial activity against *Escherichia coli* (*E. coli*) and *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), with inhibition halos of 11 mm and 25 mm, respectively. The EO's presented LC50 of 446,68 (mg L⁻¹), which allows classifying it as nontoxic. The influence of drying temperature on the physical-chemical and biological properties of The EO's demonstrates the need for studies evaluating the drying characteristics of the obtained products.

Keywords: *Alpinia zerumbet*; Drying; Mathematical models; Essential oil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Artemia salina</i> Leach	06
Figura 2 – Curvas típicas do processo de secagem	08
Figura 3 – Hidrodestilação	12
Figura 4 – Terpenos presentes na composição química dos óleos essenciais	13
Figuras 5 – Principais sequiterpenos presentes em óleos essenciais	14
Figuras 6 – Principais fenilpropanoides presentes em óleos essenciais	14
Figura 7 – Folhas de <i>Alpinia zerumbet</i>	17
Figura 8 – Cachos de <i>Alpinia zerumbet</i>	18
Figura 9 – Terpinen-4-ol	20
Figura 10 – 1,8-cineol	20
Figura 11 – <i>Alpinia zerumbet</i>	21
Figura 12 – Sistema de hidrodestilação	24
Figura 13 – Esquema do teste da atividade antimicrobiana	25
Figura 14 – Esquema do teste de toxicidade	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudos encontrados sobre a secagem de plantas medicinais.....	09
Tabela 2 – Principais compostos químicos presente nos óleos essenciais	13
Tabela 3 – Principais óleos essenciais presentes no mercado mundial	16
Tabela 4 – Propriedades farmacológicas da <i>Alpinia zerumbet</i>	19
Tabela 5 – Modelos matemáticos para secagem da <i>Alpinia zerumbet</i>	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OE	Óleo Essencial
OE's	Óleos Essenciais
CL ₅₀	Concentração Letal de 50%
OMS	Organização Mundial de Saúde
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
LOEPAV	Laboratório de Pesquisa e Aplicação de Óleos Essenciais
ATCC	American Type Culture Collection
MDD	Método de Difusão de Disco
CLSI	Clinical and Laboratory Standards Institute
DQM	Desvio quadrático médio

LISTA DE SÍMBOLOS

T	Temperatura
t	Tempo
X_{bs}	Base seca
U_{bs}	Teor de água inicial
Ue	Teor de água no equilíbrio
k	Constante de secagem
a	Coefficiente dos modelos
b	Coefficiente dos modelos
c	Coefficiente dos modelos
mL	Mililitro
mg	Miligrama
μL	Microlitros
h	Hora
N	Número de dados experimentais
RU	Razão de umidade
R^2	Coefficiente de correlação
P	Erro médio relativo

SUMÁRIO

	FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iii
	DADOS CURRICULARES.....	iv
	DEDICATÓRIA.....	v
	AGRADECIMENTOS.....	vi
	EPÍGRAFE.....	vii
	RESUMO.....	viii
	ABSTRACT.....	ix
	LISTA DE FIGURAS.....	x
	LISTA DE TABELAS.....	xi
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xii
	LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiii
	SUMÁRIO.....	xiv
1	INTRODUÇÃO.....	01
2	OBJETIVOS.....	03
2.1	Objetivos gerais.....	03
2.2	Objetivos específicos.....	03
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3.1	Plantas medicinais.....	06
3.2	Secagem de Plantas Medicinais.....	06
3.3	Modelagem Matemática.....	10
3.4	Óleos Essenciais.....	11
3.4.1	Conceitos gerais.....	11
3.4.2	Aplicações dos Óleos Essenciais.....	15
3.5	<i>Alpinia zerumbet</i>	17
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1	Material vegetal.....	21
4.2	Local da pesquisa.....	21
4.3	Secagem.....	21
4.4	Modelagem matemática do processo de secagem.....	22
4.5	Extração dos óleos essenciais.....	23
4.6	Caracterizações físico-químicas.....	24

4.6.1	Densidade.....	24
4.6.2	Solubilidade em etanol (70%).....	24
4.6.3	Índice de refração.....	24
4.6.4	Rendimento do óleo essencial.....	25
4.7	Atividade antimicrobiana dos óleos extraídos.....	25
4.8	Toxicidade pelo bioensaio de <i>Artemia salina</i> Leach.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43
	APÊNDICE A.....	56

1 INTRODUÇÃO

A secagem é uma operação unitária que objetiva a eliminação da água pelo processo de evaporação, com intuito de melhorar as condições de conservação de um produto. Este processo retira a água livre contida nos tecidos vegetais, impedindo a degradação enzimática e mantendo a qualidade do material. Além disso, a redução da quantidade de água aumenta a quantidade dos princípios ativos em relação à massa seca do produto (HI et al., 2012; ALMEIDA et al., 2016; MACHADO, 2019).

Os produtos naturais, principalmente, as plantas medicinais apresentam sensibilidade ao processo de secagem e as temperaturas a que são submetidas podem ocasionar alterações na quantidade e qualidade os princípios ativos, mas em geral, temperaturas entre 40°C e 60°C são as mais indicas independentes do método de secagem empregado (MELO et al., 2004).

O processo de secagem de plantas medicinais tem como finalidade preparar as plantas para um armazenamento correto e seguro, possibilitando-lhe a permanência das propriedades biológicas e medicinais, visando atender as exigências das indústrias farmacêuticas de fitoterápicos (LORENZI; MATOS, 2008; GONÇALVES, 2017).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) vem incentivando o uso da medicina tradicional com produtos obtidos de fontes vegetais nos sistemas de saúde de forma integrativa as técnicas modernas da medicina ocidental, buscando o desenvolvimento de políticas, observando os pré-requisitos de segurança, qualidade, eficácia e fluxo acessível para este tipo de medicamento (MICHILES, 2004). O uso de plantas medicinais para o tratamento, cura e prevenção de doenças, é considerada uma das práticas medicinais mais antigas realizadas pela humanidade. No começo dos anos 90, segundo a OMS, 65-80% da população dos países subdesenvolvidos tinham as plantas medicinais como única fonte de acessibilidade aos cuidados básicos de saúde (VEIGA JUNIOR et al., 2005).

Entre os produtos obtidos das plantas medicinais destacam-se os óleos essenciais. Estes são oriundos do metabolismo secundário das plantas, podendo ser retirado de várias regiões, como por exemplo, em pétalas, flores, botões, rizomas, folhas, ramos e sementes (WOLFFENBUTTEL, 2011). Possuem constituintes como terpenos e seus derivados (carvacrol, timol, eugenol, terpineno e linanol), compostos responsáveis por diversas atividades biológicas, tais como atividade antimicrobiana, antifúngica e toxicidade.

Dentre as plantas medicinais provedoras de óleos essenciais encontra-se a *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burt & R.M. Sm, espécie proveniente da Ásia, pertencente à família

Zingiberaceae, e presente na literatura com nomeações distintas como *Alpinia speciosa* K. Shum, *Costus zerumbet*. Pers., *Languas speciosa* Small e *Zerumbet speciosum* J.C. Wendel (LORENZI; SOUZA, 2001). Essa planta é conhecida popularmente como jardineira, colônia e gengibre-concha, presente no Nordeste do Brasil, sendo bastante utilizada como diurética, febrífuga e anti-hipertensiva (CORREA et al., 2010). Apresentam como classes de compostos químicos, alcaloides, flavonoides e apontam como principais constituintes químicos do seu óleo essencial os monoterpenos com elevada concentração de 1,8-cineol e terpeno-4-ol, com comprovação na literatura das atividades biológicas denominadas a estes componentes (VICTÓRIO et al., 2009).

Mediante a busca pelo conhecimento acerca do processamento desta espécie, este estudo teve como objetivo avaliar a cinética de secagem nas temperaturas de 30°C, 45°C e 55°C das folhas de *Alpinia zerumbet* (jardineira) procedentes da cidade de São Luís-MA e a influência da temperatura nas propriedades dos óleos essenciais extraídos das folhas, ainda aplicando predição de modelos matemáticos para o fenômeno de secagem nas condições realizadas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a cinética de secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* às temperaturas de 30°C, 45°C e 55°C e verificar a influência da temperatura nas propriedades do seu óleo essencial.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* nas temperaturas de 30°C, 45°C e 55°C;
- Escolher o modelo matemático que melhor ajuste os dados experimentais da cinética de secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* nas diferentes temperaturas estudadas;
- Analisar as propriedades físico-químicas dos óleos essenciais;
- Verificar a toxicidade dos óleos essenciais frente à *Artemia salina* Leach;
- Avaliar a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais obtidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Plantas medicinais

Desde o início dos tempos, a humanidade utiliza plantas com fins medicinais para o tratamento de diversas enfermidades, fazendo com que o conhecimento fosse transmitido ao longo das gerações. As plantas constituem as fontes mais importantes de alimentos, proteção e remédio para humanidade. Historicamente, elas têm sido utilizadas no tratamento e alívio de doenças humanas, para fins cosméticos e para melhorar o sabor de alimentos (RIBEIRO; DINIZ, 2008; LIMA, 2013).

As plantas medicinais são aquelas que possuem, em um ou mais órgãos, substâncias com fins terapêuticos, que são pontos de partida para síntese de produtos químicos e farmacêuticos. E os constituintes quimicamente ativos responsáveis pela ação terapêutica são denominados “princípios ativos” (MARTINS et al., 2003). Outra perspectiva é considerar como planta medicinal aquela que administrada sob qualquer forma ou via ao homem, exerce propriedades com tipo de ação farmacológica (FOGLIO et al., 2006).

No Brasil, o uso de plantas medicinais nativas data de períodos que antecedem o descobrimento correlacionado como fonte de medicamentos para prevenção e cuidados com a saúde. No país o uso de plantas medicinais está relacionado de forma direta à cultura indígena, porém a influência da miscigenação cultural, ocasionada por europeus e africanos é inegável, visto que a quantidade de plantas introduzidas na cultura brasileira é largamente utilizada não somente como medicamentos para alívios e cura de doenças, mas também como ervas aromáticas (CARDOSO, 2016).

Para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), as plantas medicinais possuem a capacidade de diminuir sintomas ou curar doenças e tem como enfoque o uso como remédio em uma população. O uso ocorre por vias diretas na forma de chás e infusões (BRASIL, 2014). Por meio dos hábitos populares sobre o uso e a eficácia de plantas medicinais, preserva-se a prática do seu consumo por ser uma opção de baixo custo e eficaz, ademais de manter as identidades culturais das comunidades (SANTOS et al., 2018).

A variação de plantas com propriedades medicinais e condimentares é bastante ampla. O Brasil abriga a maior diversidade genérica do mundo, com aproximadamente 55 mil espécies de plantas catalogadas de um total variado entre 350 e 550 mil espécies em todo mundo, representando aproximadamente um quarto de todas as espécies conhecidas

mundialmente. Quanto mais elevado o número de espécies descobertas, maior o potencial para se tornarem produtos economicamente viáveis (CARNEIRO et al., 2014).

Mediante o enfoque e a popularidade que as plantas com fins medicinais vêm recebendo nos últimos anos, sobretudo em países em desenvolvimento, a Organização Mundial da Saúde (OMS) tem elaborado medidas com intuito de dar valor à medicina tradicional e popular. O Ministério da Saúde (MS) em conjunto com outras organizações desenvolveram políticas para as áreas de plantas medicinais e fitoterápicas: a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde (SUS) (2003/05) e em 2005, determinou a criação da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF), com intuito de fornecer o maior acesso e uso de forma racional das plantas medicinais e dos fitoterápicos, garantindo uma segurança e eficácia da sua utilização dentre os usuários do SUS (BRASIL, 2008).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que 80% da população dos países em desenvolvimento utilizam as práticas medicinais na atenção primária à saúde e, 85% fazem uso de plantas medicinais (ROSA et al., 2011). No Brasil, cerca de 20% da população consomem 63% dos medicamentos alopáticos, a outra parte está presente nos produtos de origem natural, principalmente nas plantas com caráter medicinal, sendo uma fonte essencial para a medicação (MARINHO et al., 2007).

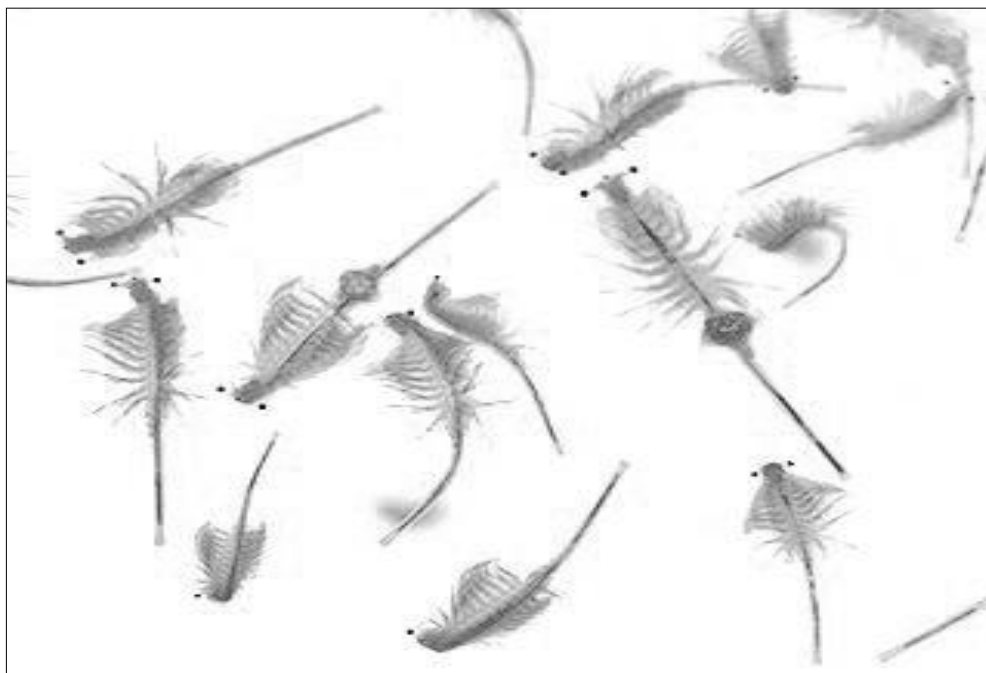
Cerca de 90% da população brasileira já fez uso de produtos associados às plantas medicinais. Porém, é importante ressaltar, que as plantas possuem constituintes químicos que apresentam efeitos adversos. Mediante a isso, pode-se enfatizar que o ditado popular – se é natural não traz malefícios, quando relacionado às plantas medicinais é um equívoco (QUEIROZ, 2017; SANTOS, 2018; SOUZA, 2019).

É de suma importância o conhecimento sobre a toxicidade das plantas, pois mesmo tendo origem da natureza podem apresentar malefícios, riscos e contraindicações para saúde humana geral. As análises referentes toxicidade das plantas tem como fundamento primordial averiguar o uso seguro das mesmas na medicina popular. O estudo das plantas tóxicas vem ganhando importância, porque, além de verificar diferentes aspectos dos casos de intoxicações pode ainda fornecer compostos majoritários para o desenvolvimento de fármacos (HARVEY et al., 1998; MERINO et al., 2015).

Nos testes de toxicidade existentes, o método de bioensaio de *Artemia salina* Leach, um microcrustáceo de água salgada o qual é representado na Figura 1, vem sendo utilizado em pesquisas de atividade biológica de extratos e frações por meio de produtos naturais, tendo em vista que é estabelecido como um método simples, sensível, econômico e prático. Suas

aplicações averiguam as fontes de toxicidade de amostras ambientais, decretação de toxinas naturais em alimentos, parâmetros farmacêuticos e misturas químicas (MEYER et al., 1982; SUBHAN et al., 2008).

Figura 1 – *Artemia salina* Leach



Fonte: Teixeira (2019).

Dentre os processos que fornecem benefícios para as plantas medicinais, destaca-se a secagem que tem por finalidade reduzir a ação enzimática por meio da redução do teor de umidade, permitindo a conservação das plantas medicinais e aromáticas por um período de tempo mais longo e impede o crescimento de microrganismos. Mas, se não realizada de maneira correta, pode possibilitar a degradação dos constituintes químicos e, permitir a infestação e elevação dos fungos e bactérias comprometendo o teor dos princípios ativos presentes nas plantas (MARTINAZZO, 2006; CORRÊA JUNIOR et al., 1994).

3.2 Secagem de Plantas Mediciniais

A operação unitária denominada ~~como~~ secagem consiste em um processo envolvendo a transferência de calor e massa, entre o ar de secagem e o produto a ser seco. O aumento da temperatura causa a elevação da pressão parcial de vapor do produto, ocasionando assim a redução no teor de água do material. Este processo em plantas medicinais é uma ação de suma importância para o armazenamento, uma vez que a indústria farmacêutica de fitoterápicos não

possuem estrutura para o uso de plantas frescas em quantidades regulamentadas para a produção industrial (LORENZI; MATOS, 2002).

A secagem de plantas medicinais tem como principal finalidade a remoção do percentual elevado de água livre presente nas células e tecidos das plantas, que impede os processos de degradação enzimática e permite sua conservação, proporcionando a manutenção da qualidade em composição química. Porém, a alta sensibilidade do princípio biologicamente ativo e sua preservação no produto final, é o maior problema na secagem e no armazenamento das plantas medicinais (HERTWING, 1986).

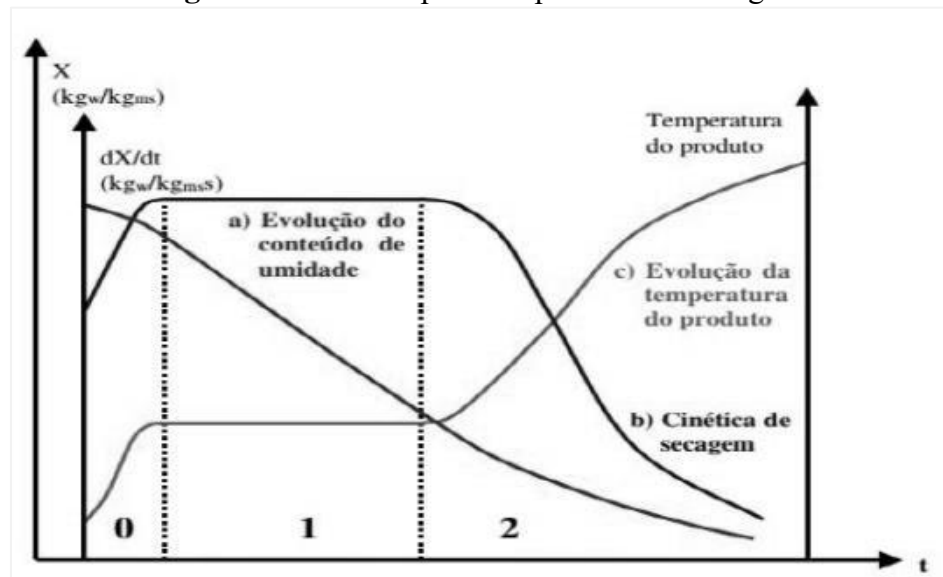
É necessário evidenciar que as condições de secagem e armazenamento são extremamente importantes para manter a qualidade dos produtos agrícolas (SOYSAL; OTEKIN, 1999). Os principais fatores que podem causar danos ao processo são a velocidade e a temperatura, de certo que quanto maior forem esses parâmetros, menor será o tempo de secagem do material, permitindo que haja perda de qualidade pelo estresse hídrico ocasionado pelas altas taxas de secagem (CARLESSO et al., 2005).

A avaliação da secagem através da cinética de secagem tem por objetivo promover o estudo do comportamento do material analisado ao longo do processo e estimar o tempo necessário para secagem (CARVALHO, 2014). As condições de secagem podem ser determinadas através de características específicas de cada produto, correlacionando as propriedades que o ar oferece a cada secagem. Os dados obtidos a partir do processo de secagem são representados em formato de curvas relacionando o teor de umidade com o tempo (GURGEL, 2014).

Cada tipo de produto possui características próprias, e, portanto, os fenômenos de secagem não são generalizados apenas para os materiais biológicos. Esses materiais possuem propriedades intrínsecas e estão sujeitos a alterações concretas durante a secagem. A cinética de secagem pode ser influenciada por vários fatores, como por exemplo, modificações que ocorrem nos produtos, tais como, volume, tamanho, forma, porosidade, massa específica e alterações nas propriedades químicas (GOUVEIA, 1999; PARK et al., 2001).

As curvas de secagem apresentam uma junção de informações relacionadas ao comportamento de cada produto durante o processo de remoção da água. As curvas originadas possuem aspectos gerais comuns, além de subdivisões características. Park et al. (2001) descreveram as etapas de secagem, e suas respectivas especificidades, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Curvas típicas do processo de secagem



Fonte: Park (2001).

Conforme a Figura 2, a curva (a) retrata a diminuição do teor de água do produto de secagem, conteúdo em umidade do produto em base seca (X_{bs}), em relação à evolução do tempo de secagem (t). Logo, essa curva é obtida pesando o produto durante a secagem numa determinada temperatura. A curva (b) representa a taxa de velocidade de secagem do produto, variação do conteúdo de umidade do produto por tempo (dX/dt), em relação a evolução do tempo, logo, a mesma é obtida diferenciando a curva (a). A curva (c) caracteriza a variação da temperatura do produto de secagem, ou seja, variação da temperatura do produto (T) em relação à evolução do tempo (t). Esta curva é obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem (BROOD, 1999).

Ainda, também conforme a Figura 2, o período zero representa o ponto inicial da secagem. No primeiro período a taxa de secagem apresenta-se constante, permanecendo assim até que não haja mais no produto, uma superfície saturada de água a ser evaporada. No segundo ponto, a partir da umidade crítica, a taxa de secagem é decrescente, e embora a transferência de massa seja prejudicada, o transporte de calor governa o processo. A temperatura do produto se eleva até atingir a temperatura do ar de secagem, o equilíbrio é atingido e o gradiente de energia é nulo, sendo o processo finalizado (BROD, 1999).

Os efeitos da secagem sobre a composição de plantas medicinais têm sido pesquisados, com o objetivo de demonstrar que as variações nas concentrações de seus constituintes, durante a secagem dependem de diversos fatores como o método de secagem, temperatura do ar empregada, características fisiológicas, além do tipo de componente químico presente nas plantas submetidas à secagem (VENSKUTONIS, 1997; MELO, 2004).

A secagem de plantas medicinais pode ser executada pelo método artificial ou natural. O método de secagem artificial utiliza menor tempo para o processo e o torna mais eficiente. Já o método de secagem natural consiste na secagem pelo sol ou a sombra, com menores custos, mas possui algumas desvantagens, como por exemplo, não são capazes de movimentar uma elevada quantidade de água e assim não chegam ao padrão estável de qualidade (MASHKANIA et al., 2018).

Os tipos de secagem influenciam de forma direta a qualidade dos produtos agrícolas e plantas medicinais. A Tabela 1 lista alguns trabalhos encontrados na literatura que analisaram como a temperatura e a cinética de secagem influenciaram nas características dos materiais vegetais.

Tabela 1- Estudos encontrados na literatura sobre secagem de plantas e produtos agrícolas

Produto/Planta	Tipo de secagem	Temperaturas	Autor
<i>Cymbopogon citratus</i> (D.C) Stapf	Convectiva	40°C a 60°C	MARTINS et al. (2000)
<i>Cymbopogon winterianus</i> J.	Convectiva	30°C a 70°C	ROCHA et al. (2000)
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil	Leito Fixo	40°C a 60°C	PRATES et al. (2012)
<i>Mentha peperita</i>	Leito Fluidizado	30°C a 70°C	GASPARIN et al. (2017)
<i>Pereskia aculeata</i> M.	Leito Fixo	40°C a 80°C	HOSCHER, (2019)
<i>Momordica charantia</i> L.	Convectiva	20°C a 50°C	DA SILVA et al. (2020)

A cinética e a modelagem dos sistemas de secagem de plantas medicinais e aromáticas possibilita analisar e determinar o comportamento do secador, buscando manter as características naturais das plantas e obter alta efetividade durante o processo de secagem. O ajuste de modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem e as características de cada espécie, são de grande importância na tomada de decisão e contribuem na melhoria da eficiência do processo de secagem (RADUNZ et al., 2010; PRATES et al., 2007; PARK; YADO; BROD, 2001; BERBERT, 1995).

3.3 Modelagem Matemática

Os modelos matemáticos do sistema de secagem de plantas medicinais e aromáticas propõem analisar o comportamento da temperatura de secagem, procurando preservar as propriedades das plantas e procurar uma elevada eficiência durante o processo (PRATES et al., 2007). Para definir o sistema adequado de secagem, deve-se avaliar diferentes fatores, como por exemplo, tempo, energia e propriedades do produto. O tempo executado durante o processo está ligado com a velocidade de troca de energia e massa entre o produto e o ar de secagem, analisando a difusividade efetiva nas temperaturas do processo realizado (PARK et al., 2001; GONÇALVES, 2017).

O perfil de distribuição da água no interior de uma amostra pode ser representado por modelos matemáticos de natureza teórica, além de aplicar fundamentos da transferência de calor e massa (MOREIRA et al., 2013; RAMALHO, 2018). Há inúmeros modelos matemáticos teóricos, semiempíricos e empíricos na literatura para realizar a modelagem de cinéticas de secagem (WAUGHON; PENA, 2008).

Há três tipos de modelos de secagem para descrever a cinética de secagem de produtos agrícolas. São eles: o modelo teórico, que consiste em considerar apenas a resistência interna a transferência de calor e água entre os produtos e o ar quente, onde a água presente no interior do produto tem como finalidade movimentar-se conforme o material que está secando, seguindo propriedades específicas desse material. No entanto, os modelos semiteóricos e empíricos, fundamentam-se exclusivamente na resistência externa à temperatura e a umidade relativa do ar da secagem (MIDILLI et al., 2002; PANCHARIYA et al., 2002).

Identificar e conhecer as propriedades termodinâmicas nos processos de secagem dos produtos agrícolas é um fator de suma importância para projetar equipamentos que serão utilizados durante a secagem, calcular a energia fornecida e recebida neste processo, analisar as propriedades da água adsorvida e, por fim, avaliar a microestrutura dos alimentos e o estudo característico dos fenômenos físicos que acontecem na superfície dos produtos agrícolas (THOLON; QUEIROZ, 2009; CORREA et al., 2007).

3.4 Óleos Essenciais

3.4.1. Conceitos gerais

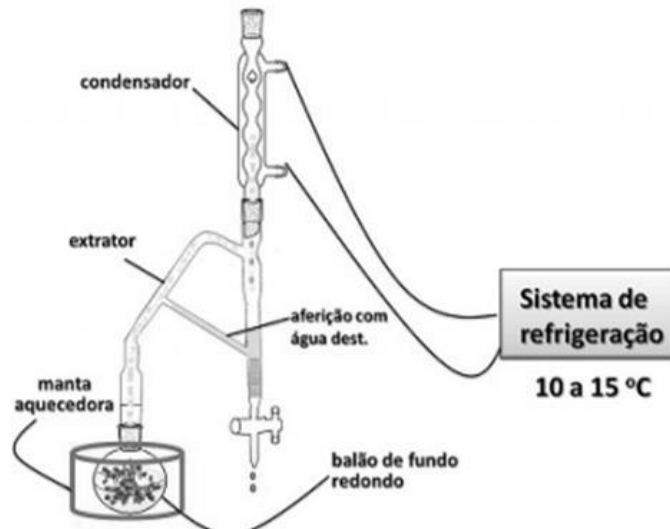
Conhecidos como a alma das plantas, os óleos essenciais são definidos como misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas e odoríferas, que apresentam fragrâncias com procedência vegetal. É um dos principais produtos obtido das plantas, pois apresentam elementos oriundos do metabolismo secundário, sendo uma ótima fonte de matérias com ação larvicida, inseticida, repelente e biológica (MACHADO; JUNIOR, 2011).

Estes óleos podem ser retirados de diferentes órgãos das plantas, como por exemplo, folhas, cascas de caules, raízes, rizomas, lenho, resina, goma, semente e pétalas de flores, em composições e quantidades diferentes. São encontrados em estruturas específicas tais como, as glândulas finas da epiderme, isolada em células no tecido das plantas (WOLFFENBUTTEL, 2011; ROCHA, 2016).

Segundo Novarrete et al. (2011), os óleos essenciais têm despertado um forte interesse para as indústrias, tais como alimentícia, farmacêutica, cosméticos, perfumaria, higiene e limpeza (SODAEIZADEH; RAFIEIOLHOSSAIN; VAN DAMM, 2010). Designar os métodos e condições de extração do óleo essencial é uma etapa fundamental, tendo em vista que proporciona uma relação entre a composição química e quantidade do óleo extraído (SILVEIRA et al., 2012).

Há inúmeros processos industriais e artesanais para extração de óleos essenciais. Em alguns processos o óleo é arrastado pelo vapor d'água tais como, extração a vapor e extração por hidrodestilação. Outros métodos utilizam o solvente para extrair o óleo essencial, como a extração enfleurage, as extrações supercríticas e subcríticas. Há também, as extrações que não usam nenhum solvente, como por exemplo, a extração por extrusão ou prensagem, extração a vácuo e por micro-ondas (SIMÕES; SPITZER, 2003; SEMEN; HIZIROGLU, 2005).

A hidrodestilação em aparelho de Clevenger, conforme pode ser visto na Figura 3, é um método que aquece a amostra embebida em água, que atinge 100°C, temperatura superior ao ponto de ebulição dos componentes do óleo essencial, até que seja volatilizado. Posterior à volatilização, o vapor d'água e os constituintes do óleo essencial passam por um condensador. No entanto, a água é imiscível com o óleo essencial, formando duas fases (óleo e água), cuja mistura é recebida no frasco e separada com auxílio de constituintes químicos.

Figura 3 – Hidrodestilação

Fonte: Andrade (2011).

Como propriedades físico-químicas, os óleos essenciais apresentam solubilidade em solventes de caráter orgânico, e são pouco solúveis em água, porém esta solubilidade é aceitável para fornecer odor acentuado, para aromatizar soluções aquosas, como acontece nas soluções florais, em que são nomeados como hidrolatos. Os óleos essenciais possuem sabores ácidos e picantes, apresentando coloração amarelado ou incolores, em geral são pouco estáveis, principalmente quando ficam em contato com o ar atmosférico, temperatura, umidade, metais e luminosidade (SANTOS, 2014).

É fundamental entender a importância da influência da variação da temperatura nos óleos essenciais, tendo em vista que a temperatura apresenta uma relação no teor e na composição dos princípios ativos de espécies medicinais afetando assim a composição dos óleos essenciais. Como consequência de processos de secagem mal conduzidos, pode acarretar alterações físico-químicas nos óleos essenciais como perda de substâncias voláteis, capacidade de reidratação, alteração de coloração e perda de aromas (SOUZA et al., 2008; BORSATO, 2005; RADUNZ, 2004).

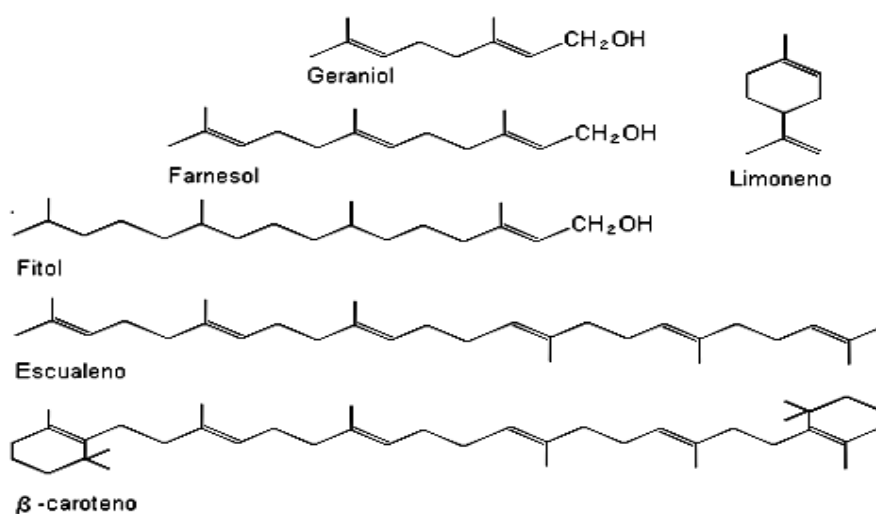
Quimicamente, os óleos essenciais são óleos naturais, de cheiros distintos, provenientes pelas glândulas das plantas aromáticas, com estruturas químicas compostas por carbono, hidrogênio e oxigênio, formando misturas complexa de componentes (SANTOS, 2014). As substâncias podem apresentar estruturas diferentes entres si, podendo ser classificados segundo a Tabela 2.

Tabela 2 - Compostos químicos presentes nos óleos essenciais

Compostos	Classe	Referência
Linalol, geraniol, citronelol, terpinol, mentol, borneol.	Álcoois	QUARESMA-SANTOS, (2017); LYRA, (2019)
Citral, citronelal, benzaldeído, aldeído cumínico, vanilina.	Aldeídos	FERREIRA, (2014); TITA, (2011).
Eugenol, timol, carvanol.	Fenóis	SOUZA et al. (2016); DAL POZZO, (2011).
Canfeno, pinneno, limoneno, felandreno, cedreno.	Terpenos	FELIPE et al. (2017); PIRES et al. (2018).
Cimeno, estireno (fenileteno).	Hidrocarbonetos	ALCANTARA et al. (2010); VELOSO et al. (2014).

Fonte: Adaptação de Shreve (2008).

Conforme a Tabela 2, podemos observar que os óleos essenciais possuem composição química bastante complexa. Sua produção está associada à fisiologia dos vegetais, logo os constituintes fitoquímicos e quantitativos dependem das enzimas específicas que catalisam os compostos voláteis. Geralmente, os óleos essenciais são formados por estruturas de terpenos (Figura 4) (LUPE, 2007).

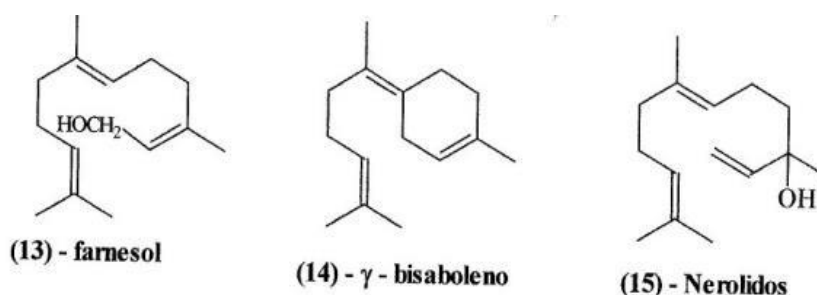
Figura 4 - Terpenos presentes na composição química dos óleos essenciais

Fonte: Damini (2003).

Os terpenos são formados pela associação dos isoprenos, com cadeias de cinco carbonos interligados uns aos outros, e os mesmos se diferenciam pelo número de unidades que se repetem. Os monoterpenos e sesquiterpenos possuem uma pequena massa molecular e por isso são extremamente voláteis explicando assim o aroma acentuado e característico dos óleos essenciais (ALVES et al., 2017).

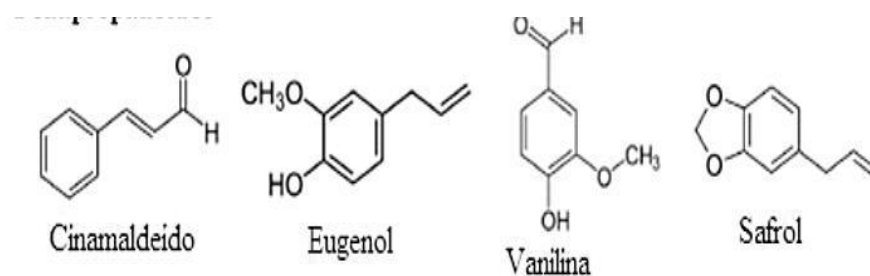
Além dos terpenos, também podemos citar na composição os sesquiterpenos (Figura 5), fenólicos, fenilpropanóide (Figura 6), alifáticos não terpênicos, heterocíclicos; com funções similares a álcoois, aldeídos, ácidos carboxílicos, acetados, cetonas, ésteres e entre outros. Como exemplo de composição química, podemos citar o óleo essencial de rosas que apresentam por volta de 300 constituintes, com ações biotecnológicas e bioquímicas, específicas (FERNANDES, 2012).

Figura 5 – Principais sequisterpenos em óleos essenciais



Fonte: Damini (2003).

Figura 6 – Principais fenilpropanoides presentes nos óleos essenciais



Fonte: Hyldgaard et al. (2012).

Os óleos essenciais são constituídos por misturas complexas que podem conter de 20 a 60 compostos químicos, em quantidades diferentes nas mais variadas concentrações (BAKKALI et al., 2008). As análises de misturas complexas presente nos óleos essenciais requerem a aplicação de métodos analíticos modernos e instrumentais que possibilitem avaliar a qualidade do óleo essencial e garantir a detecção de seus componentes químicos (ORLANDA, 2011).

O método mais usado para analisar a composição do óleo essencial é a cromatografia acoplada à espectrometria de massas, por apresentar mais precisão e efetividade (BRASIL, 2010). A cromatografia gasosa é um método que separa as misturas por interações de componentes, que devem ser voláteis e semi-voláteis, entre uma fase estacionária e uma fase móvel. O processo acontece da seguinte forma: a amostra é injetada (injetor de amostra) e arrastada pela fase móvel (gás de arraste) por meio de uma coluna que contém a fase estacionária, onde ocorre a separação da mistura (SOUZA, 2016).

3.4.2. Aplicações dos Óleos Essenciais

De acordo com Briskin (2000), estima-se que atualmente dos 3.000 óleos voláteis conhecidos, cerca de 300 são comercializados na indústria alimentícia, agrônômica, cosmética, de perfumaria e sanitária. Os benefícios ocasionados pelos óleos essenciais não estão baseados apenas na possibilidade de obter compostos aromáticos, em aplicações de fragrâncias e cosméticos, mas também nas propriedades terapêuticas existentes, como as ações inseticidas, bactericidas, fungicidas e como compostos precursores de moléculas bioativas (ANDRADE; GUIMARAES; MAIA, 2009; MORAES, 2012).

A aplicação dos óleos essenciais pode ser empregada para diversos fins, tais como: indústria farmacêutica, devido a suas características estéreis, digestivas (ativam a produção enzimática gástrica e entérica), analgésicas e sedativas; indústria química, pelos efeitos inseticidas, fungistático e herbicida em diversas pragas; indústria de alimentos, onde são utilizados como antimicrobianos e aditivos incrementadores de sabor e de aroma; indústria de cosméticos, pelas suas propriedades emolientes, anti-inflamatórias e bactericidas, na fabricação de cremes, sabonetes, shampoos e condicionador de cabelos; e indústria de perfume, exercendo a função de fixador de odores (CASCON, 2004; MARTINS, 2010; MORAES, 2012; OOTANI, 2010; VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; VERLET, 1993).

Apesar da maioria das aplicações dos óleos essenciais ocorrerem nas indústrias de alimentos, cosmética e farmacêutica, o uso terapêutico dos óleos essenciais na aromaterapia vem crescendo nos últimos anos, tendo vista que esse tratamento consiste em restaurar o equilíbrio entre o corpo, mente e espírito com base em efeitos psicológicos e emocionais dos óleos essenciais. Os óleos essenciais agem de formas distintas no nosso organismo, de acordo com os aspectos físicos, mental e emocional, mediante aos compostos químicos presente no óleo essencial (BERWICK, 1996; WOLFFEBUTTEL, 2011).

O Brasil possui as duas maiores diversidades vegetais do planeta, a floresta amazônica e a mata atlântica. O cultivo de plantas medicinais e a obtenção dos óleos voláteis têm

importante atividade econômica pela crescente utilização industrial. Estima-se que 3% da produção mundial são utilizadas nas indústrias farmacêuticas e de bebidas (ANDRADE, 2009; SIMÕES et al., 2007).

A produção mundial de óleo essencial é estimada entre 45 e 50 mil toneladas, alcançando cerca de U\$ 1 bilhão. Dentre os países com potencial para produção de óleo essencial, se destaca o Brasil que está entre os sete países responsáveis por 85% da confecção, a Tabela 3 apresenta os principais óleos essenciais presentes no mercado mundial (ROCHA, 2016).

Tabela 3 - Principais óleos essenciais presentes no mercado mundial

Espécie	Parte	Ação biológica	Autor
<i>Mentha arvensis</i>	Folhas	Bactericida, antihistamínica; antisséptica, expectorante.	VIDAL et al. (2007).
<i>Eucalyptus globulus Labill</i>	Folhas	Inseticida, herbicida, fungicida, bactericida.	SILVA et al. (2003).
<i>Cymbopogon winterianus J.</i>	Folhas	Bactericida, antifúngica, moluscicida, larvicida.	COSTA et al. (2015).
<i>Mentha x piperita L.</i>	Folhas	Antivirais, bactericida, anti-inflamatória, carminativo.	AKDOGAN et al. (2004).
<i>Citrus limon (L.) N.L. Burm</i>	Folhas/Cascas do fruto	Larvicida, antisséptica, diurética, toxicidade.	VIANA, (2015)
<i>Eucalyptus citrodora Hook</i>	Folhas	Antisséptica; antifúngica; anti-inflamatória; bactericida.	OLIVEIRA et al. (2006)
<i>Citrus aurantifolia</i>	Folhas/ Cascas do Fruto	Antifúngica, larvicida, bactericida, toxicidade.	SOUSA, (2019).

Fonte: Adaptado de Bizzo et al. (2009).

O Brasil destaca-se na produção mundial de óleos essenciais, contudo sofre de problemas crônicos como a falta de manutenção do padrão de qualidade dos óleos, representatividade nacional e baixos investimentos governamentais no setor, que levam ao quadro estacionário observado. O mercado mundial movimenta US\$ 1 bilhão por ano, apresentando crescimento aproximado de 11% ao ano na produção de óleos essenciais a partir de plantas medicinais (SOUZA et al., 2010).

Dentre as plantas medicinais produtoras de óleos essenciais, encontra-se a *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm, uma espécie de origem Asiática. Conhecida popularmente como colônia e jardineira, sendo muito encontrada no Nordeste do Brasil, possui ações anti-hipertensiva, diurética e febrífuga. Tem como principais constituintes alcaloides, flavanoides e como compostos majoritários 1,8-cineol e terpeno-4-ol, com trabalhos que comprovam atividades biológicas desta espécie (LORENZI; SOUZA, 2001; VICTORIO et al., 2009).

3.5 *Alpinia zerumbet*

Alpinia zerumbet (Pers.) B.L. Burtt & Smith, representada na Figura 7, conhecida popularmente em várias regiões do Brasil por jardineira, colônia, pacová, paco-seroca, cuité-açu, gengibre concha, água da lavante, dentre outros, sendo bastante encontrada no Nordeste do Brasil (CORREA et al., 2010). É uma espécie monocotiledônea, pertencente à família Zingiberaceae com distribuição antropical, com cerca de 50 gêneros e 1100 espécies (SOUZA; LORENZI, 2012).

Figura 7 – Folhas de *Alpinia zerumbet*



Fonte: Rodrigues (2016).

Pertencente à família Zingiberaceae é a maior da ordem Zingiberales, suas espécies são nativas de regiões tropicais, especialmente do sul e sudeste da Ásia, expandindo-se até América do Sul e Central. Os vegetais desta espécie apresentam melhor crescimento em habitats sombreados ou semi-sombreados, ricos em húmus (DAHLGREN et al., 1985).

Zingiberaceae possui uma classificação que inclui outras quatro tribos que são: Hedychieae que tem 22 gêneros, Alpinieae 25 gêneros, Zingibereae 1 gênero e Globbeae 4

gêneros, com características florais e vegetativas (BURTT; SMITH, 1972, LARSEN et al., 1998; NASCIMENTO, 2013).

Muitas espécies desta família têm se destacado por sua importância econômica, pois fornecem alimentos (féculas de rizomas), perfumes, condimentos de propriedades aromáticas, corantes fibras e papel. *Zingiber officinale* Rosc., conhecido popularmente como gengibre é utilizado como fins medicinais e como condimento. No aspecto ornamental mencionam-se os gêneros *Zingiber*, *Alpinia*, *Nicolaia*, *Hedychium* e *Kaempferia* pela beleza da folhagem e a da inflorescência (ALBUQUERQUE; NEVES, 2004; WINTERS, 1995).

O gênero *Alpinia* é o maior da família, com mais de 200 espécies, destaca-se a *Alpinia zerumbet* planta herbácea, rizomatosa, robusta, perene capaz de atingir 2 a 3 metros de altura, folhas simples, lisas, verde-claras. As folhas são lanceoladas, oblongas, pontuadas, invaginantes, verde-luzidias, de margens ciliadas de 50 a 70 cm de comprimento e de 10 a 12 cm de largura. Suas folhas estão em cachos com coração amarelo-róseas com três lobos e um grande lábio, com capsula subglosa de 2 cm de diâmetro (ALBUQUERQUE; NEVES, 2004; ALMEIDA, 1993; ARAUJO, 2011) conforme pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Cachos de *Alpinia zerumbet*



Fonte: Nascimento (2013).

A *Alpinia zerumbet* possui características como depurativas, diurética, hipotensora, anti-histérica e vermífuga. Destaca-se que os cientistas e pesquisadores vêm buscando encontrar mais propriedades para esta espécie, estudos relatam sua ação como sedativa, antioxidante, antifúngica e entre outros (OLIVEIRA et al., 2008). Dentre as diversas propriedades presentes na *A. zerumbet* os principais metabolitos secundários presentes nestas espécies são: alcaloides, flavanoides, catequina, espicatequina, esteroides, triterpenoides, derivados

hidroxiantracênicos e saponinas (RODRIGUES, 2016). Há estudos que ressaltam que a partir das folhas, rizoma, raízes e as flores de *A. zerumbet* podem ser obtidas a substância química como dihidro-5,6-desidrokawain (DDK) e compostos fenólicos, com elevada atividade antioxidante (ELZAWELY et al., 2007; LOBO FILHO, 2011).

A literatura enfatiza dados que evidenciam diversas propriedades farmacológicas da *Alpinia zerumbet*, conforme pode ser visto na Tabela 4.

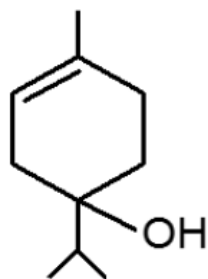
Tabela 4 - Propriedades farmacológicas da *Alpinia zerumbet*

Parte da planta	Produto	Atividades Farmacológicas	Referência
Flores	Extrato	Asma	ALMEIDA, (1933)
Folhas	Extrato	Anti-histéricas	ALMEIDA, (1933); VANDERLINDE, (1986)
Folhas	Óleo Essencial	Vermífugas	ALMEIDA, (1933); VANDERLINDE, (1986)
Folhas	Óleo Essencial	Hipotensora	MENDONÇA et al., (1991)
Folhas e rizomas	Extrato	Antioxidante	DI STOSI, (2002)
Folhas/ Caule	Extrato	Anti-inflamatória	SANTANA, (1966)
Flores	Óleo Essencial	Expextorante	MATOS, (1984)
Folhas	Extrato	Vasodilator	KEEF, (1986)

Fonte: Adaptação de Souza (2018).

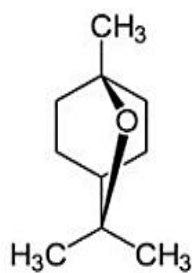
O óleo essencial de *Alpinia zerumbet* demonstra diversas ações terapêuticas conforme foi visto na Tabela 4, essa atividade possui relação direta com os compostos químicos presentes neste OE. As propriedades medicinais da *Alpinia zerumbet* são correlacionadas aos constituintes químicos presentes nas diferentes partes da planta, de acordo com a região anatômica usada como matéria prima na fabricação do óleo essencial, no entanto, esses compostos podem ser encontrados em maior ou menor quantidade, podem estar associados às características distintas (LAHLOU, 2003).

Rodrigues (2016) identificou em seu estudo sobre a ação do óleo essencial de *A. zerumbet* que os principais constituintes químicos foram o terpinen-4-ol, óxido de cariofileno, trans-hidrato de sabineno e 1,8-cineol, sendo atribuídas diversas atividades biológicas e farmacológicas a estes componentes majoritários. O terpinen-4-ol é um isômero de terpineol com fórmula química $C_{10}H_{18}O$, conforme é ilustrado na Figura 8, que apresenta atividade hipotensora e ação redutora, também é eficaz na inibição *in vitro* de células de melanoma humana (LAHLOU et al., 2003; CALCABRINI et al., 2004).

Figura 9 - Terpinen-4-ol

Fonte: Adaptado de Mirante (2015).

O constituinte químico 1,8-cineol ou eucaliptol, representado na Figura 8, apresenta ação interna, como ação secretora em vias respiratórias, possui inibição do mecanismo da ciclooxigenase e tratamento da asma brônquica (DEWHIRST, 1980; FERREIRA, 2014).

Figura 10 – 1,8-cineol

Fonte: Ferreira (2014).

4 MATERIAL E METODOS

4.1. Material vegetal

As folhas de *Alpinia zerumbet* foram coletadas no bairro Vila Itamar, na cidade de São Luís – MA (Figura 11), manualmente e no período da manhã. O teor médio de umidade das mesmas foi de 62% (base úmida).

Figura 11 – *Alpinia zerumbet*



Fonte: Próprio autor (2021).

4.2. Local da pesquisa

Os materiais vegetais foram transportados para o Laboratório de Pesquisa e Aplicação de Óleos Essenciais do Pavilhão Tecnológico (LOEPAV) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) para triagem, determinação do teor de água e secagem. As folhas foram cortadas manualmente, de forma padronizada, transversalmente em partes de no máximo 5 cm de comprimento e 2 cm de largura.

4.3. Secagem

Para a secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* utilizou-se uma estufa digital de secagem de ar convectiva FANEM 520, com velocidade de ar constante e igual a 1 m/s. A secagem foi realizada em dias alternados nas seguintes temperaturas 30°C, 45°C e 55°C, e a

umidade relativa do ar foi monitorada através de um termo-higrometro digital (modelo INS-28 Instrusul).

Foi utilizada uma massa de 200g para cada uma das temperaturas de secagem testadas. Cerca de 3g das amostras foram colocadas em placas revestidas por alumínio, com dimensão 90x15 mm, sendo a massa medida em diferentes intervalos de tempo (5,10, 20, 30 e 60 min), através de uma balança analítica Shimadzu AUY220, até se obter peso constante. Para determinar a razão de umidade (RU) durante a secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* para as diferentes temperaturas de secagem, foi utilizada a Equação 1:

$$RU_{(adm)} = \frac{U_{bs} - U_e}{U_{bs_{inicial}} - U_e} \quad (1)$$

onde: RU: razão de umidade, (adimensional); $U_{bs_{inicial}}$: teor de água inicial (b.s.); U_e : teor de água no equilíbrio (b.s.); U_{bs} : teor de água no tempo t (b.s.).

4.4. Modelagem matemática do processo de secagem

Os valores da razão de umidade (RU) em função do tempo de secagem, obtidos para cada temperatura empregada, foram analisados por seis diferentes modelos matemáticos (Tabela 5), ajustados por regressão não linear, pelo método de QuasiNewton, com auxílio do software Statistica 10.0 (Stat Soft, EUA).

Tabela 5 - Modelos matemáticos para secagem da *Alpinia zerumbet*

Modelo	RU_{pre}	Eq
Dois termos Jittanit (2011)	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + b \cdot \exp(-k \cdot t)$	(2)
Aproximação por Difusão Corrêa et al. (2010)	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	(3)
Cavalcanti Mata Carvalho et al. (2007)	$a_1 \cdot \exp((a_2 \cdot (t^{a_3})) + a_4 \cdot \exp(a_2 \cdot (t^{a_5})) + a_6$	(4)
Logarítmico Apkinar (2006)	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	(5)
Page Kumar et al. (2006)	$\exp(-k \cdot t^n)$	(6)
Midilli Midilli et al. (2002)	$a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	(7)

onde: t - tempo de secagem; k, - constantes de secagem; a, b, c, n - coeficientes dos modelos.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação (R^2), a magnitude do erro médio relativo (P) (Equação 8) e o desvio quadrático médio (DQM) (Equação 9).

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|\text{RU}_{\text{exp}} - \text{RU}_{\text{pre}}|}{\text{RU}_{\text{exp}}} \quad (8)$$

onde: P: magnitude do erro médio relativo; RU_{pre} : razão de umidade predito; RU_{exp} : razão de umidade experimental; n: número de dados experimentais.

$$\text{DQM} = \sqrt{\frac{\sum (\text{RU}_{\text{exp}} - \text{RU}_{\text{pre}})^2}{N}} \quad (9)$$

onde: DQM: desvio quadrático médio; RU_{pre} : razão de umidade predito; RU_{exp} : razão de umidade experimental; N: número de dados experimentais.

4.5 Extração dos óleos essenciais

Após o processo de secagem às temperaturas de 30°C, 45°C e 55°C, as folhas de *Alpinia zerumbet* foram trituradas individualmente em moinho de facas elétrico, sendo posteriormente armazenadas para extração dos seus respectivos óleos essenciais.

Para extração dos óleos essenciais utilizou-se a técnica de hidrodestilação, empregando-se um extrator de Clevenger de vidro modificado, acoplado a um balão de fundo redondo de 6000 mL, acondicionado em manta elétrica como fonte geradora de calor, conforme a Figura 12. Em cada rotina de extração as folhas foram acondicionadas no balão de fundo redondo, acrescentando-se água destilada na proporção de 1:10.

A hidrodestilação foi conduzida a 100°C por 3h, recolhendo-se ao final, os óleos essenciais extraídos. Os óleos foram secos com sulfato anidro de sódio (Na_2SO_4), e então armazenados em ampolas de vidro âmbar sob refrigeração de 4°C para evitar possíveis perdas de constituintes voláteis.

Figura 12 - Sistema de hidrodestilação.



Fonte: Próprio autor (2021).

4.6 Caracterizações físico-químicas

Foram determinadas as seguintes propriedades físico-químicas do óleo essencial (OE) de *Alpinia zerumbet* densidade, solubilidade em álcool 70% (v/v), índice de refração, rendimento, cor e aparência.

4.6.1 Densidade

Para se determinar a densidade do OE, foi utilizado um picnômetro de 1 mL, onde foram adicionadas as amostras obtidas às diferentes temperaturas, seguido de pesagem (IAI, 1985).

4.6.2 Solubilidade em etanol (70%)

A solubilidade foi determinada colocando um volume constante de óleo ao qual adicionados volumes proporcionais de solução alcoólica 70% (v/v) até solubilização total.

4.6.3 Índice de refração

O índice de refração foi determinado com auxílio de uma pipeta de Pasteur de vidro, para adicionar as amostras do óleo diretamente sobre o prisma do refratômetro de ABBE, nas temperaturas de 35°C, 45°C e 55°C, fazendo-se, em seguida, as leituras (FARMACOPEIA, 2010).

4.6.4 Rendimento do óleo essencial

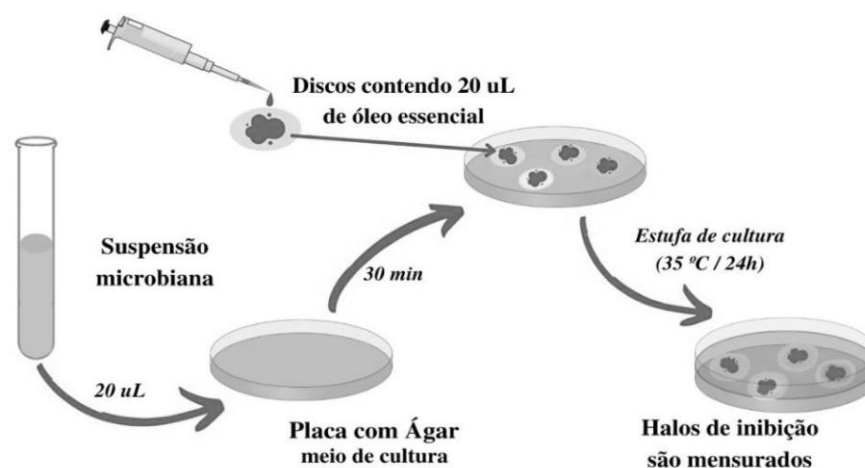
O rendimento do óleo essencial foi expresso na pela razão massa/volume, utilizando-se a fórmula descrita na Farmacopeia Brasileira (2010).

4.7 Atividade antimicrobiana dos óleos extraídos

Foram utilizadas duas cepas padrões *American Type Culture Collection* (ATCC), sendo uma Gram-negativa: *Escherichia coli* (*E. coli*) ATCC® 25922™ e uma Gram-positiva: *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ATCC® 25923™. Para determinação do potencial antimicrobiano foi aplicada o Método de Difusão de Disco (MDD) descrito por Bauer (1966) e adaptado por Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2003).

A técnica de Difusão de Disco padroniza os testes de sensibilidade de antimicrobianos por disco-difusão. Primeiro, foram preparadas as placas com o meio de cultura Ágar Mueller Hinton. Após solidificação, a suspensão microbiana padronizada foi distribuída na superfície do ágar com auxílio de *swab* estéril e deixado em repouso à temperatura ambiente por 30 min. Logo após, os discos impregnados com os óleos essenciais foram preparados da seguinte forma: utilizando-se uma pinça esterilizada, os discos foram aderidos ao centro das placas sobre a superfície do ágar. As placas foram incubadas em estufa bacteriológica a 35°C por 24 horas. Após 24 horas, foi feita a leitura do diâmetro do halo de inibição, incluindo o diâmetro do disco. Os ensaios foram feitos em triplicata para obtenção dos resultados médios de cada medida. A Figura 13 apresenta a ilustração esquemática dos testes da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais extraídos.

Figura 13 – Esquema do teste da atividade antimicrobiana

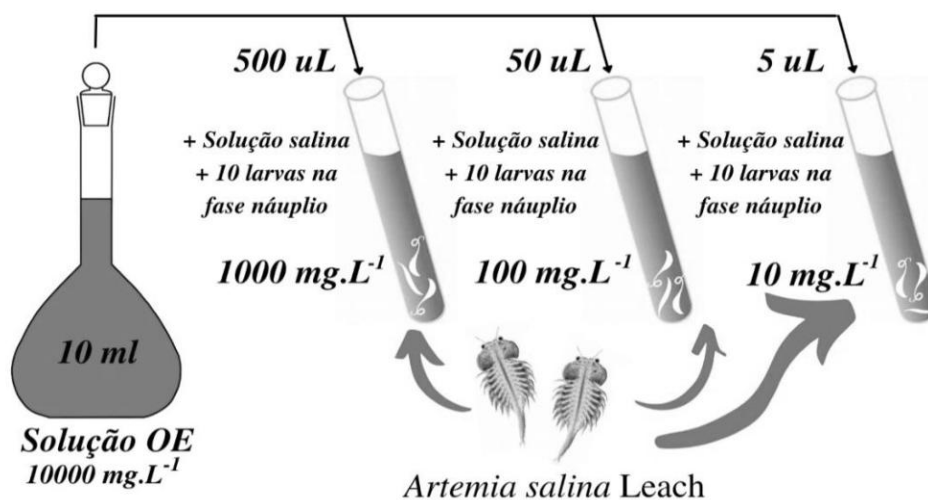


4.8 Toxicidade pelo bioensaio de *Artemia salina* Leach

Para a avaliação da letalidade de *Artemia salina* Leach, foi preparada uma solução salina estoque de cada óleo essencial na concentração de 10.000 mg.L^{-1} e $0,02 \text{ mg}$ de Tween 80 (tensoativo). Aliquotas de $5, 50$ e $500 \mu\text{L}$ desta foram então transferidas para recipientes e completados com solução salina, previamente preparada, até 5 mL , obtendo-se no final, concentrações de $10, 100$ e 1000 mg.L^{-1} , respectivamente.

Todos os ensaios foram realizados em triplicatas. Dez larvas na fase náuplio foram transferidas para cada um dos recipientes. Para o controle do branco utilizou-se 5 mL da solução salina e para o controle negativo 5 mL de uma solução 4 mg.L^{-1} de Tween 80. Após 24 horas de exposição, realizou-se a contagem das larvas vivas, considerando-se mortas aquelas que não se movimentaram durante a observação, mesmo com uma leve agitação do frasco. A Figura 14 apresenta a ilustração do bioensaio de toxicidade frente às larvas de *Artemia salina* Leach.

Figura 14 – Esquema do teste de toxicidade



Fonte: Próprio autor (2021).

A análise estatística dos dados foi realizada de acordo com o método de Reed-Muench (1938), o qual parte do princípio de que um animal que sobreviva a certa dose, também irá sobreviver em qualquer outra dose menor que aquela. Conseqüentemente, o animal que morrer com certa dose, também irá morrer em doses maiores que aquela. A partir de uma tabela contendo os dados de mortalidade para cada concentração testada, foi construído um gráfico com uma curva para o acúmulo de animais mortos em cada concentração e outra curva para o acúmulo de sobreviventes. O ponto de intercessão entre as curvas é a Concentração

Letal 50% (CL_{50}), pois nesse ponto o número de animais sobreviventes é igual ao número de animais mortos (COLEGATE; MOLYNEUX, 1993).

Adotou-se o critério estabelecido por Dolabela (1997) para classificação da toxicidade dos óleos essenciais, sendo considerado produto altamente tóxico quando $CL_{50} \leq 80 \text{ mg.L}^{-1}$, moderadamente tóxico para $80 \text{ mg.L}^{-1} \leq CL_{50} \leq 250 \text{ mg.L}^{-1}$ e levemente tóxico ou atóxico quando $CL_{50} \geq 250 \text{ mg L}^{-1}$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

CAPITULO DE LIVRO PUBLICADO NO LIVRO “AVANÇO DAS PESQUISAS E INOVAÇÕES NA ENGENHARIA QUÍMICA” DA EDITORA “ATENA”

EM 03/01/2020

CINÉTICA DE SECAGEM DE *Alpinia zerumbet* E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES DO SEU ÓLEO ESSENCIAL

RESUMO

Este estudo avaliou como a secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* influencia nas propriedades dos seus óleos essenciais (OE's) extraídos, ainda aplicando predição de modelos matemáticos para o fenômeno de secagem nas condições realizadas. As folhas de *Alpinia zerumbet* foram secas por convecção de ar forçado nas temperaturas de 30, 45 e 55 °C. Foram aplicados seis modelos matemáticos a cinética de secagem da planta, onde a melhor secagem foi verificada pela análise estatística do software Statistica 10 por regressão não linear. Para extração dos OE's empregou-se o processo de hidrodestilação com verificação das propriedades físico-químicas, atividade antimicrobiana e toxicidade. Através dos resultados obtidos foi possível determinar o melhor modelo matemático para cada cinética de secagem. Foram observadas diferenças significativas das propriedades dos OE's. A temperatura de 45 °C possibilitou a obtenção do melhor rendimento do OE, ainda apresentando a melhor atividade antimicrobiana e atoxicidade. Conclui-se que a temperatura de secagem influencia nas propriedades físico-químicas e biológicas dos OE's, sendo desta forma necessários estudos como este que avaliem o melhor modelo matemático para predizer a secagem como também como as temperaturas influenciam nas propriedades do produto obtido.

PALAVRAS-CHAVE: secagem, *Alpinia zerumbet*, óleo essencial.

DRYING KINETICS OF *Alpinia zerumbet* AND TEMPERATURE INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF YOUR ESSENTIAL OIL

ABSTRACT: This study evaluated how the drying of *Alpinia zerumbet* leaves influences the properties of their extracted essential oils (EO's), still applying prediction of mathematical models to the drying phenomenon in the conditions performed. The leaves of *Alpinia zerumbet* were collected in São Luís-MA, being dried in a convective air-drying kiln at

temperatures of 30, 45 e 55°C. Six mathematical models were applied to plant drying kinetics at three temperatures, where the best drying was verified by statistical analysis of the Statistica 10 software by nonlinear regression. The hydrodistillation process was used to extract the EO's with verification of physicochemical properties antimicrobial activity and toxicity. Through the results obtained it was possible to determine the best mathematical model for each drying kinetics. Significant differences in the properties of the EO's were observed. The temperature of 45°C allowed the achievement of the best OE yield, still presenting the best antimicrobial activity and atoxicity. It is concluded that the drying temperature influences the physicochemical and biological properties of the EO's, thus being necessary studies such as this that evaluate the best mathematical model to predict drying as well as temperatures influence the properties of the obtained product.

KEYWORDS: drying, *Alpinia zerumbet*, essential oil.

1 INTRODUÇÃO

A secagem é um processo físico que objetiva a eliminação de água por evaporação, de modo a melhorar a conservação de um produto (ALMEIDA et al., 2016). Este processo retira a água livre presente nos tecidos vegetais, impedindo que ocorra degradação enzimática, mantendo a qualidade do material. Além disso, a redução da quantidade de água aumenta a quantidade de princípios ativos em relação à massa seca (HII et al., 2012).

A parte aérea das plantas medicinais, principal fonte de produtos fitoterápicos, é colhida geralmente com alto teor de água, o que ocasiona o aumento de atividades metabólicas, resultando em alterações químicas e físicas no produto quando armazenado. Neste sentido, a secagem de plantas medicinais e aromáticas, é fundamental para o controle e a manutenção da qualidade do produto final, uma vez que as indústrias farmacêuticas e fitoterápicas possuem baixa capacidade de processamento de produtos úmidos, e por isso precisam armazenar este material (LORENZI&MATOS, 2008; GONELI et al., 2014).

As plantas medicinais são sensíveis ao processo de secagem e as temperaturas a que são submetidas podem causar alterações na quantidade e qualidade dos princípios ativos, porém no geral, temperaturas entre 40°C e 60°C são as mais indicadas independentes do método de secagem (MELO et al., 2004).

Dentre os produtos obtidos das plantas medicinais destacam-se os óleos essenciais. Estes se originam do metabolismo secundário das plantas, sendo extraídos de flores, botões, folhas, ramos, cascas, sementes, frutos, raízes e rizomas (SARTO&JANUZZO, 2014).

Apresentam compostos aromáticos voláteis como terpenos e seus derivados (carvacrol, timol, eugenol, terpineno, linalol e carvona), que são os principais responsáveis por sua atividade antimicrobiana (SANTOS et al., 2010).

Entre as plantas medicinais produtoras de óleos essenciais encontra-se a *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm, uma espécie originária da Ásia, pertencente à família Zingiberaceae, e encontrada na literatura científica com as sinonímias de *Alpinia speciosa* K. Shum, *Costus zerumbet* Pers., *Languas speciosa* Small e *Zerumbet speciosum* J. C. Wendel (LORENZI&SOUZA, 2001). Essa planta é conhecida popularmente como colônia, sendo muito encontrada no Nordeste do Brasil, e utilizada como anti-hipertensiva, diurética e febrífuga (CORREA et al., 2010). Tem como classes de constituintes químicos, alcaloides, flavonoides e como principais componentes do óleo essencial são os monoterpenos com maior concentração de 1,8-cineol e terpeno-4-ol, havendo trabalhos que comprovam sua atividade antimicrobiana (VICTÓRIO et al., 2009).

Este estudo teve por objetivo avaliar como a secagem em temperaturas de 30°, 45° e 55°C de folhas de *A. zerumbet* (jardineira) provenientes da cidade de São Luís- MA influencia nas propriedades dos óleos essenciais extraídos dessas folhas, ainda aplicando predição de modelos matemáticos para o fenômeno de secagem nas condições realizadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta, seleção e preparo do material vegetal

Foram coletadas para a realização da cinética de secagem folhas de *A. zerumbet* (jardineira), provenientes do bairro Vila Itamar, na cidade de São Luís-MA (Figura 1). As folhas foram coletadas manualmente pela manhã, apresentando teor de água em torno de 62% (base úmida).



Figura 1 - *Alpinia zerumbet*

O material foi encaminhado ao Laboratório de Pesquisa e Aplicação de Óleos Essenciais da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) para triagem, determinação do teor de água e secagem em estufa digital de ar convectivo FANEM 520. No laboratório, o material vegetal foi analisado e foram selecionadas quanto aos aspectos visuais as folhas não danificadas. As folhas foram cortadas manualmente, havendo cautela na padronização dos cortes. Os cortes foram realizados de maneira transversal em partes de no máximo 5 cm de comprimento e 2 cm de largura.

2.2 Secagem

Para realização da secagem das folhas de *A. zerumbet* utilizou-se uma estufa digital de secagem de ar convectiva FANEM 520, velocidade do ar padrão em 1 m/s. A secagem foi realizada em dias alternados empregando-se as temperaturas de 30, 45 e 55 °C e a umidade relativa do ar monitorada através de um termo-higrômetro digital (modelo INS-28 Intrusul).

Foi empregada uma massa de 200g para cada temperatura de secagem e cerca de 3g das amostras foram colocadas em placas revestidas por alumínio de dimensões 90 x 15 mm, sendo a massa monitorada durante todo o processo por pesagens descontínuas em balança analítica Shimadzu AUY220 e o esquema das pesagens seguindo intervalos de 5, 10, 20, 30 e 60 min, até o final do processo. As pesagens foram realizadas até que as variações de massa fossem insignificantes. A secagem foi concluída quando não havia variação da massa em 0,0100 g entre cinco pesagens sucessivas. Para determinação da razão de umidade (RU) durante a secagem das folhas de jardineira para as diferentes temperaturas de secagem foi utilizada a Equação 1:

$$RU_{(adm)} = \frac{U_{bs} - U_e}{U_{bs_{inicial}} - U_e} \quad (1)$$

onde: $RU_{(adm)}$ =razão de umidade, (adimensional); $U_{bs_{inicial}}$ =teor de água inicial (b.s.); U_e =teor de água no equilíbrio (b.s.); U_{bs} =teor de água no tempo t (b.s.).

2.3 Modelagem matemática para predição da secagem

Os valores de RU obtidos para cada temperatura do ar de secagem foram analisados por seis diferentes equações empíricas e semiempíricas e regressão não linear, conforme a Tabela 1. Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, realizou-se análise de regressão não linear, pelo método Quase-Newton, empregando-se o programa computacional Statistica 10.0.

Modelo	RU_{pre}	Eq	Referência
Dois termos	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + b \cdot \exp(-k \cdot t)$	(2)	Jittanit (2011)
Aproximação por Difusão	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	(3)	Corrêa et al. (2010)
Cavalcanti Mata	$a_1 \cdot \exp((a_2 \cdot (t^{a_3})) + a_4 \cdot \exp(a_2 \cdot (t^{a_5})) + a_6)$	(4)	Carvalho et al. (2007)
Logarítmico	$a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	(5)	Apkinar (2006)
Page	$\exp(-k \cdot t^n)$	(6)	Kumar et al. (2006)
Midilli	$a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	(7)	Midilli et al. (2002)

Tabela 1 - Modelos matemáticos de regressão não linear para prever o fenômeno de secagem de folhas de *Alpinia zerumbet*

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foi o coeficiente de determinação (R^2), a magnitude do erro médio relativo (P) foi calculado pela Equação 8 e o desvio quadrático médio (DQM) pela Equação 9.

2.4 Extração dos óleos essenciais

As folhas de *A. zerumbet* secas nas temperaturas de 30°C, 45°C e 55°C na estufa de secagem de ar convectiva foram trituradas individualmente em moinho de facas elétrico, sendo posteriormente armazenadas para extração dos seus respectivos OE'S.

Para extração dos óleos essenciais utilizou-se a técnica de hidrodestilação, empregando-se um extrator de Clevenger modificado de vidro, acoplado a um balão de fundo redondo de 6000 mL acondicionado em manta elétrica como fonte geradora de calor. As folhas em cada rotina de extração foram acondicionadas no balão de fundo redondo, acrescentando-se água destilada na proporção de 1:10.

A hidrodestilação foi conduzida a 100°C por 3h, recolhendo-se os óleos essenciais extraídos. Os óleos foram secos com sulfato anidro de sódio (Na_2SO_4). Os óleos foram armazenados em ampolas de vidro âmbar sob refrigeração de 4°C para evitar possíveis perdas de constituintes voláteis.

Os OE's extraídos das folhas secas a 30°C, 45°C e 55 °C foram analisados quanto a densidade, índice de refração, solubilidade em álcool 70% (v/v), cor e aparência conforme descrito pela Farmacopeia Brasileira (2010). Os rendimentos dos óleos essenciais foram

expressos em porcentagem na relação massa/volume pela medida de densidade descrita pela quarta edição da Farmacopeia Brasileira (2010).

2.5 Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais extraídos

Foram utilizadas duas cepas padrões American Type Culture Collection (ATCC), sendo uma Gram-negativa: *Escherichia coli* (*E. coli*) e uma Gram-positiva: *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*). Para determinação do potencial antimicrobiano foi aplicada o “Método de Difusão de Disco (MDD) descrito por Bauer (1966), adaptada por Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2003).

2.6 Toxicidade pelo bioensaio de *Artemia salina*

Para a avaliação da letalidade de *A. salina* Leach, foi preparada uma solução salina estoque de cada óleo essencial na concentração de 10.000 mg L⁻¹ e 0,02 mg de Tween 80 (tenso ativo). Aliquotas de 5, 50 e 500 µL desta foram transferidas para recipientes e completados com solução salina já preparadas anteriormente até 5 mL, obtendo-se no final concentrações de 10, 100 e 1000 mg L⁻¹, respectivamente. Todos os ensaios foram realizados em triplicatas, onde dez larvas na fase náuplio foram transferidas para cada um dos recipientes. Após 24 horas de exposição, realizou-se a contagem das larvas vivas, considerando-se mortas aquelas que não se movimentaram durante a observação e nem com a leve agitação do frasco. A análise estatística dos dados foi realizada de acordo com o método de Reed&Muench (1938).

Adotou-se o critério estabelecido por Dolabela (1997) para classificação da toxicidade dos óleos essenciais, sendo considerado produto altamente tóxico quando $CL_{50} \leq 80 \text{ mg L}^{-1}$, moderadamente tóxico para $80 \text{ mg L}^{-1} \leq CL_{50} \leq 250 \text{ mg L}^{-1}$ e levemente tóxico ou atóxico quando $CL_{50} \geq 250 \text{ mg L}^{-1}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a cinética de secagem da *Alpinia zerumbet* nas temperaturas de 30°C, 45°C e 55 °C melhor ajustados aos dados experimentais são apresentados na Figura 2 pelo modelo de Cavalcanti Mata e Midilli. Os tempos de secagens máximos estiveram em

torno de 50h para a temperatura de 30°C, 30h para a temperatura de 45°C e 20h para a temperatura de 55°C.

Mediante análise dos gráficos apresentados na Figura 2, verifica-se que quando ocorre à elevação da temperatura do ar diminui-se o tempo de secagem, sendo esta observação para secagem de produtos constatada por Vega-Gálvez et al. (2012). Isto se fundamenta no princípio de que ao aumentar a temperatura eleva-se a transferência de calor para as folhas, logo a taxa de migração da água do interior para a superfície-ambiente será maior.

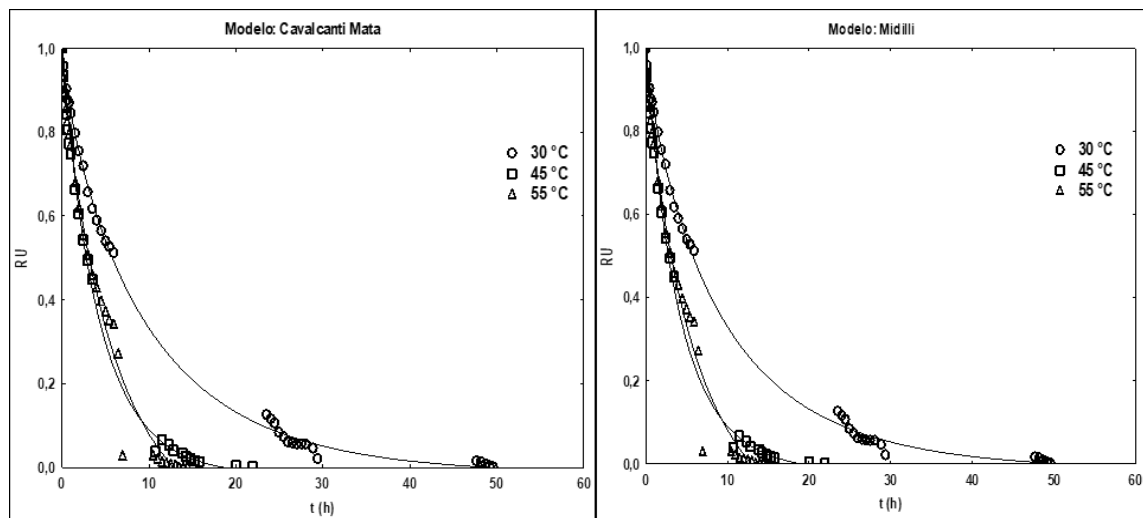


Figura 2 - Curvas de secagem (tempo x razão de umidade) de *Alpinia zerumbet* ajustadas ao modelo matemático Cavalcanti Mata e Midilli.

Os resultados obtidos de forma experimental foram ajustados aos modelos matemáticos. Na Tabela 2 está apresentado o ajuste dos seis modelos analisados aos dados experimentais da secagem de folhas de *Alpinia zerumbet*, considerando as diferentes temperaturas de secagem.

Modelo	30 °C			45 °C			55 °C		
	R ²	DQM	P	R ²	DQM	P	R ²	DQM	P
Dois termos	0,9984	0,4937	1,3472	0,9941	0,1076	0,2148	0,9881	0,0187	0,5442
Aproximação por Difusão	0,9961	0,0319	0,0036	0,9941	0,04175	0,0009	0,9907	0,0232	0,0250
Cavalcanti Mata	0,9992	0,0145	4,24E-09	0,9943	0,1108	2,08E-01	0,9923	0,0110	0,4540
Logarítmico	0,9986	0,0002	2,17E-08	0,9941	0,1079	0,2133	0,9921	0,0156	0,4698
Page	0,9989	0,0002	0,0117	0,9941	0,1085	0,2124	0,9879	0,0247	0,5796
Midilli	0,9992	0,0147	0,0006	0,9943	0,1102	0,5442	0,9922	0,0201	2,1691

Tabela 2 - Ajuste dos modelos analisados aos dados experimentais da cinética de secagem das folhas de *Alpinia zerumbet* (jardineira)

Todos os modelos apresentaram um coeficiente de determinação superior a 0,9900, refletindo um bom ajuste dos modelos aplicados aos dados experimentais, como pode ser observado na Tabela 2.

Para as secagens a 30°C e 45°C pode-se observar que o maior coeficiente de determinação foi apresentado pelos modelos de Calvacanti Mata e Midilli. Enquanto que, para a secagem a 55°C o modelo Cavalcanti Mata teve o melhor desempenho, porém com diferença mínima em seguida esteve o modelo de Middilli. Desta forma, sendo este um critério de seleção dos modelos poderíamos inferir que os modelos satisfatórios para prever a secagem da espécie seriam os modelos de Cavalcanti Mata e Midilli.

Como enfatizado por Madamba et al. (1996) e Almeida et al. (2015), além do coeficiente de determinação (R^2) para melhor prever o modelo mais satisfatório aplica-se o DQM (desvio para estimativa). Partindo disto, pode se constatar que para os mesmos modelos este parâmetro manteve-se aceitável.

Um dos critérios também comumente utilizado para seleção dos modelos é o erro médio relativo (P) devendo ser menor que 10% (Mohapatra&Rao, 2005). Ambos os modelos Cavalcanti Mata e Midilli também estiveram dentro dos critérios estabelecidos por Mohapatra&Rao (2005), visto que os valores do parâmetro P observados nas Tabelas 2 foram relativamente baixos.

Para a escolha do modelo melhor ajustado entre Cavalcanti Mata e Midilli para a secagem da *A. zerumbet* foi utilizado o recurso de análise dos resíduos, obtidos através do suplemento Análise de Dados do Microsoft Office Excel 2016. Os resíduos para o modelo de Cavalcanti Mata e Midilli variaram entre -0,2 e 0,2, expressando uma tendência simétrica na distribuição em torno de 0, caracterizando um bom ajuste dos dados ao modelo. Como critério de escolha final foram avaliados o valor do erro padrão obtidos para cada um dos ajustes através da análise de resíduos. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.

Modelo	Erro padrão		
	30 °C	45 °C	55 °C
Cavalcanti Mata	0,0397	0,0618	0,0310
Midilli	0,0419	0,0618	0,0310

Tabela 3 - Erro padrão obtido para o ajuste dos modelos Cavalcanti Mata e Midilli.

Na Tabela 3 observa-se um erro padrão menor para a secagem da planta em estudo na temperatura de 30 °C no modelo de Cavalcanti Mata. Visto que os erros padrões obtidos nas

outras temperaturas foram aproximadamente semelhantes, o modelo de Cavalcanti Mata é apontado como escolha de modelo para predizer a secagem da *A. zerumbet*.

Após a secagem nas temperaturas estabelecidas, os óleos essenciais foram extraídos e posteriormente foram determinadas suas propriedades físico-químicas. Os parâmetros físico-químicos dos óleos essenciais extraídos são expressos na Tabela 4.

Parâmetros	30 °C	45 °C	55 °C
Densidade (g mL ⁻¹)	0,8950	0,8888	0,8745
Índice de refração (nD 25°)	1,5000	1,478	1,476
Solubilidade EtOH (70% v/v)	1:3	1:4	1:5
Cor	Amarelo alaranjado	Amarelo	Amarelo pálido
Aparência	Límpido	Límpido	Límpido
Rendimento (m/m %)	0,24	0,71	0,64

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*

Através dos resultados obtidos observou-se uma variação pequena da densidade e do índice de refração. Os parâmetros de solubilidade e cor foram determinantes na diferenciação visual dos óleos essenciais extraídos. A temperatura de secagem influenciou principalmente no rendimento do processo aplicado. A aplicação de uma temperatura de secagem de 45°C permitiu a obtenção do melhor rendimento para a espécie utilizada no estudo. Refletindo assim que mesmo com a temperatura de 55°C processando mais rapidamente o produto, parte dele é quantitativamente perdido.

Resultados discordantes foram observados por Barcelos et al. (2010) ao realizar uma secagem das folhas de *A. zerumbet* em estufa ventilada, a 40°C, por 72 h e empregando o método de hidrodestilação para obtenção do óleo essencial o autor obteve um rendimento de 0,24%, sendo que na temperatura de 45 °C por aproximadamente 30h obtivemos neste estudo um rendimento de 0,71%.

Para cada um dos OE's obtidos os seus potenciais bactericidas foram avaliados pelo Método de Difusão de Disco. O resultado deste ensaio é visualizado por um halo de inibição formado pela capacidade do OE em inibir o crescimento microbiano. Os diâmetros dos halos de inibição para a ação dos OE's frente às bactérias são apresentados na Tabela 5.

Bactéria	Diâmetros dos halos de inibição (mm)		
	30°C	45°C	55°C
<i>Escherichia coli</i>	7 ^R	11 ^S	NI* ^R
<i>Staphylococcus aureus</i>	15 ^S	25 ^S	NI* ^R

Tabela 5 - Diâmetros dos halos de inibição para a ação do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*, onde *NI=não ocorreu inibição do microrganismo pela ação do óleo essencial testado; R= Resistente a ação do OE; S= Sensível a ação do OE;

Pela classificação de Moreira et al. (2005), as bactérias são sensíveis a ação dos OE's quando apresentam halos de inibição superiores a 9 mm. Desta forma, foi possível que constatar que a *Escherichia coli* foi sensível apenas a ação do OE extraído pela secagem da *A. zerumbet* a 45°C. Para o *Staphylococcus aureus* apenas o OE de 55 °C não apresentou atividade bactericida.

Através da Tabela 5 observa-se que o OE obtido através da secagem da *A. zerumbet* a 45 °C obteve o melhor desempenho ao inibir a bactéria *Staphylococcus aureus*, revelando um halo de inibição de 25 mm, comparando-se ao OE obtido empregando-se a temperatura de 30 °C onde o mesmo inibiu em apenas 15 mm a mesma bactéria enquanto que o OE obtido da planta seca em 55 °C perdeu todo o seu potencial biológico bactericida. Sendo importante enfatizar que esta temperatura permitiu um rendimento suficientemente semelhante à de 45 °C, porém o potencial bactericida mostrou-se definitivo na escolha da temperatura de secagem para esta espécie.

O mesmo foi observado para a bactéria *Escherichia coli*, onde a temperatura de secagem influenciou novamente no potencial biológico do OE. O OE obtido das folhas secas a 45°C apresentaram o melhor desempenho bactericida com um halo de 11 mm e novamente o OE de 55°C não apresentou potencial bactericida.

A partir dos potenciais biológicos de uma determinada espécie medicinal é almejada sua aplicação para os fins bactericidas estudados, porém antes de ser aplicado o ensaio de toxicidade define a classificação preliminar do OE em atóxico, moderadamente tóxico ou tóxico, sendo de vital importância obter um produto atóxico que não gere efeitos colaterais a organismos não alvos.

A toxicidade é classificada a partir da obtenção da CL₅₀ (Concentração Letal 50%) para a ação do OE frente a larvas de *Artemia salina* Leach. As curvas para obtenção das CL₅₀ pelo método de Reed&Muench (1938) podem ser observadas na Figura 3.

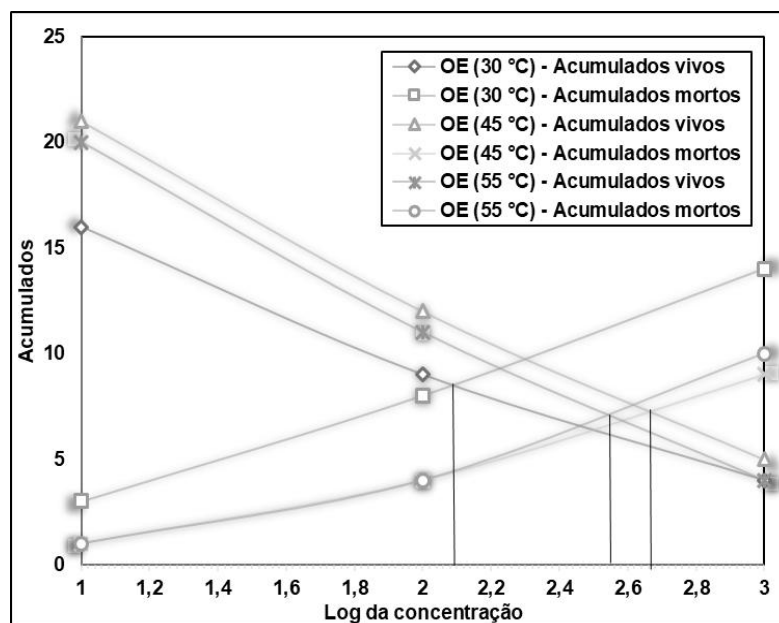


Figura 3 - Curva acumulados mortos versus vivos para a ação do OE frente à *Artemia. salina* Leach.

A CL_{50} e a classificação da toxicidade para o parâmetro testado podem ser visualizadas na Tabela 6.

OE	30°C	45°C	55°C
CL_{50} (mg L ⁻¹)	125,89	446,68	501,19
Classificação	Moderadamente tóxico	Atóxico	Atóxico

Tabela 6 - Concentração Letal 50 (CL_{50}) e toxicidade do OE de *Alpinia zerumbet* frente a larvas de *Artemia salina* Leach

De acordo com a Tabela 6 é possível observar que o OE obtido pela secagem das folhas a 30°C apresentou toxicidade moderada, enquanto que os outros foram classificados como atóxicos. Assim, foi possível observar que a secagem a 45°C além de apresentar o melhor rendimento e melhor atividade bactericida nos revela um OE atóxico, sendo sua aplicação fortemente incentivada neste estudo. Assim, é possível afirmar que os ensaios antimicrobianos e físico-químicos devem ser realizados para enfim definirmos a melhor temperatura de secagem para cada espécie medicinal. Visto que, comumente a cinética de secagem leva em consideração aspectos relacionados ao tempo e neste estudo o menor tempo não foi necessariamente o melhor tratamento para a planta em estudo.

CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, é possível concluir que a temperatura de secagem a 45 °C é a mais indicada para a espécie *Alpinia zerumbet* neste estudo. Visto que, nesta a mesma apresentou o melhor rendimento, melhor atividade bactericida e atoxicidade do OE obtido, incentivando assim seu potencial de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. **Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável**. HOLOS, v. 4, p. 197-205, 2016.

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. 2015. p. 1-10.

BARCELOS, F. F.; OLIVEIRA, M. L.; GIOVANINNI, N. P. B.; LINS, T. P.; FILOMENO, C. A.; SCHNEIDER, S. Z.; ANDRADE, T. U. Estudo químico da atividade biológica cardiovascular do óleo essencial de folhas de *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & RM Sm em ratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 1, p. 48-56, 2010.

COLEGATE, S. M.; MOLYNEUX, R. J. **Bioactive natural products: detection, isolation, and structural determination**. CRC press, 2007.

CORREA, A. J. C.; LIMA, C. E.; COSTA, M. C. C. D. ***Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & RM Sm.(Zingiberaceae): levantamento de publicações nas áreas farmacológica e química para o período de 1987 a 2008**. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 12, n. 1, p. 113-119, 2010.

FARMACOPÉIA, ANDVS, 2010. **Farmacopeia Brasileira**. Farmacopeia Brasileira, 4ª ed, 2010.

HII, C.L; JANGAM, S.V.; ONGAND, S.P.; MUJUMDAR, A.S. **Solar drying: Fundamentals, applications and innovations**. TPR Group Publication, Singapore, 2012.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**, 3ªed. São Paulo: Instituto Planatarum, 2001. 1067p.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. **The thin-layer drying characteristics of garlic slices**. Journal of food engineering, v. 29, n.1, p. 75-97, 1996.

MARTINAZZO, A.P.; MELO, E.C.; CORRÊA, P.C.; SANTOS, R.H. **Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão [Cymbopogon citratus Stapf]**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.12, n.4, p. 488-498, 2010.

MELO, E.C.; RADUN, L.L.; MELO, R.D.A. **Influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais- Revisão**. Engenharia na Agricultura, v.12, n.4, p. 307-315, 2004.

REED, L. J.; MUENCH, H. **A simple method of estimating fifty per cent endpoints**. American journal of epidemiology, v.27, n.3, p. 493-497, 1938.

SARTO, M.P.M.; ZANUSSO JUNIOR, G. **Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais**. Revista UNINGÁ, v.20, n.1, 2014.

SANTOS, G.G.; TRINDADE, RC.; ALVES, J.A.B.; SANTOS, P.O.; ALVES, P.B.; BLANK, A.F.; CARVALHO, L. M.; AQUINO, L.C. **Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de erva-cidreira e manjeriço frente a bactérias de carnes bovinas**. Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 21, n.21, p.529–535, 2010.

SILVA, L.A.; RESENDE, O.; VIRGOLINO, Z.; BESSA, J.F.V.; MORAIS, W.A.; VIDAL, V.M. **Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de Jenipapo (Genipa americana)**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.17, n.4, p. 953-963, 2015.

VEJA-GÁLVEZ, A; AH-HEN, K.; CHACANA, M.; VERGARA, J.; MARTÍNEZ-MONZÓ, GARCIASEGOVIA, P.; DI SCALA, K. **Effect of temperature and air velocity on drying**

capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. Food Chemistry, v. 132, n.1, p. 51-59, 2012.

VICTÓRIO, C.P; ALVIANO, D.S; ALVIANO, C.S.; LAGE.; C.L.S. **Chemical composition of the fractions of leaf oil of Alpinia zerumbet (Pers.) BL Burt & RM Sm. and antimicrobial activity.** Revista Brasileira de Farmacognosia, v.19, n.3, p. 697-701, 2009

6 CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa possibilitaram estabelecer que a temperatura de 45°C é a mais indicada para secagem da espécie *Alpinia zerumbet*. Os modelos de Cavalcanti Mata e Midilli foram os mais ajustáveis aos dados experimentais da cinética de secagem da espécie.

A temperatura de 45°C apresentou a melhor atividade antimicrobiana frente à *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* com halos de inibição de 11 mm e 25 mm, respectivamente, sendo considerada como sensíveis à ação do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*. É importante enfatizar que as temperaturas indicadas pela avaliação da secagem não apresentaram resultados significativos frente aos microrganismos.

O rendimento de 0,71% obtido para o óleo essencial à temperatura de 45°C foi satisfatório, demonstrando um elevado potencial de aplicabilidade.

O óleo essencial da *Alpinia zerumbet* nas temperaturas de 45°C e 55°C pode ser classificado como não tóxico, pois a variação da CL_{50} foi em torno de 446,68 mg L⁻¹ e 551,19 mg L⁻¹, respectivamente. É de suma importância o conhecimento dos potenciais tóxicos e biológicos dos produtos naturais, para que se possa aplicá-los de forma segura.

Os resultados deixaram claro que a temperatura de secagem influencia nas propriedades da *Alpinia zerumbet*, assim como na extração dos seus óleos essenciais. Neste sentido, a utilização desta espécie é possível pelo grande potencial de aplicabilidade que dispõe.

REFERÊNCIAS

AKGOGAN, M.; GULTERKIN, F.; YONTEM, M. Effect of *Mentha piperita* (Labiatae) and *Mentha spicata* (Labiatae) on iron absorption in rats. **Toxicology and industrial health**, v. 20, n. 6, p. 119-122, 2004.

ALBUQUERQUE, E. S. B; NEVES, L. J. Anatomia foliar de *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt & Smith (Zingiberaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 109-121, 2004.

ALCÂNTARA, J. M.; YAMAGUCHI, K. K. D. L.; SILVA, J. R. D. A.; VEIGA JUNIOR, V. F. D. Composição química e atividade biológica dos óleos essenciais das folhas e caules de *Rhodostemonodaphne parvifolia* Madriñán (Lauraceae). **Acta Amazônica**, v. 40, n. 3, p. 567-571, 2010.

ALMEIDA, E. R. **Plantas medicinais brasileiras – conhecimentos populares e científicos**. São Paulo, Hemus Editora, 1993.

ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. **Holos**, v. 4, p. 197-205, 2016.

ALVES, T. A.; FERREIRA, C. S.; COSTA, R. G.; HENRIQUE, M. K. C.; PRAÇA-FONTES, M. M.; PINHEIRO, P. F. Caracterização química e atividade mutagênica do óleo essencial de *Lippia alba*. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, 2017.

ANDRADE, E. H. Óleos essenciais: caracterização, extração, análise e importância econômica. **Encontro de profissionais da química da Amazônia**, 12º, Belém: Conselho Regional da Química da 6ª Região, 2011.

ANDRADE, E. H. A.; GUIMARÃES, E. F.; MAIA, J. G. S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de Piper da Amazônia**. Belém: FEQ/UFPA, 2009.

ANDRADE, F. J. E. T.; TORRES, N. M. M. M.; MORAES, G. M. D. D.; FRUTUOSO, A. E. Atividade antifúngica de óleo essencial de limão (*Citrus aurantifolia*) frente a fungos filamentosos isolados de pães. **Higiene alimentar**, p. 206-210, 2015.

ARAUJO, F. Y. R.; OLIVEIRA, G. V.; GOMES, P. X. L.; SOARES, M. A.; SILVA, M. I. G.; CARVALHO, A. F.; MACÊDO, D. S. Inhibition of ketamine-induced hyperlocomotion in mice by the essential oil of *Alpinia zerumbet*: possible involvement of an antioxidant effect. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 68, n. 8, p. 1103-1110, 2011.

BAKKALLI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – a review. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BAYER, A. W.; KIRBY, W. M. M.; SHERRIS, J. C.; TURCK, M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method. **Am J Clin Pathol**, v. 45, n. 4, p. 493-496, 1996.

BERBERT, P. A. **Online density independent moisture content measurement of hard winter using the capacitance method**. 1995. 227f. Thesis (Ph.D in Agricultural Engineering). Cranfield University, Silsoe, 1995.

BERWICH, A. **Aromaterapia Holística**. Record, Rio de Janeiro, 1996.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

BORSATO, A. V.; DONI-FILHO, L.; AHRENS, D. C. Secagem da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] com cinco temperaturas do ar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 7, n. 2, p. 77-85, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria interministerial nº2.960, de 09 de Dezembro de 2008. Aprova o Programa Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos e cria o Comitê Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos. Ministério da Saúde; 2008. Disponível em: <http://bvmsms.saude.gov.br/bvs/html> [17 fev 2021].

BRASIL. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 26, de 13 de maio de 2014. Disponível em: http://bvms.saude.gov.br/bvs/rdc0026_13_05_2014.pdf. Acesso em: 01 fev 2021.

BRISKIN, D. P. Medicinal plants and phytomedicines. Linking plant biochemistry and physiology to human health. **Plant Physiology**, v. 124, p. 507-514, 2000.

BROD, F. P. R.; ALONSO, L. F. T.; PARK, K. J. Secagem de produtos agrícolas. In: **XI SEMEAGRI - Semana de Engenharia Agrícola da Unicamp**. v. 11, 1999

BURTT, B. L.; SMITH, R. M. Key species in the taxonomic history of Zingiberaceae. **Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh**, v. 31, p. 177-227, 1972.

CALCABRINI, A.; STRINGARO, A.; TOCCACIELI, L.; MESCHINI, S.; MARRA, M.; COLONE, M.; MONDELLO, F. Terpine-4-ol, the main component of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil inhibits the in vitro growth of human melanoma cells. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 122, n. 2, p. 349-360, 2004.

CASCON, V. Copaíba - *Copaifera* spp. In: CARVALHO, J. C. T. **Fitoterápicos antiinflamatórios: aspectos químicos, farmacológicos e aplicações terapêuticas**. Ribeirão Preto: Tecmedd, 2004.

CARDOSO, B. M. **Levantamento etnobotânico no bairro centro da cidade de Governador Mangabeira-BA**. 2016. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Faculdade Maria Milza – FAMAM, Governador Mangabeira, 2016.

CARLESSO, V. D. O.; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F. D.; DELTMANN. Avaliação de modelos de secagem em camada fina de sementes de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 28-37, 2007.

CARNEIRO, F.M.; SILVA, J. P. F.; BORGES, L.L.; ALBERNAZ, L. C.; COSTA, J. D. P. Tendências dos estudos com plantas medicinais no Brasil. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais**, v.3, n.2, p. 44-75, 2014.

CARVALHO, M. S. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leite de espuma**. 2014. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

COLEGATE, S. M.; MOLYNEUX, R. J. **Bioactive natural Products: detection, isolation and structural determination**. CRC press, 2007.

COSTA, A. V.; ALMEIDA, B. R.; GONÇALVES, L. V.; CRICO, K. B.; IGNACCHITI, M. D. C.; PEREIRA JÚNIOR, O. S.; QUEIROZ, V. T. Efeito moluscicida do óleo essencial de *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) sobre *Lymnaea columela* (Say, 1817) e *Biomphalaria tenagophila* (D'Orbigny, 1835). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 17, n. 4, p. 707-712, 2015

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELLI, A. L.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*phaseolusvulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 501-507, 2007.

CORRÊA JUNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. 2 ed. Jaboticabal, FUNEP, 1994.

CORREA, A. J. C.; LIMA, C. E.; COSTA, M. C. C. D. *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & RM Sm.(Zingiberaceae): levantamento de publicações nas áreas farmacológica e química para o período de 1987 a 2008. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 1, p. 113-119, 2010.

CORREA, A. J. C.; LIMA, C. E.; COSTA, M. C. C. D. *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & RM Sm.(Zingiberaceae): levantamento de publicações nas áreas farmacológicas e química para o período de 1987 a 2008. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 1, p. 113-119, 2010.

DA 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 de melão-de-são-caetano (*Momordica charantia* L.) **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 10, p. 707-712, 2020.

DAL POZZO, M.; VIÉGAS, J.; SANTURIO, D. F.; ROSSATTO, L.; SOARES, I. H.; ALVES, S. H.; COSTA, M. M. D. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de condimentos frente à *Staphylococcus* spp isolados de mastite caprina. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p. 667-672, 2011.

DAHLGREN, R. M. T.; CLIFFORD, H. T.; YEO, P. F. The families of the Monocotyledons – Structure, Evolution and Taxonomy. Berlin. **Springer – Verlag**. 1985.

DAMINI, W. **Extração de óleos essenciais através da destilação por arraste a vapor utilizando materiais alternativos**. 2003. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/ Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA, Assis, 2003.

DEWHIRST, F. E. Structure-activity relationships for inhibition of prostaglandin cyclooxygenase by phenolic compounds. **Elsevier**, v. 20, n. 2, p.209-222, 1980.

DI STASI, L. C.; HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. Editora Unesp, 2002.

DOLABELA, M. F. **Triagem in vitro para atividade antitumoral e anti Trypanossoma cruzi de extratos vegetais, produtos naturais e substâncias sintéticas**. 1997. Dissertação

(Mestrado em Ciências) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

ELZAAWELY, A. A.; XUAN, T. D.; TAWATA, S. Essential oils, kava pyrones and phenolic compounds from leaves and rhizomes of *Alpinia zerumbet* and their antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 486-494, 2007.

FARMACOPÉIA, ANDVS, 2010. **Farmacopeia Brasileira**. Farmacopeia Brasileira, 4ª ed, 2010.

FELIPE, L. O.; BICAS, J. L. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 120-130, 2017

FERREIRA, A. R. A. **Uso de óleos essenciais como agentes terapêuticos**. 2014.89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, 2014.

FERNANDES, H. C. P. **Extração do óleo essencial da casca de laranja**. 2012. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/ Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA, Assis, 2003.

FOGLIO, M. A.; QUEIROGA, C. L.; SOUSA, I. D. O.; RODRIGUES, R. A. F. Plantas medicinais como fonte de recursos terapêuticos: um modelo multidisciplinar. **Construindo a história dos produtos naturais**, v. 7, p. 1-8, 2006.

GOUVEIA, J. P. G. **Avaliação da cinética de secagem do gengibre (*Zingiberofficinale roscoe*) em um secador de leito fixo**. 1999. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

GONÇALVES, A. A. **Cinética de secagem das folhas de amora preta (*Morus nigra L.*)** 2017. 25f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, 2017.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*annona muricata L.*) em cada de espuma desempenho do processo e características do produto**. 2014. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

HARVEY, A. L.; BRADLEY, K.N.; COCHRAN, S. A.; ROWAN, E. G.; PRATT, J. A.; QUILLFELDT, J. A.; JERUSALINSKY, D. A. What can toxins tell us for drug discovery?. **Toxicon**, v. 36, n. 11, p. 1635-1640, 1998.

KEEF, K. D.; ROSS, G. Rhythmic coronary arterial contractions: changes with time and membrane potential. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 250, n. 3, p. 524-529, 1986.

HERTWING, I. F. V. Curcuma. In: **Plantas aromáticas e medicinais**. São Paulo, 1986.
SOYSAL, Y.; ÖZTEKIN, S. Equilibrium moisture content equations for some medicinal and aromatic plants. **Journal of agricultural Engineering Research**, v. 74, n. 3, p. 317-324, 1999.

HIL, C. L.; JANGAM, S.V.; ONGAND, S.P.; MUJUMDAR, A.S. **Solar drying: Fundamentals, applications and innovations**. TPR Group Publication, Singapore, 2012.

HOSCHER, R. H. **Cinética de secagem e composição química do óleo essencial de folhas de Pereskia aculeata Miller**. 2019. 51f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019.

HYLDGAARD, M.; MYGIND, T.; MEYER, R. L. Óleos essenciais na preservação de alimentos: modo de ação, sinergias e interações com componentes da matriz alimentar. **Fronteiras em microbiologia**, v. 3, p. 12, 2012.

LAHLOU, S.; INTERAMINENSE, L. F. L.; LEAL CARDOSO, J. H.; DUARTE, G.P. Antihypertensive effects of the essential oil of *Alpinia zerumbet* and its main constituent, terpinen-4-ol, in DOCA-salt hypertensive conscious rats. **Fundamental and clinical pharmacology**, v. 17, n. 3, p. 323-330, 2003.

LARSEN, K.; LOCK, J. M.; MAAS, H.; MAAS, P. J. M. **Zingiberaceae**. In *Flowering Plants: Monocotyledons*, v. 4, p. 474-495, 1998.

LIMA, R. A. B. **Análise da secagem convectiva das folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

LOBO FILHO, H. G. **Pré-condicionamento com óleo essencial de *Alpinia zerumbet* no infarto do miocárdio induzido por isoproterenol em ratos**. 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em Cirurgia) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, 2011.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3a. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2001.

LYRA, L. P. D. S. **Desenvolvimento de nanoemulsão de geraniol e óleo essencial da palmarosa (*Cymbopogon martinii*) e sua ação inibitória sobre a linhagem de *Cutibacterium acnes***. 2019. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral e Aplicada) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2019.

LUPE, F. A. **Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia**. 2007. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química da UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MACHADO, B. F. M. T.; JUNIOR, A. F. Óleos essenciais: aspectos gerais e usos em terapias naturais. **Cadernos acadêmicos**, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011.

MACHADO, A. K. T. **Secagem de caju (*Anacardium occidentale*) pelo método foam-mat com otimização prévia de espuma**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, 2019.

MARTINAZZO, A. P. **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf**. 2006. 156f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MARTINS, E. A.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 238-244, 2015.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV, 2003.

MARTINS, P. M. **Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf)**. 2000. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

MARTINS, A. G. L. A. **Atividade antimicrobiana nos óleos essenciais do manjeriço (*Ocimum basilicum* Linnaeus) e do gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) frente a linhagens de *Escherichia coli* enteropatogênicas isoladas de hortaliças**. 2010. 179f. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de João Pessoa, João Pessoa, 2010.

MARINHO, M. L.; ALVES, M. S.; RONDONDANO, T. E. F.; VIDAL, I. F.; SILVA, W. W.; ATHAÍDE, A. C. R. A utilização de plantas medicinais em medicina veterinária: um resgate do saber popular. **Revista Brasileira de Plantas Médicas**, v. 9, n. 3, p. 64-69, 2007.

MASHKANIA, M. R. D.; LARIJANIB, K.; MEHRAFARINC, A.; BADIC, H. N. Changes in the essential oil and content and composition of *Thymus daenensis* Celak under different drying methods. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 389-395, 2018.

MATOS, F. J. A.; CAVALCANTI, F. S.; QUEIROZ, M. F. F. B. Plantas da medicina popular do Ceará selecionadas pela maior frequência de seu uso. **Acta Amazonica**, v. 18, p. 37-38, 1988.

MELO, E. C.; RADUNZ, L. L.; MELO, R. C. A. Influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais – Revisão. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 4, p. 307-315, 2004.

MERINO, F. J. Z.; OLIVEIRA, V. B.; PAULA, C. S.; CANSIAN, F. C.; SOUZA, A. M.; ZUCHETTO, M.; MIGUEL, O. G. Análise fitoquímica, potencial antioxidante e toxicidade do extrato etanólico e das frações da espécie *Senecio westermanii* Dusén frente a artemia salina. **Revista Brasileira de Plantas Medicináveis**, v. 17, n. 4, p. 1031-1040, 2015.

MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, J. E.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. J.; MCLAUGHLIN, J. L. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta médica**, v. 45, n. 5, p. 31-34, 1982.

MENDONÇA, V. L. M.; OLIVEIRA, C. L. C.; CRAVEIRO, A. A.; RAO, V. S.; FONTELES, M. L. Pharmacological and toxicological evaluation of *Alpinia speciosa*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 86, p. 93-97, 1991.

MIRANTE, D. C. **Desenvolvimento tecnológico e avaliação da atividade antimicrobiana de micropartículas de Polilisina e de Nanocápsulas contendo óleo essencial de *Melaleuca Alternifolia* Cheel (Myrtaceae)**. 2015. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

MICHILES, E. Diagnóstico situacional dos serviços de fitoterapia no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira Farmacognosia**, v. 14, n. 1, p. 16-19, 2004.

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

MORAES, H. H. Q. **Otimização experimental da extração do óleo essencial de gengibre (*Zingiber officinale*)**. 2012. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

NASCIMENTO, N. L. **Estudo do efeito da administração aguda e repetida do óleo essencial de *Alpinia zerumbet* (OEAZ) em modelos animais de convulsão**. 2013. 115f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

NAVARRETE, A.; WALLRAF, S.; MATO, R. B.; COCERO, M. J. Improvement of essential oil steam distillation by microwave pretreatment. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, v. 50, n. 8, p. 4667-4671, 2011.

OLIVEIRA, R. A.; LIMA, E. O.; VIEIRA, W. L.; FREIRE, K. R. L.; TRAJANO, V. N.; LIMA, I. O.; SILVA-FILHO, R. N. Estudo da interferência de óleos essenciais sobre a atividade de alguns antibióticos usados na clínica. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 16, n. 1, p. 77-82, 2006.

OLIVEIRA, C. C. **Estudo toxicológico pré-clínico do extrato aquoso e do óleo essencial das folhas de *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt & Smith**. 2008. 93f. Dissertação (Mestrado em Farmacologia) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

OOTANI, M. A. **Atividade inseticida, antifúngica e herbitóxina dos óleos essenciais de *Eucalyptus citriodora* e *Cymbopogon nardus***. 2010. 121f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2010.

ORLANDA, J. F. F. **Estudo da composição química e atividade biológica do óleo essencial da *Ruta graveolens* Linneau (RUTACEAE)**. 2011. 105f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal de João Pessoa, João Pessoa, 2011.

PANCHARIYA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. Thin-layer modeling of black tea drying process. *Journal of Food Engineering*, v. 52, n. 4, p. 349-357, 2002.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* SANTOS, L. S. N.; SALLES, M. G. F.; PINTO, C. M.; RODRIGUES, C. S. O sabor da etnobotânico sobre plantas medicinais na comunidade da brenha, Redenção, CE. *Agrarian academy*, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 5, n.9, p. 409, 2018.

PIRES, T.; RIBEIRO, M. G. T.; MACHADO, A. A. Extração do R-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da verdures dos processos de extração tradicionais. **Química Nova**, v. 41, n. 3, p. 355-365, 2018.

PRATES, M. O.; PIZZIOLLO, T. A.; TÔRRES, A. G.; MELO, E. C. Modelagem matemática de plantas medicinais e aromáticas. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, n. 2, p. 96-108, 2007.

PRATES, M. F. O.; REIS, R. D.; DEVILLA, I. A.; FARIA, R. Q.; LIMA JUNIOR, A. F. Cinética de secagem de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St-Hil (fruta-de-lobo). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 3, p. 514-521, 2012.

QUARESMA-SANTOS, E. R. Q. D. **Óleos essenciais ricos em linalol (*Aniba rosaeodora*, *A. parviflora* e *Aeollanthus suaveolens*) na Amazônia e seus efeitos neurocomportamentais em roedores**. 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará, 2017.

QUEIROZ, F. Utilização de plantas medicinais e fitoterápicos como emagrecedores por mulheres de um projeto social em Sete Lagoas/MG. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v. 5, n. 1, 2017.

RADUNZ, L. L.; MELO, E. C.; ROCHA, P. P.; BERBERT, P. A.; GRACIA, L. M. N. Study of essential oil from guaco leaves submitted to different drying air temperature. **Engenharia na Agricultura**, v. 18, p. 241-247, 2010.

RAMALHO, W. J. C. R. **Análise da cinética de secagem da batata-doce (*Ipomea batatas* L.) por diferentes técnicas de secagem**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, 2018.

REED, L. J.; MUENCH, H. **A simple method of estimating fifty per cent endpoints**. American journal of epidemiology, v.27, n.3, p. 493-497, 1938.

RIBEIRO, P. G. F.; DINIZ, R. C. **Plantas aromáticas e medicinais: cultivo e utilização**. Londrina, PR: IAPAR, 2008.

RODRIGUES, A. C. D. C. **Propagação in vitro e aclimatização de espécies medicinais: *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & RM Sm (Zingiberaceae) e *Solidago chilensis* Meyen (Asteraceae)**. 2016. 96f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016.

ROCHA, S. F. R.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M. Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* J.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 3, n. 1, p. 73-78, 2000.

ROCHA, N. M. S. **Extração e análise do óleo essencial do alecrim**. 2016. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Enfermagem) – Universidade do Rio do Vale, Rio do Vale, 2016.

ROSA, C. D. A.; CÂMARA, S. G.; BÉRIA, J. U. Representações e intenção de uso da Fitoterapia na atenção básica à saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 1, p. 311-318, 2011.

SANTANA, C. F.; PINTO, K. V.; D'ALBUQUERQUE, I. L. Estudos farmacológicos de antiinflamatórios de alguns vegetais. **Revista do Instituto de Antibióticos**, v. 6, n. 1/2, p. 7589, 1966.

SANTOS, T. A. F. **Extração, caracterização e aplicações do óleo essencial do cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*)**. 2014. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia em Processos Químicos) – Faculdade de Pindamonhangaba – FAPI, Pindamonhangaba, 2014.

SOUZA, S. A.; MEIRA, M. R.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, 2010.

SEMEN, E.; HIZIROGLU, S. Production yield and derivatives of volatile oil from eastern redcedar (*Juniperus virginiana* L.). **Am. Journal Environ Sci**, v. 1, n. 2, p. 133-138, 2005.

SHREVE, R. N.; BRINK JUNIOR, J. A. **Indústrias de Processos Químicos** – 4ª ed. Guanabara Koogan, S. A. Rio de Janeiro, 2008.

SILVA, J.; ABEBE, W.; SOUSA, S. M.; DUARTE, V. G.; MACAHDO, M. I.; MATOS, F. J. Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of eucalyptus. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 89, n. 23, p. 277-283, 2003.

SILVEIRA, J. C.; BUSATO, N. V.; COSTA, A.; COSTA JUNIOR, E. F. Proposta de modelagem da extração de óleos essenciais utilizando modelo a parâmetros distribuídos na fase sólida. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 16, 2012, São José dos Campos, SP. **Anais**. São José dos Campos: Universidade do Vale da Paraíba, 2012.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. **Óleos voláteis. Farmacognosia da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: UFRGS, Florianópolis, 2007.

SODAEIZADEH, H.; RAFIEIOLHOSSAIN, M.; VAN DAMM, P. Herbicidal activity of a medicinal plant *Perganum harmala* L. and decomposition dynamics of its phytotoxins in the soil. **Industrial Crops and Products**, v. 35, n. 2, p. 385-394, 2010.

SOUSA, D. A. **Avaliação da atividade larvicida de óleos essenciais de espécies de citrus frente às larvas de *Aedes aegypti***. 2019. 60f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

SOUZA, J. D.; ROCHA, J. N.; MORAIS, H.; CARAMORI, P. H.; JOHANSSON, L. A. P. S.; LUÍS, V.; MIRANDA, L. V. Desenvolvimento da espinheira-santa sob diferentes intensidades luminosas e níveis de poda. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 40-44, 2008.

SOUZA, A. A.; DIAS, N. A. A.; PICCOLI, R. H.; BERTOLUCCI, S. K. V. Composição química e concentração mínima bactericida de dezesseis óleos essenciais sobre *Escherichia coli* enterotoxigênica. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 105-112, 2016.

SOUZA, P. R. **Avaliação de técnicas cromatográficas acopladas a espectrometria de massas para análise de morfina em manga**. 2016. 86f. Tese (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SOUZA, J. L. D. **Perfil químico e avaliação da atividade antioxidante dos extratos da *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt & Smith**. 2018. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Faculdade Maria Milza – FAMAM, Governados Mangabeira, 2018.

SOUZA, M. F. B. **Plantas medicinais com potencial terapêutico ansiolítico no Brasil: uma revisão integrativa**. 2019. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Enfermagem) – Universidade Federal do Estado do Mato Grosso – UFEMG, Sinop, 2019.

SUBHAN, N.; ALAM, M. A.; AHMED, F.; SHAHID, I. J.; NAHAR, L.; SARKER, S. D. Bioactivity of *Excoecaria agallocha*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 521-526, 2008.

TITA, M. L. **Identificação dos componentes do óleo essencial de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) e proposição de procedimentos industriais para obtenção de produtos diferenciados**. 2011. 92f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, 2011.

VANDERLINDE, F. A.; SOUCAR, C.; LAPA, J. A. Atividade farmacológica de extrato de *Alpinia speciosa* Schum. **Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil**, v. 9, 1986.

VELOSO, R. A.; CASTRO, H. G.; BARBOSA, L. C. A.; CARDOSO, D. P.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SCHEIDT, G. N. Teor e composição do óleo essencial de quatro acessos e duas cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 2, p. 364-371, 2014.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura? **Química nova**, v. 28, n. 3, p.519-528, 2005.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A.C. O Gênero *Copaifera* L. **Química nova**, v. 25, n. 2, p. 273-86, 2002.

VENSKUTONIS, P. R. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). **Food Chemistry**, v. 59, p. 219-227, 1997.

VERLET, N. Comercial aspects. In: HAY, R.K.M.; WATERMAN, P.G. **Volatile oil crops: their biology, biochemistry and production**. Essex: Longman Group, p. 137-174, 1993.

VIANA, M. D. M. **Atividade hipnótico-sedativa e neuromodulação GABAérgica na ação do óleo essencial de *Citrus limon* (L.) burm f. em camundongos**. 2015. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

VICTÓRIO, C. P.; ALVIANO, D. S.; ALVIANO, C.S; LAGE, C. L. S. Chemical composition of the fractions of leaf oil of *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & RM Sm. and antimicrobial activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 3, p. 697-701, 2009.

VIDAL, F.; GADELHA, A. P. R.; LOPES, C. S.; COELHO, M. G. P.; MONTEIRO-LEAL, L. H. *Giardia lamblia*: the effects of extracts and fractions from *Mentha x piperita* Lin. (Lamiaceae) on trophozoites. **Experimental Parasitology**, v. 115, n. 1, p. 25-31, 2007.

WAUGHTON, T. G. M.; PENA, R. S. Modelagem da secagem em camada delgada da fibra residual do abacaxi. **Boletim do CEPPA**, v. 26, n. 2, p. 297-306, 2008.

WINTERS, G. Jardinagem – Zingiberaceae. **Revista Natureza**, v. 91, n. 7, p. 14-23, 1995.

WOLFFENBÜTTEL, A. N. Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica. **Editora: Roca. São Paulo**, 2011.

APÊNDICE A – NORMAS DA EDITORA ATENA CAPITULO DE LIVRO

Corpo do texto:

Título em português e inglês.

Resumo e Palavras-chave em português, inglês e espanhol. (Deve ter entre 150 a 250 palavras);

O texto (deve conter: introdução, objetivo, a metodologia, resultados, discussão e considerações finais ou conclusão);

Referências: Apresentadas em ordem alfabética e de acordo com a norma da ABNT - NBR 6023/2002, com o título das obras em negrito. Deixar uma linha entre uma referência e outra.

Layout:

Escrito em espaço 1,5 cm, utilizando fonte Arial tamanho 12, em formato A4 e sem qualquer espaçamento entre os parágrafos.

O título deve ser em digitado em letra maiúscula, fonte 12 pontos, negrito e centralizado. Citações diretas longas deverão estar em fonte 10, com recuo de 4 cm da margem.

Recuos são feitos na régua do editor de texto (não pela tecla TAB);

Os artigos devem ter o máximo de 20 páginas.

Figuras:

Os títulos das tabelas, figuras ou quadros devem ser colocados na parte interior, com fonte em tamanho 10 e todas as sessões devidamente enumeradas.