

RAIANE ANDREZA DE SOUZA

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES RELAÇÕES DE
INTERMITÊNCIA NA SECAGEM DE FOLHAS DE *Ocimum gratissimum* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S729e
2018 Souza, Raiane Andreza de, 1991-
Efeito da aplicação de diferentes relações de intermitência
na secagem de folhas de *Ocimum gratissimum* L. / Raiane
Andreza de Souza. – Viçosa, MG, 2018.
xi, 59 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Evandro de Castro Melo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 42-59.

1. Plantas medicinais - Secagem. 2. Energia - Consumo.
3. Essências e óleos essenciais - Indústria. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

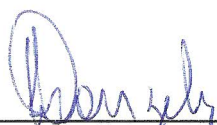
CDD 22. ed. 631.56

RAIANE ANDREZA DE SOUZA

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES RELAÇÕES DE
INTERMITÊNCIA NA SECAGEM DE FOLHAS DE *Ocimum gratissimum* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

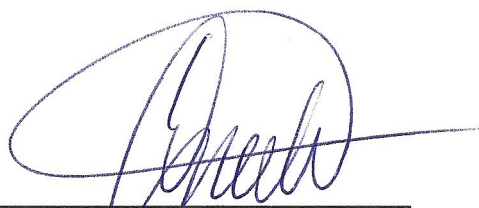
APROVADA: 17 de julho de 2018.



Sérgio Maurício Lopes Donzeles



Luis César da Silva



Evandro de Castro de Melo
(Orientador)

“Não há saber mais ou menos: há saberes diferenciados!”

(Paulo Freire)

Aos meus pais, Adalberto e Maria Aparecida.

Ao meu irmão, Wendel.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar todos os meus passos e ser meu ponto de apoio nas horas mais difíceis.

Aos meus pais, Adalberto e Maria Aparecida, e ao meu irmão Wendel, pelo apoio e incentivo.

À minha amiga, Paula, por sempre me escutar nas horas de dificuldades e sempre ter uma palavra de apoio e carinho.

Aos meus queridos amigos do laboratório, Mariane, Naiara, Melina, Diego, Julia, Ana Paula, Juliana e Cristiane, pelo carinho, amizade e toda a ajuda na execução do experimento. Sem vocês teria sido muito mais difícil chegar até aqui.

Ao meu orientador, Dr. Evandro de Castro Melo, pela amizade, confiança e disponibilidade de orientação.

Ao meu coorientador, Dr. Antônio Policarpo S. Carneiro, pela ajuda com a parte de estatística.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o Curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao funcionário do Setor de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Edson, pela ajuda nos cuidados com as plantas.

À professora Lêda Rita D'Antonino Faroni, pelo empréstimo de equipamentos.

A todos os amigos e pessoas que torceram por mim.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Plantas medicinais e fitoterapia no Brasil	3
2.2 <i>Ocimum gratissimum</i> : caracterização e potencial de uso.....	6
2.3 Óleos essenciais.....	9
2.4 Secagem de plantas medicinais	14
2.5 Secagem intermitente.....	17
3 OBJETIVO.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 Delineamento experimental	20
4.2 Material vegetal	20
4.3 Colheita do material vegetal	21
4.4 Variáveis climáticas	21
4.5 Determinação do teor de água	22
4.6 Secagem.....	23
4.7 Cálculo do consumo de energia e eficiência energética.....	26
4.8 Extração do óleo essencial.....	27
4.9 Análises estatísticas	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1 Teor inicial de água	29
5.2 Tempo efetivo de secagem.....	29
5.3 Consumo específico de energia	33
5.3 Rendimento de óleo essencial.....	36
6 CONCLUSÕES.....	41
7 REFERÊNCIAS	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- <i>Ocimum gratissimum</i> L. cultivadas em sistema orgânico.	21
Figura 2- Secadores utilizados no experimento.	23
Figura 3- Amostras durante o período de descanso (A); e pesagens das amostras (B).	25
Figura 4- Amostras armazenadas em sacos de polietileno (A) e papel Kraft (B).	26
Figura 5- Aparelhos de destilação do tipo Clevenger.	27
Figura 6- Teor de água em função do tempo efetivo (A, B e C) e total de secagem (E, F e G) para os tratamentos, em cada temperatura.	31
Figura 7- Tempo efetivo de secagem, para a secagem contínua e intermitente de folhas de <i>O. gratissimum</i> , em função da temperatura do ar de secagem.	33
Figura 8- Consumo específico de energia para a secagem contínua e intermitente de folhas de <i>O. gratissimum</i> , em função da temperatura do ar de secagem.	36
Figura 9- Rendimento de óleo essencial para as diferentes temperaturas e condições de secagem de folhas de <i>O. gratissimum</i>	37
Figura 10- Rendimento de óleo essencial para folhas de <i>O. gratissimum</i> submetidas à secagem contínua e intermitente, em função da temperatura do ar de secagem.	41

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Variáveis meteorológicas registradas em Viçosa-MG nos dias de colheita.....	22
Tabela 2- Resumo da análise de variância dos dados do tempo efetivo de secagem, obtidos para as condições de secagem estabelecidas.....	29
Tabela 3- Tempo efetivo de secagem (em minutos), para as diferentes temperaturas e condições de secagem das folhas de <i>O. gratissimum</i>	30
Tabela 4- Equações de regressão ajustadas para o tempo efetivo de secagem, em função da temperatura do ar de secagem, para cada condição de secagem.....	32
Tabela 5- Resumo da análise de variância dos dados do consumo específico de energia, obtidos para as condições de secagem estabelecidas.....	34
Tabela 6- Consumo específico de energia (MJ kg^{-1} de água evaporada) para as diferentes temperaturas e condições de secagem de folhas de <i>O. gratissimum</i>	34
Tabela 7- Equações de regressão ajustadas para o consumo específico de energia (MJ kg^{-1} de água evaporada), em função da temperatura do ar de secagem, para cada condição de secagem.	35
Tabela 8- Resumo da análise de variância dos dados de rendimento de óleo essencial das folhas de <i>O. gratissimum</i> , obtidos para as condições de secagem estabelecidas.....	37
Tabela 9- Tempo total e efetivo de secagem e número de ciclos (secagem + período de descanso) para cada tratamento.....	38
Tabela 10- Equações de regressão ajustadas para o rendimento de óleo, em função da temperatura do ar de secagem, para cada condição de secagem.....	40

RESUMO

SOUZA, Raiane Andreza de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Efeito da aplicação de diferentes relações de intermitência na secagem de folhas de *Ocimum gratissimum* L.** Orientador: Evandro de Castro Melo. Coorientador: Antônio Policarpo Souza Carneiro.

Ocimum gratissimum, comumente conhecida como "Alfavaca-cravo", é uma espécie listada na relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS) e usada na medicina popular como anti-séptico e no tratamento de doenças digestivas e respiratórias. Plantas medicinais utilizadas como matéria-prima para a indústria farmacêutica, ou comercialização sob a forma de chás, devem ser armazenadas até o processamento e uso. Nesse contexto, a secagem é a operação mais adequada para garantir a preservação da qualidade pós-colheita desses produtos. No entanto, este processo tem o inconveniente da possibilidade de destruição ou volatilização de componentes termossensíveis, como o óleo essencial, influenciando na qualidade do produto. Uma alternativa para minimizar esse risco é o uso de secagem intermitente, em que períodos de secagem constante e períodos de descanso são intercalados. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes relações de intermitências no tempo efetivo de secagem, no consumo específico de energia e no rendimento de óleo essencial de folhas de *O. gratissimum*. Para isso, os ensaios de secagem foram conduzidos em esquema fatorial 3×4 (3 temperaturas de secagem: 50, 60 e 70 °C, secagem contínua e 3 relações de intermitências (10-20: 10 minutos de secagem e 20 minutos de descanso, 15-15: 15 minutos de secagem e 15 minutos de descanso, 20-10: 20 minutos de secagem e 10 minutos de descanso), no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições. O cálculo da energia necessária para aquecer o ar de secagem foi baseado no calor específico do ar e na diferença entre a temperatura do ar de secagem e do ar ambiente. O consumo específico de energia foi expresso pela quantidade de energia necessária para evaporar uma unidade de massa do produto. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação. A aplicação da relação de intermitência de 10-20 reduziu o tempo efetivo de secagem e o consumo específico de energia. Quanto ao rendimento de óleo essencial, o uso da

intermitência apresentou resultados diferentes para cada temperatura de secagem, sendo que os maiores rendimentos foram observados na secagem contínua a 50 °C e na secagem com relação de intermitência de 20-10 a 60 °C. Os resultados indicam que é vantajoso aplicar a relação de intermitência de 10-20 para reduzir o tempo efetivo de secagem e o consumo específico de energia durante a secagem das folhas de *O. gratissimum*. Para o rendimento de óleo essencial, a secagem intermitente a 50 °C não é recomendada.

ABSTRACT

SOUZA, Raiane Andreza de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Effect of the application of different intermittent ratios on drying of *Ocimum gratissimum* L. leaves.** Advisor: Evandro de Castro Melo. Co-adviser: Antônio Policarpo Souza Carneiro.

Ocimum gratissimum, commonly known as "Alfavaca-cravo" is a species, listed in the (RENISUS), a list of medicinal plants of SUS's interest. Besides, it is used in folk medicine as an antiseptic and in the treatment of digestive and respiratory diseases. Medicinal plants used as raw material for the pharmaceutical industry, or marketing in the form of teas, should be stored until processing and use. In this context, drying is the most appropriate operation to guarantee the preservation of the postharvest quality of these products. However, this process has the inconvenient of the possibility of destruction or volatilization of thermosensitive components, such as essential oil, influencing the product quality. An alternative to minimize this risk is the use of intermittent drying, in which periods of constant drying and rest periods are intercalated. In this way, this work had as objective evaluate the effect of different intermittent ratios on the effective drying time, specific energy consumption and essential oil yield of *O. gratissimum* leaves. For this, drying tests were conducted in a 3 × 4 factorial scheme (3 drying temperatures: 50, 60 and 70 °C, continuous drying and 3 intermittent ratios (10-20: 10 minutes drying and 20 minutes at rest, 15-15: 15 minutes drying and 15 minutes at rest, 20-10: 20 minutes drying and 10 minutes at rest), in the a completely randomized design (CRD) with three replicates. The calculation of the energy required to heat the drying air was based on the specific heat of the air and the difference between the ambient air and the drying air temperatures. The specific energy consumption was expressed by the amount of energy required to evaporate a unit mass of product. The essential oil was extracted by hydrodistillation. The application of the intermittent ratio 10-20 has reduced the effective drying time and the specific energy consumption. Regarding the essential oil yield, the use of the intermittence presented different results for each drying temperature. The highest yields were observed in the continuous drying at 50 °C and in drying with intermittent ratio of 20-10 at 60 °C. The results indicate that it is

advantageous to apply the intermittent ratio of 10-20 to reduce the effective drying time and the specific energy consumption during the drying of *O. gratissimum* leaves. For essential oil yield, intermittent drying at 50 °C is not recommended.

1 INTRODUÇÃO

A *Ocimum gratissimum* var. *gratissimum* é uma planta medicinal pertencente à família Lamiaceae, conhecida popularmente como “Alfavaca-cravo”, “Alfavacão” ou simplesmente Alfavaca. Essa planta é nativa da Ásia e África do Sul e encontra-se, amplamente, distribuída em regiões temperadas e tropicais (MATOS 2000; ADEBOLU & OLADIMEJI, 2005; PANDEY et al., 2014; VENUPRASAD et al., 2014).

A planta possui caule com até um metro de altura e folhas ovalado-lanceoladas, de bordos duplamente dentados, membranáceas, de 4 a 8 cm de comprimento. As flores são pequenas, roxas pálidas, dispostas em racemos paniculados eretos e, geralmente, em grupos de três. Os frutos são do tipo cápsula, pequenos, possuindo quatro sementes esféricas (LORENZI & MATOS, 2008).

A ação terapêutica da *O. gratissimum* deve-se, principalmente, ao seu óleo essencial, que tem como constituintes principais: eugenol, 1,8-cineol, metil-eugenol, timol, *p*-cimeno, cisocimeno, cis-cariofileno, cinamato de metila e γ -terpineno, que lhe conferem ação antibacteriana (NAKAMURA et al., 1999; PEREIRA et al., 2004), antifúngica (DUBEY et al., 2000), antioxidante (FREIRE et al., 2006; PRAKASH et al., 2011) e antidiarreica (SILVA et al., 2012). Assim, para garantir boa eficácia curativa, as etapas de produção e processamento pós-colheita dessa espécie para fins medicinais devem priorizar o máximo de rendimento desse composto no produto final.

As plantas medicinais, utilizadas como matéria-prima para a indústria farmacêutica e comercialização na forma de chás devem ser armazenadas (MARCHESE & FIGUEIRA, 2005). Neste contexto, a secagem é a operação mais indicada para a preservação da qualidade (GONELI et al., 2014).

O processo de secagem consiste na remoção de parte da água inicialmente contida no produto, por vaporização térmica até um nível máximo de teor de água em que não ocorram reações enzimáticas e o desenvolvimento de microrganismos (MUNJUDAR & DEVAHASTIN, 2000; HAMROUNI-SELLAM et al., 2013).

Para plantas medicinais, tradicionalmente, a secagem é realizada pela exposição do material vegetal às condições do ar ambiente ou à radiação solar (CHAKRABORTY & DEY, 2016; POÓS & VARJU, 2017). No entanto, este processo é lento e pode levar à perda da qualidade das plantas devido ao risco de ocorrência de contaminação por insetos e microrganismos e a degradação de compostos pela ação do sol (CÔRREA JUNIOR & SCHEFFER, 2009; KARIMA et al., 2016; PANDEY & SAVITA, 2017). Devido a isso, esse método tem sido substituído pela secagem convectiva com ar aquecido e movimentado artificialmente (CHAKRABORTY & DEY, 2016; PANDEY & SAVITA, 2017).

Na secagem artificial a duração do processo é dependente das características do material vegetal e das condições do ar de secagem. Estudos indicam que quanto maior a temperatura e velocidade do ar, menor é o tempo despendido para o processo (MARTINAZZO et al., 2010; RADÜNZ et al., 2014; EVIN, 2012; PRATES et al., 2012; REIS et al., 2012; GONELI et al., 2014). Todavia, a maioria das espécies de plantas medicinais apresenta estruturas e compostos celulares muito sensíveis ao calor, e o fornecimento contínuo de ar, com altas temperaturas, pode provocar danos térmicos ao produto e a degradação ou volatilização dos ingredientes ativos de interesse medicinal (MELO et al., 2004; ESTURK, 2012; CHAKRABORTY & DEY, 2016; GASPARIM et al., 2016; PANDEY & SAVITA, 2017).

Diante disso, para a garantia de produção de um material vegetal seco com boa qualidade fitoterápica, alguns autores recomendaram o uso de temperaturas mais baixas para a secagem de certas espécies de plantas medicinais. David et al., (2006) e Harbourne et al. (2009), sugerem que a temperatura de secagem não deve ultrapassar 40 °C e 30 °C para o manjerição (*Ocimum selloi* Benth.) e salgueiro-branco (*Salix alba*), respectivamente. Contudo, o uso de baixas temperaturas aumenta o tempo de secagem e o consumo de energia, tornando o processo mais oneroso.

Uma alternativa a este problema que vem sendo avaliada para diversos produtos agrícolas é o método da secagem intermitente. Estudos experimentais feitos com arroz (AQUERRETA et al., 2007), aveia (MARINI et al., 2007), erva-mate (RAMALHO et al., 2010; HOLOWATY et al., 2012); e

banana (SILVA et al., 2015; 2017), já demonstram o potencial benéfico do uso dessa metodologia na secagem destes produtos.

O método da secagem intermitente alterna períodos de secagem constante com períodos de descansos (KUMAR et al., 2014; TAKOUGNADI et al., 2017). Durante o período de descanso a água é movimentada do centro para a superfície do produto, facilitando assim a remoção com a retomada do processo de secagem (KUMAR et al., 2014). Esse processo resulta, então, na manutenção dos padrões de qualidade dos produtos como cor, textura e nutrientes (CHOU et al., 2000; HOLOWATY et al., 2012), além de reduzir o tempo de secagem e o gasto de energia (KOWALSKI & PAWLOWSKI, 2011; PUTRANTO et al., 2011).

Para plantas medicinais, aromáticas e condimentares, até o presente momento, pesquisas que avaliem a influência da intermitência na cinética de secagem e qualidade das plantas secas são incipientes. Assim, considerando-se que um tempo de secagem mais curto preservará a qualidade fitoterápica do produto, estudos que avaliem os efeitos das relações de intermitência na secagem de plantas medicinais, fazem-se necessários.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plantas medicinais e fitoterapia no Brasil

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão responsável pela regulamentação de plantas medicinais e seus derivados no Brasil, planta medicinal é definida como “espécie vegetal, cultivada ou não, utilizada com propósitos terapêuticos” (BRASIL, 2014).

O potencial curativo das espécies medicinais está relacionado à produção de compostos ativos produzidos pelo metabolismo secundário dessas plantas para defesa contra condições adversas (SALISBURY & ROSS, 1992). Esses compostos possuem uma distribuição específica para cada espécie, gênero ou família botânica a qual pertencem, apresentando

atividades farmacológicas diversas, o que possibilita a utilização como ingredientes ativos para a fabricação de vários medicamentos (SARTORELLI, 2015).

Além do uso como matéria-prima na indústria farmacêutica, as plantas medicinais também são utilizadas como remédios caseiros na forma de chás, extratos e infusões (BRASIL, 2014b). O tratamento feito com o uso de plantas medicinais em suas diferentes preparações farmacêuticas, sem a utilização de substâncias ativas isoladas, ainda que de origem vegetal é designado como fitoterapia (LUZ NETTO JR, 1998), e o produto obtido de matéria-prima ativa vegetal, exceto substâncias isoladas, com finalidade profilática, curativa ou paliativa, é denominado de fitoterápico (BRASIL, 2014b). Os fitoterápicos podem ser registrados na ANVISA como medicamento fitoterápico ou produto tradicional fitoterápico, podendo ser simples, quando o ativo é proveniente de uma única espécie medicinal, ou composto, quando o ativo é proveniente de mais de uma espécie vegetal (BRASIL, 2014b).

A utilização de plantas medicinais é uma prática terapêutica antiga, datada desde o início da formação das primeiras civilizações e é historicamente construído com base no conhecimento popular cultural (JUNIOR et al., 2005; TITONELLI ALVIM et al., 2006; DUTRA et al., 2016). No Brasil, o uso dessas ervas, tem origem na cultura indígena, que somada à cultura dos diferentes grupos étnicos que formaram a população do país, gerou um vasto conhecimento sobre seu uso, transmitido e aprimorado ao longo de gerações (LORENZI & MATOS, 2002).

Todavia, com os avanços ocorridos no meio técnico-científico e o surgimento da indústria farmacêutica, houve o aumento no uso de medicamentos químicos e uma redução no uso de plantas medicinais para o tratamento e prevenção de enfermidades, fazendo com que o conhecimento empírico sobre os efeitos benéficos destas espécies para a saúde humana fosse perdido ao longo do tempo (BADKE et al., 2011; BRUNING et al., 2012).

Por possuir uma extensão continental e um clima favorável, o Brasil conta com uma riquíssima biodiversidade vegetal (GIULIETTI et al., 2005), que associada à vasta cultura étnica e cultural, detém um valioso

conhecimento tradicional sobre o uso de plantas medicinais (BRASIL, 2006a). Todavia, são poucos os recursos financeiros e investimentos em pesquisas que garantam a transferência desse conhecimento para os sistemas de saúde e para a população.

Visando a melhoria desse cenário e buscado o resgate do uso das práticas tradicionais de cuidados e bem-estar com a saúde, o governo então, criou políticas e programas que regulamentam e incentivam o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva de plantas medicinais e fitoterápicos.

Em 03 de maio de 2016, através da portaria do Ministério da Saúde GM/MS nº 971, criou-se a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no Sistema Único de Saúde (PNPIC), englobando, além da Fitoterapia, a Homeopatia, a Medicina Tradicional Chinesa/Acupuntura, o Termalismo/Crenoterapia e a Medicina Antroposófica, as quais fazem parte da medicina complementar alternativa ao tratamento de doenças (BRASIL, 2006b). No mesmo ano, o Decreto Nº 5.813, de 22 de junho de 2006, instituiu a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF), que tem por objetivo garantir à população brasileira o acesso seguro e o uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos, promovendo o uso sustentável da biodiversidade, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional (BRASIL, 2006c).

Já em dezembro de 2008, foi criado o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, definindo ações e metas a serem desenvolvidas pelos diferentes Ministérios e instituições envolvidas na cadeia de produção de plantas medicinais e seus derivados (BRASIL, 2008).

Outro ganho importante para a inclusão da medicina tradicional no Sistema Único de Saúde (SUS) foi obtido no ano de 2009, quando o Ministério da Saúde, buscando a ampliação das opções terapêuticas ofertadas aos usuários do SUS, elaborou uma lista com 71 espécies de plantas medicinais que foram inseridas ao SUS através do Programa RENISUS (Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS) (BRASIL, 2009).

Em 2011, através do Decreto 7.508, de 28 de junho de 2011 também foi regulamentada a Relação Nacional de Medicamentos Essenciais

(RENAME) (BRASIL, 2011) e em 2014 o Ministério da Saúde passou a disponibilizar 12 medicamentos fitoterápicos na rede pública de saúde em 14 estados, sendo indicados para uso ginecológico, tratamento de queimaduras, auxiliares terapêuticos de gastrite e úlcera, além de medicamentos com indicação para artrite e osteoartrite (BRASIL, 2012; 2014a).

Por todas essas políticas e programas, observa-se que há um esforço governamental para a implementação dos medicamentos fitoterápicos e das plantas medicinais no arsenal terapêutico do SUS, o que pode refletir em uma maior procura pela população por estes produtos. Assim, torna-se imprescindível o desenvolvimento de pesquisas dos processos produtivos visando à garantia da qualidade, eficácia e segurança dos fitoterápicos presentes nas legislações brasileiras.

2.2 *Ocimum gratissimum*: caracterização e potencial de uso

A *Ocimum gratissimum* var. *gratissimum* é uma espécie pertencente à família Lamiaceae, conhecida popularmente como “Alfavaca-cravo”, “Alfavacão” ou simplesmente “Alfavaca”. É nativa da Ásia e da África do Sul, mas pode ser encontrada em todo o Brasil (FERNANDES et al., 2014).

Caracteriza-se por ser um subarbusto aromático, cujo caule mede até um metro de altura. Possui folhas ovalado-lanceoladas, de bordos duplamente dentados, membranáceas, de 4 a 8 cm de comprimento. As flores são pequenas, roxas pálidas, dispostas em racemos paniculados eretos e, geralmente, em grupos de três. Os frutos são do tipo cápsula, pequeno, possuindo quatro sementes esféricas (LORENZI & MATOS, 2008).

Esta variedade de *O. gratissimum* distingue-se das demais pela alta concentração do constituinte eugenol em seu óleo essencial (VIEIRA et al., 2001), o que lhe confere um aroma característico, semelhante ao do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.) (FRANCO et al., 2007), planta que também apresenta este composto em maior percentual em sua composição química (SILVESTRI et al., 2010). Além do eugenol, a variedade também apresenta os seguintes constituintes em destaque no seu óleo essencial:

1,8-cineol, timol, *p*-cimeno, trans-cariofileno, γ -terpineno, α -bisaboleno (BORGES et al., 2012; FRANCO et al., 2007; LEAL et al., 2006).

Na medicina popular, *O. gratissimum* é utilizada como anti-séptico e no tratamento de doenças digestivas e respiratórias (LORENZI & MATOS, 2008). Também possui propriedades antioxidantes e antimicrobianas (OLIVEIRA et al., 2016; PRAKASH et al., 2011; PEREIRA et al., 2004; DUBEY et al., 2000).

Por essas propriedades terapêuticas, em 2009, a *O. gratissimum* foi listada na relação de plantas medicinais de interesse ao SUS (RENISUS) (BRASIL, 2009). Com isso, tem-se verificado um avanço em pesquisas científicas que atestam e corroboram com os relatos populares de que esta planta possui eficácia para o tratamento de diversas enfermidades.

Oliveira et al. (2016) observaram que o óleo essencial da *O. gratissimum* apresentou atividade antifúngica sobre cepas de *Candida*, sendo capaz de reduzir a taxa de crescimento. Este estudo indica o potencial desta espécie para o desenvolvimento e elaboração de um novo fármaco para o tratamento de doenças fúngicas.

Venuprasad et al. (2014), estudando os efeitos antioxidantes e ansiolíticos de *O. gratissimum*, verificaram através de uma variedade de testes in vitro que esta planta possui alta capacidade de eliminação de radicais livres. Também observaram efeitos protetores contra H₂O₂/AAPH em macromoléculas induzidas como DNA, proteína e lipídeos. Os autores constataram, ainda, efeitos ansiolíticos, analisados por estudo comportamental em camundongos.

Shaw et al. (2017) reportaram que o extrato de *O. gratissimum* demonstrou atividade anti-hipertensiva, reduzindo os níveis da enzima conversora de angiotensina (ACE) no plasma e pulmão de camundongos.

Ogundipe et al. (2016) investigando os efeitos do extrato aquoso de folhas de *O. gratissimum* (EAOG) em alguns marcadores de função renal em ratos com nefropatia induzida por gentamicina, observaram que o EAOG melhorou a lesão renal causada pela ingestão desse antibiótico nos camundongos. Desta forma, os autores concluíram que estes extratos apresentam o potencial de serem usados para o manejo da nefropatia causada por gentamicina.

Madhu e Harindran (2014) estudando os efeitos de extrato etanólico de *O. gratissimum* sobre artrose em ratos, constataram que o tratamento com extrato desta planta foi capaz de atenuar significativamente a inflamação articular nesses animais.

Aguiyi et al. (2000) verificaram que o extrato metanólico de *O. gratissimum* causou redução no nível de açúcar no sangue, em ratos diabéticos e não diabéticos, em 56 e 69%, respectivamente, demonstrando assim o potencial do extrato para o tratamento do diabetes.

Bojjink et al. (2016) encontraram efeito anti-helmíntico e anestésico do óleo essencial de *O. gratissimum* em tambaquis. Os autores concluíram que o óleo essencial desta espécie é um ingrediente seguro e eficiente para ser usado como produtos anti-helmínticos e anestésicos naturais para piscicultura tropical.

Além do potencial medicinal, alguns trabalhos encontrados na literatura mostram que esta espécie também possui ação inseticida para controle de pragas. Esta pode ser uma alternativa mais viável ao uso de inseticidas sintéticos, uma vez que o uso inadequado destes pesticidas pode resultar no desenvolvimento de espécies resistentes e causar danos ao ecossistema, bem como trazer efeitos tóxicos aos seres humanos e animais.

Nguentchouin et al. (2013) relataram que as formulações à base de óleo essencial de *O. gratissimum*, adsorvido em argila modificada são alternativas promissoras para proteção de produtos armazenados contra *Sitophilus zeamais*. Ogendo et al. (2008) também encontraram resultados significativos para a toxicidade e repelência do fumigante a base de óleo essencial de *O. gartissimum* contra adultos de *Sitophilus oryzae* (L.), *Tribolium castaneum* (Herbst), *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Rhyzopertha dominica* (F.) e *Callosobruchus chinensis* (L.). Estes autores concluíram, portanto, que o óleo de *O. gratissimum* e seus constituintes é uma alternativa potencial ao uso de fumigantes sintéticos no tratamento de produtos agrícolas armazenados.

Okigbo et al. (2010) encontraram potencial larvicida no óleo essencial de *O. gratissimum* contra o mosquito *Culex*, demonstrando, assim, que esta espécie também apresenta potencial de utilização para controle de alguns vetores de doenças humanas.

Levando-se em consideração que a *O. gratissimum* possui comprovação científica de eficácia para tratamento de diversas patologias, sendo listada na relação de plantas medicinais de interesse ao SUS (RENISUS), esta se torna um recurso potencial para o desenvolvimento de medicamentos fitoterápicos. Sendo assim, estudos de novas metodologias de secagem e pós-colheita que garantam a melhor qualidade destes produtos para o consumidor final são indispensáveis. Com base nestes fatos, justifica-se a escolha dessa espécie para o desenvolvimento deste trabalho.

2.3 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis e odoríferas, sintetizadas pelo metabolismo secundários de plantas aromáticas (BAKKALI et al., 2008). Esses compostos são produzidos para a proteção das plantas contra pragas e doenças e são indicadores de respostas a estímulos das condições do ambiente a qual essas plantas se encontram (VOGT, 2010).

Possuem composição química variada, dependendo do gênero, família, espécie ou parte da planta pelo qual é produzido (GOBBO-NETO & LOPES, 2007), mas, em geral, os óleos essenciais são constituídos por terpenos e fenilpropanóides, tendo dois ou três compostos característicos da espécie em concentrações majoritárias (BAKKALI et al., 2008).

Por serem ricos em compostos antioxidantes e antimicrobianos, os óleos essenciais apresentam diferentes propriedades biológicas, sendo utilizados como remédios naturais para o tratamento de enfermidades. Diversos trabalhos relatam a atividade antibacteriana (BENBELAID et al., 2017; ZHANG et al., 2016), antifúngica (CAVALEIRO et al., 2015; MANDRAS et al., 2016) e antioxidante (JENA et al., 2017; SHAROPOV et al., 2017) de diferentes óleos essenciais.

Após comprovação científica da eficácia como um recurso terapêutico e registro no órgão responsável pela regulamentação deste tipo de produto, alguns óleos essenciais são, então, destinados à elaboração de medicamentos fitoterápicos. A título de exemplo, pode-se citar o óleo

extraído das folhas da Erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq - sinonímia *Cordia verbenacea* DC), que possui ação anti-inflamatória (ACHEFLAN, 2014), e das folhas do Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.), com atividade antisséptica, expectorante e fluidificante (EUCAPROL, 2012), sendo estes utilizados na fabricação dos medicamentos Acheflan® e Eucaprol®, respectivamente.

Entretanto, o uso dos óleos essenciais não está restrito apenas a área medicinal. Devido ao aroma forte e agradável, esses compostos vegetais são muito empregados na aromatização de bebidas, cosméticos e produtos de limpeza (PREEDY, 2015).

Trabalhos encontrados na literatura afirmam que muitas dessas substâncias também possuem ação inseticida, podendo futuramente vir a substituir os inseticidas sintéticos no controle de várias pragas agrícolas e vetores de doenças urbanas, conforme descrito a seguir.

Alves et al. (2015), estudando a composição e toxicidade de óleos essenciais de *Ocimum gratissium*, *Ocimum basilicum*, *Cymbopogon nardus*, *C. citratus*, *Lippia alba*, *Mentha arvensis*, *Schinus terebinthifolius* e *Cordia verbenacea* por fumigação contra o *Callosobruchus maculatus*, praga do Feijão-Caupi armazenado, observaram que os óleos essenciais apresentaram efeitos tóxicos sobre o ciclo de vida do caruncho do feijão-caupi, inibindo acima de 80% a postura de ovos e mais que 98% a emergência de novos insetos. Voris et al. (2017), observaram efeito larvicida de óleos essenciais de anis-estrelado (*Illicium verum*), pimenta da Jamaica (*Pimenta dioica*) e noz-moscada (*Myristica fragrans*) contra o *Aedes aegypti*, mosquito vetor de diversas doenças humanas como dengue, febre amarela, zica e chikungunya.

Produtos destinados ao controle de pragas à base de óleos essenciais já estão sendo comercializados, principalmente no exterior (MENEZES, 2005). Um exemplo é o inseticida feito através da extração do óleo das sementes e dos frutos do neem (*Azadirachta indica*). Este produto é o mais utilizado para controle de pragas no cultivo orgânico e tem sua ação inseticida comprovada por diversos trabalhos (MARTINEZ, 2002; COSTA et al., 2007; MARCOMINI et al., 2009; MACIEL et al., 2010).

A obtenção de óleos essenciais pode ser realizada por vários métodos de extração como: hidrodestilação, extração por arraste a vapor, extração com solventes orgânicos, prensagem a frio e extração com fluido supercrítico (SIMÕES & SPITZER, 2003).

No método da hidrodestilação, o material vegetal a ser destilado é imerso em água e submetido ao aquecimento. Quando esta água entra em ebulição, o fluxo de vapor formado arrasta consigo os compostos voláteis presentes no material, incluindo o óleo essencial. Esse vapor então passa através de um condensador, formando uma mistura heterogênea, com duas fases (água e óleo), separada pela diferença de densidade (BORSATO et al., 2008). Nesse processo, a liberação do óleo essencial ocorre devido à ruptura da parede celular, causada pelo aumento da pressão induzida pelo calor e o fluxo de vapor age como o transportador dessas moléculas de óleo (BASER & BUCHBAUER, 2010).

O método de extração por arraste a vapor tem princípio semelhante à hidrodestilação, no entanto, a matéria-prima não entra em contato direto com a água. Essa é colocada sobre uma placa perfurada, a certa distância do fundo do extrator, de modo que o fluxo de vapor formado pela água em ebulição passe através dela, arrastando os compostos voláteis. De forma análoga ao método da hidrodestilação, o vapor é dirigido ao condensador e ao compartimento onde acontece a separação de fases entre água e o óleo. Neste método, o vapor de água também pode ser gerado a partir de caldeiras ou autoclaves, em uma câmara de expansão do extrator, antes de passar pela placa perfurada onde é colocada a matéria-prima (BORSATO et al., 2008).

Na extração por solvente, a matriz vegetal é colocada em contato com um solvente orgânico e apolar que vai ser o responsável por extrair o óleo essencial. Após certo tempo, suficiente para que ocorra a transferência dos constituintes solúvel presente na planta para o solvente, realiza-se a separação das fases sólida e líquida. Na sequência, o solvente é evaporado, geralmente à temperatura ambiente, obtendo-se o óleo essencial (WENNERSTEN, 1992; BIASI & DESCHAMPS, 2009).

O método da prensagem a frio consiste em aplicar uma pressão mecânica ao material vegetal, geralmente por uma prensa hidráulica,

promovendo o esmagamento das glândulas de óleo. Na sequência, o óleo essencial é separado do resto do material vegetal por centrifugação. Esta técnica é mais utilizada para a extração de óleos da casca de frutas cítricas, como laranja, limão e tangerina (KUBECZKA, 2010; WOLFFENBÜTTEL, 2010).

A extração com fluidos supercríticos se baseia no uso de um solvente, geralmente um gás, no qual as condições de temperatura e pressão estão acima do ponto crítico, elevando assim a seletividade do extrator. Este método apresenta uma grande vantagem em relação às outras técnicas, uma vez que utiliza temperaturas mais baixas, o que garante a integridade quase que total do produto extraído. No entanto, o alto custo dos equipamentos é a principal desvantagem para a sua utilização em escala comercial (MAUL et al., 1996).

A escolha do método para a extração do óleo essencial dependerá de vários fatores, como: localização do óleo essencial na planta, finalidade de utilização e custo benefício do processo, mas, em geral, o método de destilação a vapor e a hidrodestilação são as técnicas mais empregadas para a produção de óleos essenciais em escala comercial e laboratorial.

Um fator de suma importância na obtenção de óleos essenciais é a garantia de que estes compostos possuirão todas as características químicas e físicas necessárias para fabricação de um determinado produto. Para tal, as operações de cultivo, colheita e pós-colheita de plantas produtoras de óleos essenciais devem ser realizadas cuidadosamente, buscando sempre a maximização do rendimento e a redução de perdas de princípios ativos durante a pós-colheita.

Uma etapa crucial para a manutenção da qualidade de matérias-primas destinadas à produção de óleos essenciais durante a pós-colheita é a secagem. Este processo reduz a quantidade de água presente no material vegetal, evitando assim a proliferação de micro-organismos e a ocorrência de reações enzimáticas, que possam vir a causar deterioração e perdas do produto ao longo do armazenamento (HAMROUNI-SELLAM et al., 2013).

Todavia a exposição dos tecidos vegetais contendo óleos essenciais ao calor durante a secagem pode causar perdas de qualidade e rendimento do produto final. Os óleos essenciais são substâncias altamente voláteis, e

geralmente seu rendimento tende a diminuir com o aumento da temperatura do ar de secagem. Tal fato pode ser constatado em diversos trabalhos encontrados na literatura.

Argyropoulos e Müller (2014) estudando as mudanças no conteúdo e composição do óleo essencial durante a secagem convectiva da Erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.) observaram uma correlação positiva para o aumento da temperatura de secagem e a perda de óleo essencial. Para a secagem de folhas a 30 °C, houve uma perda de 16%, que aumentou para 23% quando a planta foi seca a 45 °C. As perdas mais significativas foram constatadas para as temperaturas maiores que 60 °C, acima de 65%. Os autores também observaram uma mudança na composição química do óleo para a temperatura de 60 °C. Os compostos neral, geranial e citronel diminuíram, enquanto o citronelol indicava uma tendência crescente.

Baydar e Erbas (2009), avaliando a influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial das flores de lavanda (*Lavandula intermedia* Emeric), constataram uma perda de 75,7% do óleo essencial na secagem a 60 °C em comparação à secagem a 30 °C. Mudanças na composição química do óleo também foram relatadas para a temperatura de 60 °C. Houve diminuição nas concentrações de linalol (de 42,91 para 34,13%) e aumento nas concentrações de acetato de linalilo (26,11 para 32,55%).

Soares et al. (2007) estudaram a influência de quatro temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C), em camada fina e duas velocidades do ar (0,9 e 1,9 m s⁻¹) sobre o teor de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). De acordo com os autores, os maiores rendimentos de óleo essencial foram obtidos no processo de secagem com temperatura do ar igual a 40 °C e 1,9 m s⁻¹ de velocidade do ar.

Santana et al. (2014) observaram menor rendimento de óleo essencial extraído de folhas de *O. gratissimum*, quando estas foram secas em um secador de ventilação forçada a 60 °C, comparando-se com a secagem a temperatura ambiente (média de 30 °C).

David et al. (2006) estudando o efeito das temperaturas de secagem de 40, 50, 60 e 70 °C no rendimento de óleo essencial de *Ocimum selloi* Bent, observaram que ocorreram perdas significativas do óleo essencial

para as temperaturas de 50 °C (22%), 60 °C (40%) e 70 °C (72%), considerando-se o teor obtido a 40 °C como 100%. Quanto à composição química, o aumento da temperatura (40, 50, 60 e 70 °C) causou uma diminuição na proporção relativa de monoterpenos (8%, 7%, 6% e 1%) e sesquiterpenos (20%, 15%, 7% e 2%). Para esta espécie os autores recomendam que a secagem seja feita com a temperatura de 40 °C.

Os estudos mencionados comprovam que o processo de secagem causa perdas significativas no conteúdo e composição dos óleos essenciais. Desta forma, pesquisas com novas metodologias de secagem para plantas produtoras de óleos essenciais, que reduzam as perdas e alterações em sua composição são de fundamental importância, pois, o rendimento industrial, a durabilidade e a qualidade do produto final estão diretamente ligados à qualidade da matéria-prima produzida.

2.4 Secagem de plantas medicinais

O processo de secagem nas espécies medicinais é uma operação de fundamental importância, pois, o teor de água das plantas recém-colhidas é alto, cerca de 60 a 80%, propiciando, assim, um ambiente favorável ao crescimento de microrganismo e a ocorrência de reações enzimáticas que levam a degradação dos princípios biologicamente ativos de interesse (PIMENTEL et al., 2008; RODRIGUES et al., 2011; POÓS & VARJU, 2017). Desta forma, para garantir o armazenamento seguro, em termos de manutenção da qualidade, é necessário que estas plantas sejam secas até atingir um teor final de água em torno de 0,11 b.s., para que a deterioração microbiana e as reações químicas sejam minimizadas (CÔRREA JUNIOR & SCHEFFER, 2009; HARBOURNE et al., 2009; REIS et al., 2012).

A secagem é uma operação complexa que envolve a transferência de calor de uma fonte de energia, para o interior de um material, ao mesmo tempo, em que ocorre a transferência de massa (massa de água na forma de vapor) para o ar, devido à diferença de pressão parcial de vapor d'água que se forma entre o ar e o interior do produto (ROVEDO et al., 1995; PARK et al., 2007). Este processo é dividido em três períodos, conforme descritos por Park et al. (2007).

Período 0 — É o período inicial da secagem, quando o calor entra em contato com a superfície do produto, elevando a temperatura e pressão de vapor de água gradualmente, até que a transferência de calor se iguale a transferência de massa.

Período 1 — Nesta etapa, a quantidade de água livre contida na superfície do material é alta e a transferência de calor é igual à transferência de massa. Desta forma, a taxa (velocidade) de secagem é constante.

Período 2 — Este é o período em que ocorre a redução da quantidade de água livre interna, provocando a queda na pressão parcial de vapor de água na superfície do produto, assim a velocidade de transferência de calor não é compensada pela transferência de massa e, como consequência, tem-se um decréscimo da taxa de secagem e aumento da temperatura do produto.

Cabe ressaltar que, para grande parte dos materiais biológicos, o período de secagem com taxa constante é praticamente inexistente, uma vez que ao iniciar a secagem estes produtos já se encontram no período de secagem a taxa decrescente (PARK et al., 2007).

A maioria dos métodos de secagem utiliza a forma convectiva para o fornecimento de calor, todavia, esta energia necessária para que ocorra a evaporação da água contida no objeto de secagem também pode ser fornecida por condução (contato), radiação ou ser gerada no interior do produto através de sua exposição a um campo eletromagnético (micro-ondas ou radiofrequência (RF)) (MUJUMDAR & DEVAHASTIN, 2000).

Para plantas medicinais, a secagem normalmente é realizada por meio da exposição do produto ao ar livre (secagem a sombra) ou à radiação solar direta (secagem ao sol) (MUÑOZ, 2002). Estas técnicas apresentam a vantagem de serem de baixo custo, mas sua aplicação não é recomendada, uma vez que demanda longos tempos de secagem e apresenta o risco de perdas do produto devido às condições climáticas adversas e degradação de compostos ativos pela ação do sol (CÔRREA JUNIOR & SCHEFFER, 2009; KARIMA et al., 2016). Assim, este tipo de secagem vem dando lugar a forma artificial, que além de possibilitar um maior controle do processo, ainda aumenta consideravelmente a taxa de secagem (CARVALHO, 2013).

O comportamento das plantas medicinais durante a secagem convectiva artificial é bastante diversificado, sendo influenciado por diversos fatores, como as características físicas e químicas da espécie, condições do ambiente (temperatura e umidade relativa) e pelas condições do ar de secagem (temperatura e vazão) (MÜLLER & HEINDL, 2006). Entretanto, observa-se que quanto maior for a temperatura e vazão do ar de secagem, menor será o tempo necessário para a remoção de água do produto, fenômeno esse observado por diversos pesquisadores estudando o comportamento de espécies de plantas medicinais durante a secagem (MARTINAZZO et al., 2010; EVIN, 2012; PRATES et al., 2012; REIS et al., 2012; GONELI et al., 2014; RADÜNZ et al., 2014).

O uso de altas temperaturas no processo de secagem é vantajoso em termos de economia de energia, pois, quanto menor for o tempo de secagem, menor será o gasto energético por quilograma de água removida (MELO et al., 2002). Todavia, os tecidos e compostos vegetais das espécies medicinais apresentam alta suscetibilidade a temperaturas elevadas, e esse processo pode causar modificações negativas nas características químicas e físicas do produto, alterando a qualidade para o consumo final, como, por exemplo, mudanças em aparência (coloração e textura), odor, sabor e possíveis perdas de constituintes voláteis termossensíveis, como o óleo essencial (MELO et al., 2004; ESTURK, 2012; GASPARIM et al., 2016).

Na literatura, existem vários trabalhos que demonstram o efeito negativo do uso de temperaturas elevadas durante a secagem no rendimento e composição química de óleos essenciais (DAVID et al., 2006; SOARES et al., 2007; BAYDAR & ERBAS, 2009; ARGYROPOULOS & MULLER, 2014) e também nas características de cor (REIS et al., 2012; ALI et al., 2014), para diversas espécies de plantas medicinais. Contudo, Melo et al. (2004), em uma ampla revisão de literatura sobre a influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais, concluíram que temperaturas do ar de secagem entre 50 e 60 °C mostram-se viáveis para secagem de grande número de plantas medicinais estudadas, independentemente do método de secagem empregado; desmistificando, portanto, o paradigma de que plantas medicinais devem ser secas com temperatura máxima igual 40 °C.

Assim, a temperatura e velocidade do ar, bem como o método de secagem ideal, deverão ser determinadas conforme as características e sensibilidade dos princípios biologicamente ativos de interesse presentes em cada espécie.

2.5 Secagem intermitente

Conforme mencionado no tópico anterior, os processos tradicionais de secagem de plantas medicinais são realizados por meio da exposição do produto ao ar livre (secagem a sombra) ou à radiação solar direta (secagem ao sol). Entretanto, devido às muitas desvantagens destes métodos, como demanda por longo tempo de secagem e o risco de perdas do produto em função de condições climáticas adversas, esta técnica vem sendo substituída pela secagem convectiva artificial.

Na secagem convectiva artificial, o produto é submetido à aplicação contínua de ar aquecido artificialmente, e esse ar pode estar sob baixa ou alta temperatura. Quando a secagem é realizada sob altas temperaturas, o processo apresenta a vantagem de maior rapidez, quando comparado a outros métodos de secagem (HO et al., 2002).

Todavia, no caso de materiais mais sensíveis ao calor como as espécies medicinais, este processo pode resultar em perdas de qualidade, pois, estas espécies possuem em sua composição, substâncias químicas de interesse curativo que são extremamente voláteis e passíveis de serem perdidas ou degradadas quando expostas a altas temperaturas (MELO et al., 2004; ESTURK, 2012; CHAKRABORTY & DEY. 2016; GASPARIM et al., 2016; PANDEY & SAVITA, 2017).

Baseando-se nestes fatos, o desenvolvimento de técnicas de secagem que sejam menos agressivas as estruturas e compostos dos materiais vegetais devem ser estudadas e tornam-se indispensáveis para garantir maior qualidade final para este tipo de produto.

Uma alternativa promissora, com potencial para minimizar os efeitos da secagem com altas temperaturas sobre a qualidade de produtos vegetais secos, bem como para melhoria do processo em termos de redução de tempo e consumo de energia é o uso da técnica de secagem intermitente.

No método de secagem intermitente tem-se um período de secagem constante e um período de descanso. Durante o período de descanso, a água é transferida do centro para a superfície do produto, facilitando a retirada com a retomada do processo de secagem (MCKENZIE et al., 1972; KUMAR et al., 2014). Esse processo resulta na manutenção dos padrões de qualidade dos produtos como cor, textura e nutrientes (CHOU et al., 2000; HOLOWATY et al., 2012), além de contribuir para a redução do tempo e a energia gasta durante a secagem (PUTRANTO et al., 2011).

O método da secagem intermitente é ainda uma técnica pouco utilizada em plantas medicinais, quando comparada aos métodos convencionais de secagem, sendo necessários mais estudos sobre seus efeitos sobre o processamento desses produtos. No entanto, apresenta benefícios para preservação da qualidade pós-colheita de produtos agrícolas, o que já tem sido comprovado por diversos trabalhos encontrados na literatura, como os citados abaixo.

Aquareta et al. (2007) estudando os efeitos da secagem intermitente com alta temperatura na qualidade do arroz, observaram que a percentagem de grãos fissurados foi drasticamente reduzida quando a secagem foi realizada em intermitência, comparando-se com a secagem contínua. Já Marini et al. (2007), em um estudo sobre a qualidade de grãos de aveia submetidas à secagem intermitente, concluíram que para a temperatura do ar a 65 °C, a secagem intermitente foi um método eficiente para a conservação dos parâmetros biológicos de grãos de aveia branca.

Szadzińska (2014) estudou a influência da secagem convectiva e intermitente na cinética de secagem, consumo de energia e qualidade de pimenta-verde. O autor observou que o método de secagem baseado nas mudanças periódicas dos parâmetros do ar, preservou, em média, 88% do teor de vitamina C e reduziu a mudança de cor de 32 a 48% (dependendo da temperatura do ar).

Fu et al. (2016), em um estudo comparativo do efeito da secagem contínua e intermitente em forno e secagem solar na oxidação lipídica, composição de ácidos graxos e atividades antioxidantes da noz (*Juglans regia* L.), constataram que as amostras de nozes submetidas à secagem intermitente em forno, apresentaram os menores valores de oxidação

lipídica. Verificaram ainda, que as nozes secas por intermitência e solar possuíam um maior teor de ácido linoleico, concluindo, portanto, que a secagem intermitente é uma estratégia promissora para secagem de nozes frescas.

Outra vantagem da secagem intermitente, também comprovada por diversos trabalhos, é a redução do tempo de secagem e consumo de energia. Silva et al. (2015), comparando os efeitos da secagem contínua e intermitente na cinética de secagem de bananas reportaram que, para as condições estudadas, oito horas de secagem contínua foram equivalentes a quatro horas de processo descontínuo com 1 h de intermitência. Ramalho et al. (2010) também observaram uma redução no tempo de secagem da erva-mate quando secas utilizando a intermitência. De acordo com os autores, após 2 h de secagem a 60 °C, as amostras submetidas a tempos de intermitência, apresentaram o teor de água de 10 a 12% (b.s.), menores que as amostras secas de forma contínua.

Em relação ao gasto energético do processo, Holowaty et al. (2012) observaram que o uso da secagem intermitente reduziu em 10% o consumo de energia durante a secagem da erva-mate. Já para Golmohammadi et al. (2015), investigando a eficiência energética da secagem intermitente do arroz em casca, reportou que o uso dessa metodologia pode reduzir o consumo de energia em mais de 64%, em comparação com um processo de secagem contínua.

É notável que a secagem intermitente apresenta grandes benefícios para o processo de secagem como um todo, já que resulta em melhor qualidade final dos produtos vegetais secos, além de reduzir o tempo do processo e o gasto de energia. No entanto, para as plantas medicinais e aromáticas, são poucas as pesquisas sobre a interferência da intermitência na cinética de secagem e qualidade de plantas secas, sendo necessários mais estudos que avaliem os efeitos dessa metodologia de secagem sobre as diferentes espécies de interesse medicinal.

3 OBJETIVO

Avaliar o efeito da aplicação de diferentes relações de intermitência no tempo efetivo de secagem, consumo específico de energia e rendimento de óleo essencial das folhas de *O. gratissimum*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 × 4 (3 temperaturas de secagem: 50, 60 e 70 °C; secagem contínua e 3 relações de intermitência (10-20: 10 minutos secando e 20 minutos no descanso; 15-15: 15 minutos secando e 15 minuto no descanso; 20-10: 20 minutos secando e 10 minutos no descanso), no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais.

4.2 Material vegetal

Foram utilizadas amostras de folhas da espécie *Ocimum gratissimum* L., (exsicata: PAMG 57974), provenientes de cultivo orgânico em área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais (20° 46' 13,5" S; 42° 52' 23,3" O) (Figura 1).



Figura 1- *Ocimum gratissimum* L. cultivadas em sistema orgânico.

4.3 Colheita do material vegetal

As colheitas foram realizadas nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2017, entre 8 e 9 horas da manhã. Para uma maior conservação, as folhas foram colhidas com seus caules e encaminhadas ao Laboratório de Pós-colheita de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, do Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa, onde foram embaladas em sacos de polietileno de coloração preta e armazenadas em câmara climatizada tipo B.O.D., a 5 °C, até as etapas seguintes do experimento.

4.4 Variáveis climáticas

Durante os dias de colheitas foram coletadas as variáveis meteorológicas referentes à temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa (%) e precipitação pluvial (mm). Os dados dessas variáveis encontram-se dispostos na Tabela 1.

Tabela 1- Variáveis meteorológicas registradas em Viçosa-MG nos dias de colheita.

Data da colheita	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)
18/10/2017	31,0	15,0	43,00	0,0
23/10/2017	28,0	19,5	82,50	3,6
25/10/2017	31,2	18,3	60,25	0,0
07/11/2017	23,8	15,5	77,50	1,0
13/11/2017	31,8	17,5	64,50	0,0
16/11/2017	31,0	19,5	66,50	0,0
27/11/2017	29,0	20,0	78,50	0,0
06/12/2017	27,8	18,5	74,25	0,0

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4.5 Determinação do teor de água

A determinação do teor de água das folhas frescas foi realizada imediatamente após cada colheita e seguiu metodologia descrita pela Farmacopeia brasileira (BRASIL, 2016). Para tal, realizou-se um ensaio de secagem com cerca de 10 g de amostra fresca, mantendo-se o material vegetal em estufa com circulação forçada do ar, a temperatura de 105 ± 2 °C, até que atingisse massa constante. Os ensaios foram realizados em triplicata. Os valores do teor inicial de água de cada amostra foram obtidos por meio da Equação 1.

$$Xi = \left(\frac{mi - mf}{mi} \right) . 100 \quad (\text{Equação1})$$

Em que:

Xi- teor inicial de água;

mi- massa inicial da planta medicinal (g);

mf- massa final da planta medicinal (g).

4.6 Secagem

Os ensaios de secagem foram realizados no Laboratório de Secagem de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, localizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se três secadores de bandejas de camada fixa e fluxo de ar ascendente (Figura 2). Estes secadores possuem o sistema de aquecimento do ar por resistências elétricas (7,5 kW) e movimentação do ar feita por um ventilador axial (48 W). O controle da temperatura é feito por um sistema automático e a velocidade do ar de secagem é regulada manualmente. A medição da velocidade do ar de secagem foi feita com o auxílio de um anemômetro digital, modelo AVM-07, PROVA INSTRUMENTS INC, com sensor de pás rotativas. O anemômetro possui faixa de leitura de 0,05 a 25 m s⁻¹ e sensibilidade de 0,01 m s⁻¹.



Figura 2- Secadores utilizados no experimento.

Antecedendo-se cada ensaio de secagem, realizou-se a desfolha do material vegetal armazenado, retirando-se as partes danificadas, doentes e qualquer material estranho que pudesse estar presente. Em seguida, o material foi homogeneizado e pesado em balança analítica de precisão. Cada repetição continha cerca de 270 g de folhas de *O. gratissimum*.

Na sequência, as amostras foram submetidas aos processos de secagem contínua e intermitente, com temperaturas do ar de secagem de 50, 60 e 70 °C e velocidade do ar de secagem de 1 m s⁻¹. As relações de intermitência utilizadas foram definidas por meio de testes preliminares, e estão descritas a seguir:

- a) Secagem contínua das folhas *O. gratissimum* L. até que se atinja o teor de água pré-determinado.
- b) Secagem intermitente com relação de intermitência de 10-20 (tempo de secagem de 10 minutos e de descanso de 20 minutos).
- c) Secagem intermitente com relação de intermitência de 15-15 (tempo de secagem e de descanso de 15 minutos).
- d) Secagem intermitente com relação de intermitência de 20-10 (tempo de secagem de 20 minutos e de descanso de 10 minutos).

Considerou-se como período de descanso o tempo que as amostras ficaram fora do secador, interrompendo, portanto, sua exposição ao ar aquecido (Figura 3A).

Durante a secagem foram realizadas pesagens periódicas, em intervalos de 5 minutos, para acompanhar a redução do teor de água das amostras (Figura 3B). No decorrer do processo, dados das condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente foram registrados por meio de um termohigrômetro digital.

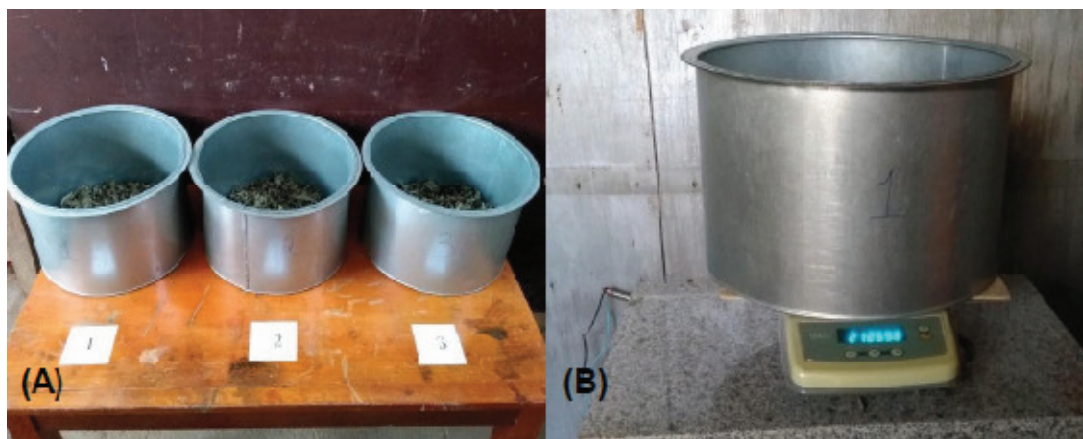


Figura 3- Amostras durante o período de descanso (A); e pesagens das amostras (B).

O processo de secagem foi finalizado quando o produto atingiu massa final que correspondesse a um teor de água de aproximadamente 11% (b.s). O cálculo da massa final foi realizado por meio da Equação 2.

$$mf = mi \cdot \frac{(1 - xi)}{(1 - xf)} \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que:

mf- massa final da planta medicinal (g);

mi- massa inicial da planta medicinal (g);

Xi- teor inicial de água (b.s.);

Xf- teor final de água final (b.s.).

Após o término da secagem, as folhas secas foram acondicionadas em embalagens de polietileno (PEBD 30 × 40 × 0,10) e estas envoltas em sacos de papel Kraft, identificados e armazenados à temperatura ambiente até a extração do óleo essencial (Figuras 4A e 4B).



Figura 4- Amostras armazenadas em sacos de polietileno (A) e papel Kraft (B).

4.7 Cálculo do consumo de energia e eficiência energética

O consumo de energia durante o processo de secagem das folhas de *O. gratissimum*, em cada tratamento, foi estimado pela Equação 3, descrita por Park et al. (2007).

$$EC = [(V_{ar} \cdot \rho_{ar} \cdot C_{par} \cdot \Delta T) + Ev] \cdot t_{sec} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

EC- energia consumida, (kWh);

V_{ar}- vazão de ar, (m³ s⁻¹);

ρ_{ar}- massa específica do ar, (kg m⁻³);

C_{par}- calor específico do ar a pressão constante, (kJ kg⁻¹ °C);

ΔT- diferença de temperatura entre o ar de secagem e o ar ambiente, (°C);

Ev- energia gasta para movimentar o ventilador, (0,048 kW);

t_{sec}- tempo de operação do secado, (h).

O consumo específico de energia, ou seja, a quantidade de energia necessária para evaporar uma unidade de massa de água do produto, foi obtida pela Equação 4.

$$CEE = \frac{EC}{(m_{Ev})} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

CEE- consumo específico de energia, (MJ kg^{-1} de água evaporada);

EC- energia consumida, (MJ);

m_{Ev}- massa de água evaporada (kg).

4.8 Extração do óleo essencial

A extração do óleo essencial das amostras de folhas secas de *O. gratissimum* L. foi realizada através do método da hidrodestilação, utilizando o aparelho Clevenger, adaptado a um balão volumétrico de fundo redondo com capacidade de 2 L (Figura 5).



Figura 5- Aparelhos de destilação do tipo Clevenger.

Em cada extração adicionou-se 50 gramas de folhas secas e 1 L de água destilada ao balão. O tempo de extração foi de 150 min, contados a partir do momento da ebulição. Este tempo foi estabelecido por meio de testes preliminares.

Após o término da extração, o hidrolato (mistura da água condensada durante o processo de extração mais o óleo) foi submetido a um processo de partição, para a recuperação do óleo essencial puro. Para isso, em um funil de separação adicionou-se 20 ml de pentano ao hidrolato. A mistura hidrolato mais o pentano foram então, submetida à agitação manual, separando a fase aquosa da fase orgânica. Após alguns minutos de descanso, a fração orgânica foi coletada e acondicionada em um béquer até que se fizesse a separação para todo hidrolato coletado de uma mesma amostra. Este processo foi repetido por 5 vezes para cada 200 mL de hidrolato coletado.

Na sequência, para que houvesse a completa remoção da água remanescente, adicionou-se aproximadamente 7,5 gramas de carbonato de sódio anidro à fração orgânica obtida. Por fim, a fração orgânica foi levada ao evaporador rotativo, a 30 °C, para que ocorresse a evaporação do pentano. O óleo essencial obtido foi transferido com auxílio de uma pipeta de Pasteur para um frasco âmbar de 5 mL, previamente tarado. O balão do evaporador rotativo foi lavado 3 vezes com pequena quantidade de pentano que foi adicionada à amostra no frasco. O frasco destampado foi mantido à temperatura ambiente até evaporação total do solvente. Ao final do processo, o frasco contendo o óleo foi pesado em balança analítica e os resultados da quantificação do óleo essencial expressos em porcentagem de óleo em relação à matéria seca do produto (% m.s.).

4.9 Análises estatísticas

Os resultados dos fatores qualitativos (secagem contínua e com intermitências) foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os fatores quantitativos (temperaturas do ar de secagem) foram analisados por ajustes de equações de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS, versão 9.4. Os gráficos foram elaborados no software SigmaPlot, versão 12.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teor inicial de água

Para o teor inicial de água das amostras de folhas de *O. gratissimum* utilizadas na secagem, foram encontrados valores entre 79,13 e 82,13%. Trabalhos em que esta mesma espécie foi utilizada apresentaram valores de teor inicial de água próximos ao encontrado neste estudo, 78,26% (Borges et al., 2012) e 76,80% (Zotti, 2016).

5.2 Tempo efetivo de secagem

Os resultados obtidos apresentaram interação significativa pelo teste F ($p < 0,05$) para o efeito das diferentes condições e temperaturas de secagem na variável tempo efetivo de secagem (tempo total de secagem, excluindo-se o tempo de descanso) (Tabela 2). Desta forma, utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias dos tratamentos em cada temperatura (Tabela 3).

Tabela 2- Resumo da análise de variância dos dados do tempo efetivo de secagem, obtidos para as condições de secagem estabelecidas.

FV	GL	QM	F
T	2	30508,33333	2092,00**
Cs	3	1482,40741	101,65**
T x Cs	6	493,51852	33,84**
Resíduo	24	14,58333	
Total	35		
CV (%)		4,93	

Nota:

⁽¹⁾ n.s.- não significativo; ** - significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; T- temperatura do ar de secagem; Cs- condição de secagem; CV- coeficiente de variação.

Tabela 3- Tempo efetivo de secagem (em minutos), para as diferentes temperaturas e condições de secagem das folhas de *O. gratissimum*.

Tratamento	Temperatura		
	50 °C	60 °C	70 °C
Secagem contínua	158,33 a	61,67 a	46,67 a
Intermitência 10-20	98,33 c	51,67 b	30,00 b
Intermitência 15-15	153,33 a	56,67 ab	45,00 a
Intermitência 20-10	130,00 b	56,67 ab	41,67 a
DMS	8,6		
CV (%)	4,93		

Notas:

(1) DMS- Diferença mínima significativa; CV- Coeficiente de variação.

(2) Médias seguidas por pelo menos uma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pelos resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que para a temperatura de 50 °C houve uma redução significativa no tempo efetivo de secagem para os tratamentos com as relações de intermitência de 20-10 e 10-20, sendo que esta última apresentou o menor tempo (98,33 minutos). Redução significava no tempo efetivo de secagem também foi observada para a relação de intermitência de 10-20 nas temperaturas de 60 e 70 °C.

Estes resultados demonstraram que o maior tempo de descanso aplicado nos tratamentos com intermitência de 10-20, reduziu o tempo efetivo de secagem. Isso acontece porque durante o período de descanso, a água é transferida do centro para a superfície do produto, facilitando assim, a remoção com a retomada do processo de secagem (MCKENZIE et al., 1972; KUMAR et al., 2014). Sendo assim, o maior tempo de descanso nestes tratamentos, fez com que uma maior quantidade de água fosse transferida para a superfície das folhas, aumentando a taxa de secagem no período posterior ao descanso.

Na Figura 6 apresenta-se a redução do teor de água em função do tempo efetivo (6A, 6B e 6C) e do tempo total de secagem (6D, 6E e 6F) para cada tratamento.

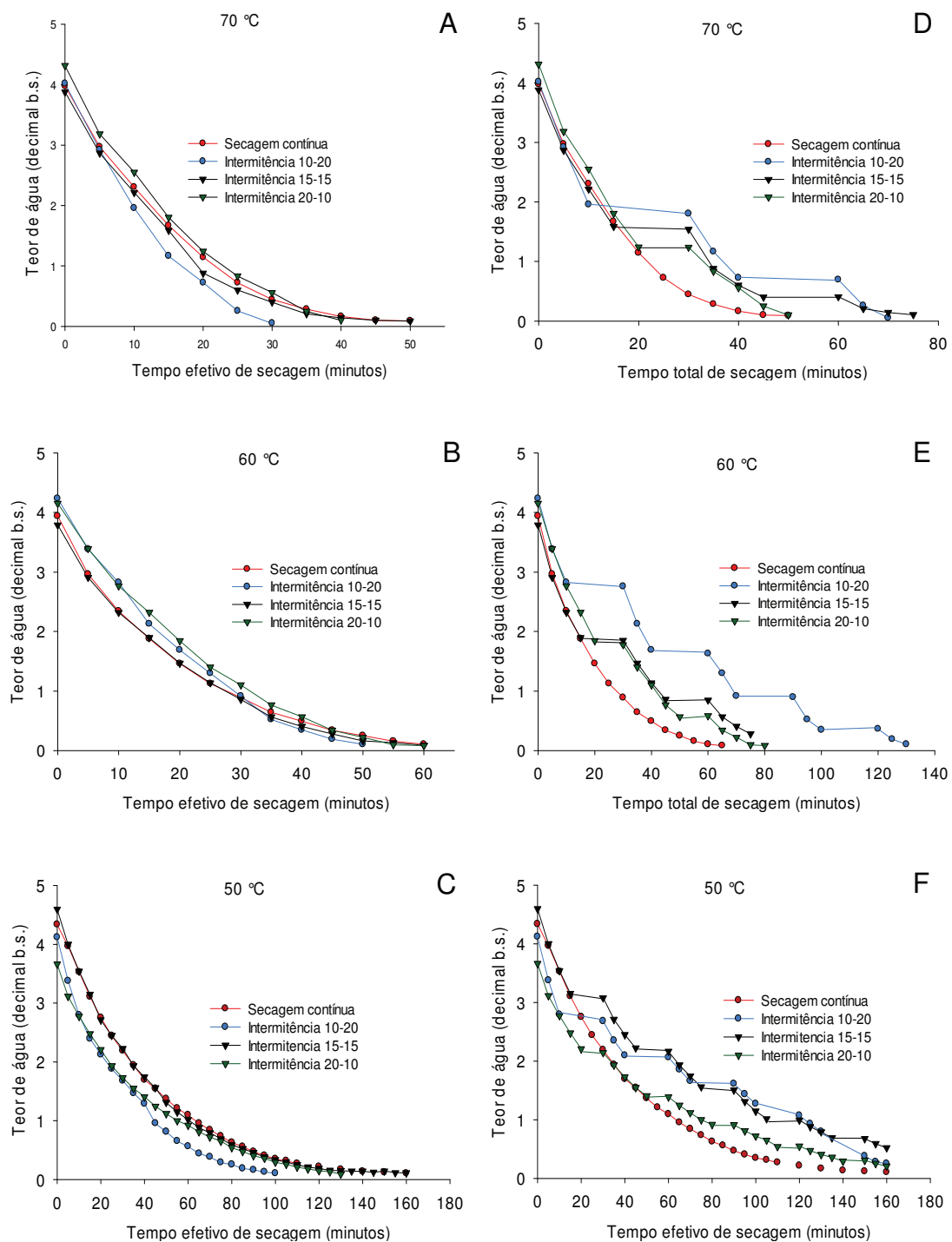


Figura 6- Teor de água em função do tempo efetivo (A, B e C) e total de secagem (E, F e G) para os tratamentos, em cada temperatura.

Analisando-se as Figuras 6A, 6B e 6C, pode-se verificar a eficiência da aplicação da intermitência de 10-20 na cinética de secagem. Nas Figuras 6D, 6E e 6F, observa-se que houve uma perda de água durante o período

de descanso (pontos da curva com menor inclinação), o que também contribuiu para a redução do tempo efetivo de secagem. Decréscimo no teor de água durante o período de descanso também foi observado por Silva et al. (2017) e Zhu et al. (2016) estudando o efeito da intermitência na secagem da banana e da soja, respectivamente.

A análise do efeito da temperatura no tempo efetivo de secagem para cada tratamento foi realizada por regressão. Todos os tratamentos apresentaram ajuste a um modelo de regressão polinomial de segundo grau, com um coeficiente de determinação ajustado (R^2) de 99,38% (Tabela 4). Os coeficientes de regressão para os métodos da secagem contínua e com intermitência 15-15, não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), desta forma, esses dois tratamentos estão representados por uma mesma equação.

Tabela 4- Equações de regressão ajustadas para o tempo efetivo de secagem, em função da temperatura do ar de secagem, para cada condição de secagem.

Tratamento	Equação de regressão ajustada
Secagem contínua/Intermitência 15-15	$Y = 0,417X^2 - 55,50X + 1889,17$
Intermitência 10-20	$Y = 0,125X^2 - 18,42X - 706,67$
Intermitência 20-10	$Y = 0,292X^2 - 39,42X + 1371,67$
R^2 (%)	99,38
CV (%)	5,14

Os resultados obtidos indicam que o aumento da temperatura do ar de secagem promoveu uma redução no tempo necessário para a remoção de água das folhas de *O. gratissimum* para todas as condições de secagem estudadas e, que por razões já discutidas anteriormente neste trabalho, a secagem com intermitência de 10-20 mostra-se como o melhor tratamento para a redução do tempo efetivo de secagem das folhas de *O. gratissimum* (Figura 7).

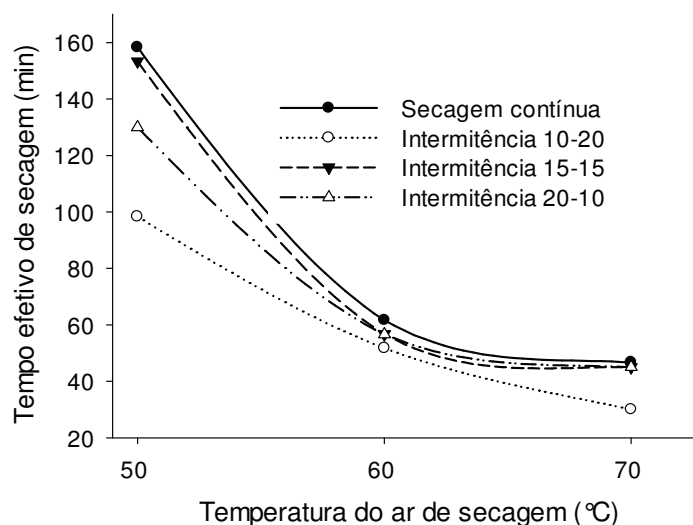


Figura 7- Tempo efetivo de secagem, para a secagem contínua e intermitente de folhas de *O. gratissimum*, em função da temperatura do ar de secagem.

A redução no tempo de secagem em função do aumento da temperatura do ar de secagem esta de acordo com os resultados obtidos por diversos outros pesquisadores que estudaram secagem de espécies de plantas medicinais (RADÜNZ et al., 2014; SILVA L et al., 2015; GASPARIN et al., 2016).

5.3 Consumo específico de energia

Semelhante ao que ocorreu com o tempo efetivo de secagem, também houve uma interação significativa pelo teste F ($p < 0,05$) para o efeito das diferentes temperaturas e condições de secagem estabelecidas na variável consumo específico de energia (Tabela 5).

Tabela 5- Resumo da análise de variância dos dados do consumo específico de energia, obtidos para as condições de secagem estabelecidas.

FV	GL	QM	F
T	2	8773,98908	340,68**
Cs	3	1577,43177	61,25**
T x Cs	6	252,29996	9,80**
Resíduo	24	25,75458	
Total	35		
CV (%)		6,03	

Nota:

⁽¹⁾ n.s.- não significativo; ** - significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

⁽²⁾ GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; T- temperatura do ar de secagem; Cs- condição de secagem; CV- coeficiente de variação.

A comparação das médias para cada temperatura pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6- Consumo específico de energia (MJ kg^{-1} de água evaporada) para as diferentes temperaturas e condições de secagem de folhas de *O. gratissimum*.

Tratamento	Temperatura		
	50 °C	60 °C	70 °C
Secagem contínua	141,92 a	75,72 a	78,33 a
Intermitência 10-20	88,36 c	65,45 a	46,49 b
Intermitência 15-15	110,97 b	72,17 a	68,45 a
Intermitência 20-10	119,16 b	74,35 a	67,51 a
DMS		11,43	
CV (%)		6,03	

Nota:

⁽¹⁾ DMS- Diferença mínima significativa; CV- Coeficiente de variação.

⁽²⁾ Médias seguidas por pelo menos uma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados da Tabela 6, na temperatura de 50 °C, os testes de secagem com intermitências apresentaram menores valores de consumo específico de energia quando comparados à secagem contínua, sendo a intermitência 10-20 a que apresentou o menor valor. Já para a temperatura de 60 °C não ocorreram diferenças significativas no consumo específico de energia entre os tratamentos. Para a temperatura de 70°C, o menor consumo específico de energia foi para o tratamento com intermitência de 10-20.

O menor consumo específico de energia para os tratamentos com intermitência de 10-20 nas temperaturas de 50 e 70 °C foi devido à redução do tempo efetivo de secagem com a aplicação da intermitência.

O efeito da temperatura no consumo específico de energia foi analisado por regressão. Os tratamentos com secagem contínua e com intermitência de 15-15 e 20-10 apresentaram ajuste a uma equação polinomial de segundo grau, com um coeficiente de determinação (R^2) de 97,02%. Como não houve diferenças significativas entre os coeficientes de regressão ($p < 0,05$) dos testes de secagem com intermitência de 15-15 e 20-10, estes foram ajustados para uma mesma equação. O tratamento com intermitência de 10-20 apresentou ajuste a um modelo de equação linear, com um R^2 de 98,24% (Tabela 7).

Tabela 7- Equações de regressão ajustadas para o consumo específico de energia (MJ kg^{-1} de água evaporada), em função da temperatura do ar de secagem, para cada condição de secagem.

Tratamento	Equação de regressão ajustada	CV (%)	R^2 (%)
Secagem contínua	$Y = 0,347X^2 - 44,739X + 1512,52$	6,17	97,02
Intermitência 10-20	$Y = -2,094X + 192,38$	3,88	98,24
Intermitência 15-15 e 20-10	$Y = 0,183X^2 - 24,271X + 872,01$	6,17	97,02

Analisando-se a Figura 8, observa-se que o aumento da temperatura do ar de secagem de 50 para 60 °C melhora a eficiência energética do processo. Este fato é explicado pela redução significativa no tempo da secagem com o aumento da temperatura do ar de secagem. Já o efeito do aumento da temperatura de 60 °C para 70 °C só é perceptível para o tratamento com intermitência de 10-20, que apresentou ajuste para um modelo de equação de regressão linear.

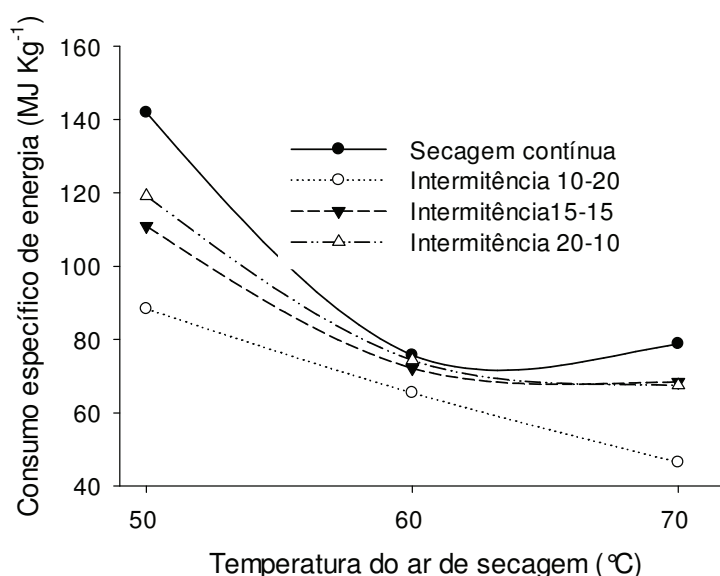


Figura 8- Consumo específico de energia para a secagem contínua e intermitente de folhas de *O. gratissimum*, em função da temperatura do ar de secagem.

5.3 Rendimento de óleo essencial

Os resultados obtidos apresentaram uma interação significativa pelo teste F ($p < 0,05$) para o efeito das diferentes condições e temperaturas de secagem na variável rendimento de óleo essencial (Tabela 8).

Tabela 8- Resumo da análise de variância dos dados de rendimento de óleo essencial das folhas de *O. gratissimum*, obtidos para as condições de secagem estabelecidas.

FV	GL	QM	F
T	2	3,60802877	211,64**
Cs	3	0,00605321	0,36 n.s
T x Cs	6	0,15934812	9,35**
Resíduo	22	0,01704773	
Total	33		
CV (%)		13,16	

Nota:

(¹) n.s.- não significativo; ** - significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

(²) GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; T- temperatura do ar de secagem; Cs- condição de secagem; CV- coeficiente de variação.

A comparação das médias para cada temperatura foi realizada utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade e está graficamente representada na Figura 9.

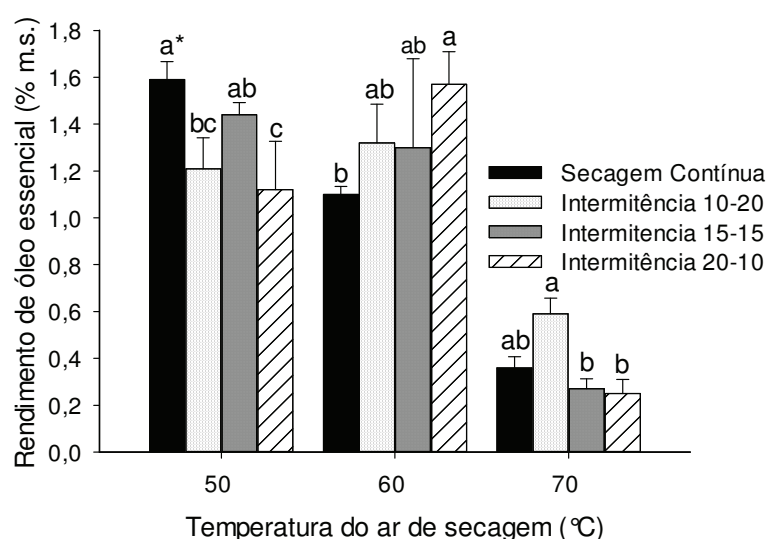


Figura 9- Rendimento de óleo essencial para as diferentes temperaturas e condições de secagem de folhas de *O. gratissimum*. *Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra em cada grupo de barra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 9, observa-se que na temperatura de 50 °C a secagem contínua apresentou o maior rendimento de óleo essencial. A explicação para a secagem contínua ter se mostrado o melhor tratamento na temperatura de 50 °C pode estar relacionada ao tempo total de secagem e ao número de ciclos (secagem + período de descanso) para os tratamentos nesta temperatura. Em temperaturas mais baixas do ar de secagem, ocorre um aumento no tempo necessário para que uma amostra atinja o teor de água pré-determinado. Como consequência deste fato, para temperatura de 50 °C, o número de ciclos foi superior as demais temperaturas estudadas (Tabela 9). Assim, pode-se supor que, na temperatura de 50 °C, o maior número de ciclos provocou danos por choque térmico aos tecidos celulares, que provavelmente se romperam, causando a perda do óleo essencial por volatilização durante o processo de secagem subsequente ao descanso.

Tabela 9- Tempo total e efetivo de secagem e número de ciclos (secagem + período de descanso) para cada tratamento.

Condição de secagem	Temperatura	Tempo requerido para a secagem (minutos)		Número de ciclos
		Total	Efetivo	
Contínua	50 °C	160,00	160,00	-
10-20	50 °C	280,00	98,33	9,33*
15-15	50 °C	280,00	153,33	9,33
20-10	50 °C	190,00	130,00	6,33
Contínua	60 °C	61,67	61,67	-
10-20	60 °C	142,50	51,67	4,75
15-15	60 °C	115,00	56,67	3,83
20-10	60 °C	76,66	56,67	2,56
Contínua	70 °C	46,67	46,67	-
10-20	70 °C	80,00	30,00	2,67
15-15	70 °C	80,00	45,00	2,67
20-10	70 °C	80,00	41,67	2,67

*Os números fracionados indicam o término da secagem antes de completar um ciclo completo.

Outra hipótese seria considerar que, durante o período de descanso, o calor remanescente das folhas de *O. gratissimum* teria ocasionado a volatilização do óleo essencial. Ramalho et al. (2010) ao estudar o efeito da intermitência na secagem da erva-mate, observaram que houve uma perda de 10% no teor de cafeína em amostras do produto quando submetidas à secagem intermitente em comparação com a secagem contínua. Os autores também atribuíram tal perda ao calor remanescente do produto durante os períodos de descanso.

Para a temperatura de 60 °C, os tratamentos de secagem proporcionaram um comportamento de rendimento de óleo essencial diferente do obtido com a temperatura de 50 °C. Nessa temperatura, os testes de secagem contínua e com intermitências de 10-20 e 15-15 não diferiram estatisticamente entre si, isso porque, apesar de a intermitência ter se mostrado prejudicial durante os testes de secagem na temperatura mais baixa, na temperatura de 60 °C o número de período de ciclos foi bem menor, reduzindo assim os danos às estruturas celulares e conseqüentemente a perda de óleo essencial (Tabela 9). Não foram encontradas justificativas para o efeito do tratamento de 20-10 no aumento de rendimento de óleo essencial nesta temperatura.

Para a temperatura de 70 °C o tratamento com intermitência de 10-20 proporcionou o maior rendimento de óleo essencial. Este resultado foi devido à redução no tempo efetivo de secagem com aplicação da intermitência. Desta forma, na temperatura mais alta, o menor tempo de aplicação de calor minimizou a perda de óleo essencial por volatilização.

O efeito das temperaturas do ar de secagem no rendimento de óleo essencial foi analisado por meio de regressão. Os tratamentos com a secagem contínua apresentaram ajuste a um modelo de equação linear para o efeito da temperatura do ar de secagem e os tratamentos com intermitência apresentaram ajuste a um modelo de equação polinomial do segundo grau (Tabela 10). Como os coeficientes de regressão para os tratamentos com intermitências de 10-20 e 15-15 não diferiram estatisticamente entre si, estes estão representados por uma mesma equação.

Tabela 10- Equações de regressão ajustadas para o rendimento de óleo, em função da temperatura do ar de secagem, para cada condição de secagem.

Método	Equação de regressão ajustada	CV (%)	R ² (%)
Secagem contínua	$Y = -0,0618X + 4,727$	8,36	97,84
Intermitência 10- 20/15-15	$Y = 0,0047X^2 + 0,5158X - 12,69$	21,03	84,25
Intermitência 20-10	$Y = -0,089X^2 + 1,019X - 27,68$	15,29	95,24

Analisando-se a Figura 10, observa-se que para a secagem contínua o rendimento de óleo essencial de *O. gratissimum* decresce com o aumento da temperatura. Santana et al. (2014), estudando a secagem dessa mesma espécie nas temperaturas de 30, 40, 50 e 60 °C, não encontraram diferença significativa no conteúdo de óleo essencial extraído das folhas secas nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C, no entanto, houve uma redução de 48% do teor obtido de folhas secas a 60°C, indicando uma perda de componentes voláteis a partir da secagem na temperatura de 60 °C. Soares et al. (2007), estudando a influência de quatro temperaturas de ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C), em camada fina, e duas velocidades do ar (0,9 e 1,9 m s⁻¹) sobre o teor de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), planta pertencente ao gênero *Ocimum*, mesmo que o da *O. gratissimum*, também observaram a diminuição do teor de óleo essencial com aumento da temperatura do ar de secagem.

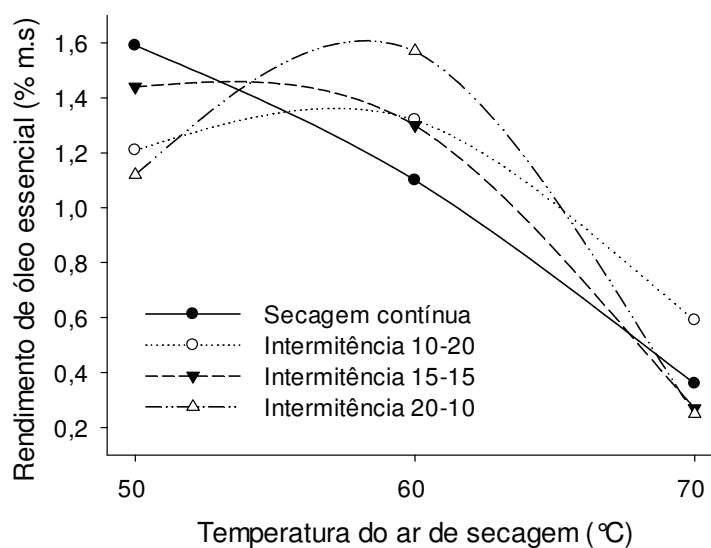


Figura 10- Rendimento de óleo essencial para folhas de *O. gratissimum* submetidas à secagem contínua e intermitente, em função da temperatura do ar de secagem.

Para os tratamentos com intermitência, observa-se que o rendimento de óleo essencial é menor na temperatura de 50 °C, aumenta na temperatura de 60 °C e decresce na temperatura de 70 °C (Figura 10).

6 CONCLUSÕES

A aplicação da intermitência de 10-20 (10 minutos secando e 20 minutos de descanso) na secagem das folhas de *O. gratissimum* é eficiente para reduzir o tempo efetivo de secagem e o consumo específico de energia nas secagens com temperaturas de 50 e 70 °C.

Em relação ao rendimento de óleo essencial, o uso da intermitência apresentou resultados diferentes para cada temperatura do ar de secagem, não sendo recomendada sua aplicação para a secagem a 50 °C das folhas de *O. gratissimum*.

7 REFERÊNCIAS

ACHEFLAN: *Cordia verbenacea* DC. Responsável técnico Dr. Wilson R. Farias. São Paulo: Aché Laboratórios Farmacêuticos S. A., 2014. Bula de remédio.

ADEBOLU, T. T.; OLADIMEJI, S. A. Antimicrobial activity of leaf extracts of *Ocimum gratissimum* on selected diarrhea causing bacteria in southwestern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, n. 7, p. 682-684, 2005.

AGUIYI, J. C.; OBI, C. I.; GANG, S. S.; IGWEH, A. C. Hypoglycemic activity of *Ocimum gratissimum* in rats. **Fitoterapia**, v. 71, n. 4, p. 444-446, 2000.

ALI, M. A.; YUSOF, Y. A.; CHIN, N. L.; IBRAHIM, M. N.; BASRA, S. M. A. Drying kinetics and colour analysis of *Moringa Oleifera* Leaves. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 394-400, 2014.

ALVES, M. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, L. C.; PONTES, E. G.; SOUZA, M. A. A. Composição e toxicidade de óleos essenciais testados por fumigação contra o *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) praga do Feijão-Caupi armazenado. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2387-2399, 2015.

AQUERRETA, J.; IGUAZ, A.; ARROQUI, C.; VIRSEDA, P. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. **Journal of food engineering**, v. 80, n. 2, p. 611-618, 2007.

ARGYROPOULOS, D.; MÜLLER, J. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 118-124, 2014.

BADKE, M. R.; BUDÓ, M. D. L. D.; SILVA, F. M.; RESSEL, L. B. Plantas medicinais: o saber sustentado na prática do cotidiano popular. **Escola Anna Nery Revista de Enfermagem**, v. 15, n. 1, p. 132-139, 2011.

BAKKALI, 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.

BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. **Handbook of essencial oils: science, technology and applications**. Nova York: CRC Press, 2010.

BAYDAR, H; ERBAS, S. Effects of harvest time and drying on essential oil properties in lavandin (*lavandula × intermedia emeric ex loisel.*). **Acta Horticulturae**, v. 826, p.377-382, 2009.

BENBELAID, F.; BENDAHO, M.; KHADIR, A.; ABDOUNE, M. A.; BELLAHSENE, C.; ZENATI, F.; ABDELOUAHID, D. E. Antimicrobial activity of essential oil of *Lavandul amultifida* L.. **Journal of Microbiology and Biotechnology Research**, v. 2, n. 2, p. 244-247, 2017.

BIASSI, L. A.; DESCHAMPS, C. **Plantas Aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**, Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.

BOIJINK, C. L.; QUEIROZ, C. A.; CHAGAS, E. C.; CHAVES, F. C. M.; INOUE, L. A. K. A. Anesthetic and anthelmintic effects of clove basil (*Ocimum gratissimum*) essential oil for tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture**, v. 457, p. 24-28, 2016.

BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; CARDOSO, M. G.; ALVES, J. A.; LUCENA, E. M. P. Determinação de óleos essenciais de Alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.) e tomilho (*Thymus vulgaris* L.). **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 14, n. 4, p. 656-665, 2012.

BORSATO, A. V.; DONI-FILHO, L.; CÔCCO, L. C.; PAGLIA, E. C. Rendimento e composição química do óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] extraído por arraste de vapor d'água, em escala comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 129-136, 2008.

BRASIL, 2006a. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos**. Brasília: Ministério da saúde. Série B. Textos Básicos de Saúde, 2006.

BRASIL, 2006b. **Portaria nº 971, de 3 de maio de 2006**. Aprova a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no Sistema Único de Saúde, de 4 de maio de 2006.

BRASIL, 2006c. **Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006**. Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências, de 22 de junho de 2006.

BRASIL, 2008. **Portaria Interministerial Nº 2.960, de 9 de dezembro de 2008**. Aprova o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e cria o Comitê Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 dez. 2008. Seção 1, p. 56, 2008.

BRASIL, 2009. Portal da Saúde. **Plantas de interesse ao SUS (RENISUS)**. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms_relacao_plantas_medicinais_sus_0603.pdf. Acesso em: 14 fev 2018.

BRASIL, 2011. **Decreto nº 7.508, de 28 de junho de 2011**. Regulamenta a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, para dispor sobre a organização do Sistema Único de Saúde - SUS, o planejamento da saúde, a assistência à saúde e a articulação interfederativa, e dá outras providências, de 28 de junho de 2011.

BRASIL, 2012. Ministério da Saúde. **Relação de fitoterápicos oferecidos pelo SUS**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2012/11/sus-tem-fitoterapicos-para-doencas-simples/relacao-de-fitoterapicos-oferecidos-pelo-sus/view>>. Acesso em: 14 fev 2017.

BRASIL, 2014a. **Relação Nacional de Medicamentos Essenciais: RENAME 2014**, 9º ed., revisada e atualizada, Brasília: Ministério da Saúde. 2014.

BRASIL, 2014b. **Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 26, de 13 de maio de 2014**. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notificação de produtos tradicionais fitoterápicos. Diário Oficial da União. 13 de maio de 2014.

BRASIL. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Farmacopeia Brasileira. 5ª Ed. Brasília, 2016.

BRUNING, M. C. R.; MOSEGUI, G. B. G.; VIANA, C. M. M. A utilização da fitoterapia e de plantas medicinais em unidades básicas de saúde nos municípios de Cascavel e Foz do Iguaçu-Paraná: a visão dos profissionais de saúde. **Ciência e Saúde coletiva**, v. 17, n. 10, p. 2675-2685, 2012.

CARVALHO, V. A. F. Secador de plantas medicinais com uso de biogás. 2013. 73 f. Monografia. Especialização em energias renováveis com ênfase em biogás, Universidade Federal da Integração Latino Americana, Foz do Iguaçu-PR, 2013.

CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L.; GONÇALVES, M. J.; HRIMPENG, K.; PINTO, J.; PINTO, E. Antifungal activity of the essential oil of *Angelica major* against *Candida*, *Cryptococcus*, *Aspergillus* and dermatophyte species. **Journal of natural medicines**, v. 69, n. 2, p. 241-248, 2015.

CHAKRABORTY, R.; DEY, T. Drying Protocols for Traditional Medicinal Herbs: A Critical Review. **International Journal of Engineering**

Technology, Management and Applied Sciences, v. 4, n. 4, p. 312-319, 2016.

CHOU, S. K.; CHUA, K. J.; MUNJUMDAR, A. S.; HAWLADER, M. N. A.; HO, J.C. On the Intermittent Drying of an Agricultural Product. **Institution of Chemical Engineers**, v. 78, n. 4, p. 193-203, 2000.

CHUA, K. J.; MUJUMDAR, A. S.; CHOU, S. K. Intermittent drying of bioproducts-an overview. **Bioresource Technology**, v. 90, n. 3, p. 285-295, 2003.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. **Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Curitiba: EMATER-PR, 2009.

COSTA, N. P.; OLIVEIRA, H. D.; BRITO, C. H.; SILVA, A. B. Influência do nim na biologia do predador *Euborellia annulipes* e estudos de parâmetros para sua criação massal. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, 2007.

DAVID, E. F. S.; PIZZOLATO, M.; FACANALI, R.; MORAIS, L. A. S.; FERRI, A. F.; MARQUES, M. O. M.; MING, L. C. Influência da temperatura de secagem no rendimento e composição química do óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 8, p. 66-70, 2006.

DUBEY, N. K.; TIWARI, T. N.; MANDIN, D.; ANDRIAMBOAVONJY, H.; CHAUMONT, J. P. Antifungal properties of *Ocimum gratissimum* essential oil (ethyl cinnamate chemotype). **Fitoterapia**, v. 71, n. 5, p. 567-569, 2000.

DUTRA, R. C.; CAMPOS, M. M.; SANTOS, A. R.; CALIXTO, J. B. Medicinal plants in Brazil: Pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. **Pharmacological research**, v. 112, p. 4-29, 2016.

ESTURK, O. Intermittent and continuous microwave-convective air-drying characteristics of sage (*Salvia officinalis*) leaves. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 5, p. 1664-1673, 2012.

EUCAPROL. Responsável técnico Dr^a Andresa Aparecida Berretta. São Paulo: APIS FLORA INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA, 2012. Bula de remédio.

EVIN, D. Thin layer drying of *Gundelia tournefortii* L. **Food and Bioproducts processing**, v.90, n.2, p.323-332, 2012.

FERNANDES, V. F.; BEZERRA, L. D. A.; MIELKE, M. S.; SILVA, D. D. C. Anatomia e ultraestrutura foliar de *Ocimum gratissimum* sob diferentes níveis de radiação luminosa. **Ciência Rural**, v.44, n.6, p. 1037-1042, 2014.

FRANCO, A. L. P.; OLIVEIRA, T. B.; FERRI, P. H.; BARA, M. T. F. PAULA, J. R. Avaliação da composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook) Tronc. (Alfazema), *Ocimum gratissimum* L. (Alfavaca-cravo) e *Curcuma longa* L. (Açafrão). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, n. 2, p. 208-220, 2007.

FREIRE, C. M. M.; MARQUES, M. O. M.; COSTA, M. Effects of seasonal variation on the central nervous system activity of *Ocimum gratissimum* L. essential oil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, p. 161-166, 2006.

FU, M.; QU, Q.; YANG, X.; ZHANG, X. Effect of intermittent oven drying on lipid oxidation, fatty acids composition and antioxidant activities of walnut. **LWT-Food Science and Technology**, v. 65, p. 1126-1132, 2016.

GASPARIN, P. P.; CHRIST, D.; COELHO, S. R. M. Secagem de folhas *Mentha piperita* em leito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 242-250, 2016.

GHASEMI, E.; YAMINI, Y.; BAHRAMIFAR, N.; SEFIDKON, F. Comparative analysis of the oil and supercritical CO₂ extract of *Artemisia sieberi*. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 306-311, 2007.

GIULIETTI, A. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. D. G. L.; VAN DEN BERG, C. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Mega Diversidade**, v. 1, n. 1, p. 54-61, 2005.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GOLMOHAMMADI, M.; ASSAR, M.; RAJABI-HAMANEH, M.; HASHEMI, S. J. Energy efficiency investigation of intermittent paddy rice dryer: Modeling and experimental study. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 275-283, 2015.

GONELI, A. L. D., NASU, A. K., GANCEDO, R., ARAÚJO, W. D., SARATH, K. L. L. Cinética de secagem de folhas de erva baleeira (*Cordia verbenacea* DC.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 2, supl. 1, p. 434-443, 2014.

HAMROUNI-SELLAMI, I.; RAHALI, F. Z.; REBEY, I. B.; BOURGOU, S.; LIMAM, F.; MARZOUK, B. Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 3, p. 806-817, 2013.

HARBOURNE, N.; MARETE, E.; JACQUIER, J. C.; O'RIORDAN, D. Effect of drying methods on the phenolic constituents of meadowsweet (*Filipendula ulmaria*) and willow (*Salix alba*). **LWT- Food Science and Technology**, v. 42, n. 9, p. 1468-1473, 2009.

HO, J. C.; CHOU, S. K.; CHUA, K. J.; MUJUMDAR, A. S.; HAWLADER, M. N. A. Analytical study of cyclic temperature drying: effect on drying kinetics

and product quality. **Journal of Food Engineering**, v. 51, n. 1, p. 65-75, 2002.

HOLOWATY, S. A.; RAMALLO, L. A.; SCHMALKO, M. E. Intermittent drying simulation in a deep bed dryer of yerba mate. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 1, p. 110-114, 2012.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. *Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa* [online]. Brasília: INMET; 2018. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> > Acesso em: 6 mar. 2018.

JENA, S.; RAY, A.; BANERJEE, A.; SAHOO, A.; NASIM, N.; SAHOO, S.; NAYAK, S. Chemical composition and antioxidant activity of essential oil from leaves and rhizomes of *Curcuma angustifolia* Roxb. **Natural product research**, v. 31, n. 18, p. 2188-2191, 2017.

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

JUSTO, C. M. P.; GOMES, M. H. A. A cidade de Santos no roteiro de expansão da homeopatia nos serviços públicos de saúde no Brasil. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 14, n. 4, p. 1159-1171, 2007.

KARIMA, N.; JASUR, S.; SHAXNOZA, S. Storage biologically active substances by convection drying food and medicinal plants. **Journal of Food Processing and Technology**, v. 7, n. 7, p. 599, 2016.

KOWALSKI, S. J.; PAWŁOWSKI, A. Energy consumption and quality aspect by intermittent drying. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 50, n. 4, p. 384-390, 2011.

KUBECZKA, K. H. History and sources of essential oil research. In: BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. **Handbook of essential oils: Science, Technology and applications**. Nova York: CRC Press, 2010. p. 3-38.

KUMAR, C.; KARIM, M. A.; JOARDDER, M. U. Intermittent drying of food products: A critical review. **Journal of Food Engineering**, v. 121, p. 48-57, 2014.

LEAL, P. F.; CHAVES, F. C. M.; MING, L. C.; PETENATE, A. J.; MEIRELES, M. A. Global yields, chemical compositions and antioxidant activities of clove basil (*Ocimum gratissimum* L.) extracts obtained by supercritical fluid extraction. **Journal of food process engineering**, v. 29, n. 5, p. 547-559, 2006.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008.

LUZ NETTO Jr., N. **Memento terapêutico fitoterápico do Hospital das Forças Armadas**. Brasília: EGGCF, 1998.

MACHADO, M. P.; BERGO, C. L.; DESCHAMPS, C.; BIZZO, H. R.; BIASI, L. A. Efeito da secagem natural e artificial da biomassa foliar de *Piper hispidinervum* na composição química do óleo essencial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 1, p. 265-270, 2013.

MACIEL, M. V.; MORAIS, S. M.; BEVILAQUA, C. M.; SILVA, R. A.; BARROS, R. S.; SOUSA, R. N.; SOUSA, L. C.; MACHADO, L. K. A.; BRITO, E. S.; SOUZA-NETO, M. A. Atividade inseticida in vitro do óleo de sementes de nim sobre *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, n. 1, p. 7-11, 2010.

MADHU, K. D; HARINDRAN, J. Antiarthritic potential of *Ocimum gratissimum* L. in collagen induced arthritic Sprague-Dawle rats. **Biomedicine & Aging Pathology**, v. 4, n. 3, p. 191-196, 2014.

MANDRAS, N.; NOSTRO, A.; ROANA, J.; SCALAS, D.; BANCHE, G.; GHISETTI, V.; TULLIO, V. Liquid and vapour-phase antifungal activities of essential oils against *Candida albicans* and *non-albicans Candida*. **BMC complementar yand alternative medicine**, v. 16, n. 1, p. 330, 2016.

MARCHESE, J. A.; FIGUEIRA, G. M. O uso de tecnologias pré e pós-colheita e boas práticas agrícolas na produção de plantas medicinais e aromáticas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 7, n. 3, p. 86-96, 2005.

MARCOMINI, A. M.; ALVES, L. F. A.; BONINI, A. K.; MERTZ, N. R.; SANTOS, J. D. Atividade Inseticida de extratos vegetais e do óleo de nim sobre adultos de *Alphitobius diaperinus* Panzer (Cóleoptera: Tenebrionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 3, p. 409-416, 2009.

MARINI, L. J.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; SANTIN, J. A. Qualidade de grãos de aveia sob secagem intermitente em altas temperaturas. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5, p. 1268-1273, 2007.

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* (DC.) Stapf]. **Revista brasileira de plantas medicinais**, p. 488-498, 2010.

MARTINEZ, S. S. **O nim, *Azadiractina indica* – Natureza, usos múltiplos, produção**. Londrina: IAPAR, 2002.

MATASYOH, L. G.; MATASYOH, J. C.; WACHIRA, F. N.; KINYUA, M. G.; MUIGAI, A. W. T.; MUKIAMA, T. K. Chemical composition and antimicrobial

activity of the essential oil of *Ocimum gratissimum* L. growing in Eastern Kenya. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 6, 2007.

MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: imprensa universitária UFC, 2000.

MAUL, A. A.; WASICKY, R.; BACCHI, E. M. Extração por fluido supercrítico. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 5, n. 2, p. 185-200, 1996.

MCKENZIE, B. A., FOSTER, G. H.; NOYES, R. T.; THOMPSON, R. A. Dryeration-Better Corn Quality with High Speed Drying. **Cooperative Extension Service Bulletin**, 1972.

MELO, E. C.; RADÜNZ, L. L.; BERBERT, P. A. Secador a gás para plantas medicinais e aromáticas. In: 4º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Anais...

MELO, E. D. C.; RADÜNZ, 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.

MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005.

MING, L. C.; FIGUEIREDO, R. O.; MACHADO, S. R.; ANDRADE, R. M. C. Yield of essential oil of and citral content in different parts of lemongrass leaves (*Cymbopogon citratus* D.C.) Stapf.) Poaceae. **Acta Horticulturae**, n. 426, p. 555–559, 1996.

MUJUMDAR, A. S.; DEVAHASTIN, S. Fundamental principles of drying. In: DEVAHASTIN, S. **Mujumdar's Practical Guide to Industrial Drying**. Montreal: Exergex Corporation, 2000. p. 1-22.

MÜLLER, J.; HEINDL, A. Drying of medicinal plants. In: BOGERS, R. J., CRAKER, L.; E., LANGE, D. **Medicinal and aromatic plants - agricultural, commercial, ecological, legal, pharmacological and social aspects**. Stuttgart: Springer, 2006. p. 237-252.

MUÑOZ, F. **Plantas medicinales y aromaticas: estudio, cultivo y procesado**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2002.

NAKAMURA, C. V.; UEDA- NAKAMURA, T., BANDO, E.; MELO, A. F. N.; CORTEZ, D. A. G.; DIAS, F. B. P. Antibacterial activity of *Ocimum gratissimum* L. essential oil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 94, n. 5, p. 675-678, 1999.

NGUEMTCHOUIN, M. G. M.; NGASSOUM, M. B.; CHALIER, P.; KAMGA, R.; NGAMO, L. S. T.; CRETIN, M. *O. gratissimum gratissimum* essential oil and modified montmorillonite clay, a means of controlling insect pests in stored products. **Journal of Stored Products Research**, n. 52, 57-62, 2013.

OGENDO, J. O. ; KOSTYUKOVSKY, M.; RAVID, U. ; MATASYOH, J. C.; DENG, A. L. ; OMOLO, E. O. ; SHAAYA, E. Bioactivity of *Ocimum gratissimum* L. oil and two of its constituents against five insect pests attacking stored food products. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, n. 4, p. 328-334, 2008.

OGUNDIPE, D. J.; AKOMOLAFE, R. O.; SANUSI, A. A.; IMAFIDON, C. E.; OLUKIRAN, O. S.; OLADELE, A. A. Effects of two weeks administration of *Ocimum gratissimum* leaf on feeding pattern and markers of renal function in rats treated with gentamicin. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, n. 3, p. 219-231, 2016.

OKIGBO, R. N.; OKEKE, J. J.; MADU, N. C. Larvicidal effects of *Azadirachta indica*, *Ocimum gratissimum* and *Hyptis suaveolens* against mosquito larvae. **Journal of Agricultural Technology**, v. 6, n. 4, p. 703-719, 2010.

OLIVEIRA, L. B. S.; BATISTA, A. H. M.; FERNANDES, F. C.; SALES, G. W. P.; NOGUEIRA, N. A. P. Atividade antifúngica e possível mecanismo de ação do óleo essencial de folhas de *Ocimum gratissimum* (Linn.) sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, p. 511-523, 2016.

PANDEY, A. K.; SINGH, P.; TRIPATHI, N. N. Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 4, n. 9, p. 682-694, 2014.

PANDEY, A. K.; SAVITA. Harvesting and post-harvest processing of medicinal plants: Problems and prospects. **The Pharma Innovation Journal**, v. 6, n.12, p. 229-235, 2017.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. D.; PARK, K. J. B. **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas: Unicamp, 2007.

PARK, K. J.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P.; DAL FABBRO, I. M. Secagem: Fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 93-127, 2014.

PEREIRA, R. S.; SUMITA, T. C.; FURLAN, M. R.; JORGE, A. O. C.; UENO, M. Atividade antibacteriana de óleos essenciais em cepas isoladas de infecção urinária. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, p. 326-328, 2004.

PIMENTEL, F. A.; CARDOSO, M. G.; ZACARONI, L. M.; ANDRADE, M. A.; GUIMARÃES, L. G. L.; SALGADO, A. P. S.; FREIRE, J. M.; MUNIS, F. R.; MORAIS, A. R.; NELSON, D. L. Influência da temperatura de secagem sobre o rendimento e a composição química do óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) BUR. & K. SHUM, **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 523-526, 2008.

POÓS, T.; VARJU, E. Drying characteristics of medicinal plants. **International Review of Applied Sciences and Engineering**, v. 8, n. 1, p. 83-91, 2017.

PRAKASH, B.; SHUKLA, R.; SINGH, P.; MISHRA, P. K.; DUBEY, N. K.; KHARWAR, R. N. Efficacy of chemically characterized *Ocimum gratissimum* L. essential oil as an antioxidant and a safe plant based antimicrobial against fungal and aflatoxin B1 contamination of spices. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 385-390, 2011.

PRATES, M. F. O.; REIS, R. C.; 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 Medicinai**s, v.14, n.3, p.514-521, 2012.

PREEDY, V. R. **Essential oils in food preservation, flavor and safety**. London: Elsevier Inc., 2015.

PUTRANTO, A.; CHEN, X.D.; DEVAHASTIN, S.; XIAO, Z.; WEBLEY, P. A. Application of the reaction engineering approach (REA) for modeling intermittent drying under time-varying humidity and temperature. **Chemical Engineering Science**, v. 66, n. 10, p. 2149-2156, 2011.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; ROCHA, R. P.; BARBOSA, F. F.; SANTOS, R. H. S.; BERBET, P. A. Avaliação das curvas de secagem de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) em secador de bandejas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v. 16, n. 2, p. 378-387, 2014.

RAMALLO, L. A.; LOVERA, N. N.; SCHMALKO, M. E. Effect of the application of intermittent drying on *illex paraguariensis* quality and drying kinetics. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 2, p. 188-193, 2010.

REIS, R. C.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; SERVULO, A. C. O.; SOUZA, A. B. M. Cinética de secagem de folhas de manjeriço (*Ocimum*

basilicum L.) via infravermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p.1346-1352, 2012.

RODRIGUES, T. S.; GUIMARÃES, S. F.; RODRIGUES, R. G.; GABRIEL, J. V. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.13, especial, p. 587-590, 2011.

ROVEDO, C. O.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. E. Drying of foods: evaluation of a drying model. **Journal of Food Engineering**, v. 26, n. 1, p. 1-12, 1995.

SANTANA, A. C. M.; PEREIRA, G. S.; BOAVENTURA, C. M.; UETENABARO, A. P. T.; COSTA, L. C. D. B.; DE OLIVEIRA, R. A. Rupture of glandular trichomes in *Ocimum gratissimum* leaves influences the content of essential oil during the drying method. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 24, n. 5, p. 524-530, 2014.

SARTORELLI P. *A química das plantas medicinais*, 2015. Disponível em:< http://www.crq4.org.br/quimica_viva_plantas_medicinais >. Acesso em: 07 de nov. 2017.

SHAROPOV, F.; AHMED, M.; SATYAL, P.; SETZER, W. N.; WINK, M. Antioxidant activity and cytotoxicity of methanol extracts of *Geranium macrorrhizum* and chemical composition of its essential oil. **Journal of Medicinally Active Plants**, v. 5, n. 2, p. 53-58, 2017.

SHAW, H. M.; WU, J. L.; WANG, M. S. Antihypertensive effects of *Ocimum gratissimum* extract: Angiotensin-converting enzyme inhibitor in vitro and in vivo investigation. **Journal of Functional Foods**, v. 35, p. 68-73, 2017.

SILVA, B. C.; SILVA F.; MICHELIN D. C. Avaliação da qualidade de amostras de *Camellia sinensis* (L.) Kuntze (Theaceae) comercializadas no município de Araras–SP. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 34, n. 2, p. 245-250, 2013.

SILVA, E. S.; OLIVEIRA, J.; MACHADO, A. V.; Costa, R. O. Secagem de Grãos e Frutas: Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 19-23, 2015.

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

SILVA, T. R. G. D.; MARTINS, T. D. D.; SILVA, J. H. V.; SILVA, L. D. P. G. D.; PASCOAL, L. A. F.; OLIVEIRA, E. R. A. D.; BRITO, M. S. Inclusão de óleos essenciais como elementos fitoterápicos na dieta de suínos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1. p. 181-191, 2012.

SILVA, W. P.; RODRIGUES, A. F.; E SILVA, C. M. D.; CASTRO, D. S.; GOMES, J. P. Comparison between continuous and intermittent drying of whole bananas using empirical and diffusion models to describe the processes. **Journal of Food Engineering**, v. 166, p. 230-236, 2015.

SILVA, W. P.; RODRIGUES, A. F.; SILVA, C. M. D. E.; GOMES, J. P. Numerical approach to describe continuous and intermittent drying including the tempering period: Kinetics and spatial distribution of moisture. **Drying technology**, v. 35, n. 3, p. 272-280, 2017.

SILVESTRI, J. F.; PAROUL, N.; CZYEWSKI, E.; LERIN, L.; ROTAVA, I.; CANSIAN, R. L.; TREICHEL, H. Perfil da composição química e atividades antibacteriana e antioxidante do óleo essencial do cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata* Thunb.). **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, 2010.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 1102 p. 2003.

SOARES, R. D.; CHAVES, M. A.; SILVA, A. A. L. D.; SILVA, M. V. D.; SOUZA, B. D. S. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.

SZADZIŃSKA, J. Influence of convective-intermittent drying on the kinetics, energy consumption and quality of green pepper. **PhD Interdisciplinary Journal**, p. 117-125, 2014.

TAKOUGNADI, E.; BOROZE, T. E. T.; AZOUMA, O. Y. Development of an intermittent drying process of onion. **Cogent Food & Agriculture**, v. 4, p. 1-15, 2017.

TITONELLI ALVIM, N. A.; FERREIRA, M. D. A.; EVANGELISTA CABRAL, I.; DE ALMEIDA FILHO, A. J. O uso de plantas medicinais como recurso terapêutico: das influências da formação profissional às implicações éticas e legais de sua aplicabilidade como extensão da prática de cuidar realizada pela enfermeira. **Revista Latino-americana de enfermagem**, v. 14, n. 3, 2006.

VENUPRASAD, M. P.; KANDIKATTU, H. K.; RAZACK, S.; KHANUM, F. Phytochemical analysis of *Ocimum gratissimum* by LC-ESI-MS/MS and its antioxidant and anxiolytic effects. **South African Journal of Botany**, v. 92, p. 151-158, 2014.

VIEIRA, R. F.; GRAYER, R. J.; PATON, A.; SIMON, J. E. Genetic diversity of *Ocimum gratissimum* L. based on volatile oil constituents, flavonoids and RAPD markers. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 29, n. 3, p. 287-304, 2001.

VOGT, T. Phenylpropanoid biosynthesis. **Molecular plant**, v. 3, n. 1, p. 2-20, 2010.

VORIS, D. G. D. R.; AFONSO, C. H.; ALMEIDA FILHO, C. A.; FERNANDES, C. O. ; BRITO, D. Q.; MORAES, C. S.; LIMA, K. S. C.; LIMA, J. B. P.; MIRANDA, M. G.; LIMA, A. L. S.; AVELAR, K. L. S.; FRIEDE, R. Estudos etnofarmacológicos de óleos essenciais com atividade larvícida contra o mosquito *Aedes aegypti*. **Semioses**, v. 11, n. 1, p. 86-94, 2017.

WENNERSTEN, R. Extraction of organic compounds. In: RYDBERG, J.; MUSIKAS, C.; CHOPPIN, G. R. **Principles and practices of solvent extraction**. New York: Marcel Dekker, 1992. p. 115-356.

WOLFFENBÜTTEL, A. N. **Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica**. São Paulo : Roca, 2010.

ZHANG, Y.; LIU, X.; WANG, Y.; JIANG, P.; QUEK, S. Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **Food Control**, v. 59, p. 282-289, 2016.

ZHU, Z.; YANG, Z.; WANG, F. Experimental research on intermittent heat pump drying with constant and time-variant intermittency ratio. **Drying technology**, v. 34, n. 13, p. 1630-1640, 2016.

ZOTTI, N, C. **Secagem de *Cordia verbenacea*, *Lippia sidoides* e *Ocimum gratissimum* com bomba de calor utilizando ultrassom como pré-tratamento**. 2016. 72 f. Dissertação (*Magister Scientiae*). Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2016.