

MICHELLE IZOLINA LOPES DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO COM ULTRASSOM NA QUANTIDADE
E QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Varronia curassavica* Jacq.,
Lippia origanoides Kunth. e *Ocimum gratissimum* L.**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2016

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

T

S729i
2016
Souza, Michelle Izolina Lopes de, 1988-
Influência do pré-tratamento com ultrassom na quantidade e
qualidade do óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq.,
Lippia origanoides Kunth. e *Ocimum gratissimum* L. / Michelle
Izolina Lopes de Souza. – Viçosa, MG, 2016.
xi, 70f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Evandro de Castro de Melo.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.58-70.

1. Plantas medicinais - Secagem. 2. Essencias e óleos
essenciais. 3. Ondas ultrassônicas. 4. *Varronia curassavica*.
5. *Lippia origanoides*. 6. *Ocimum gratissimum*. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola.
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 581.634

MICHELLE IZOLINA LOPES DE SOUZA

INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO COM ULTRASSOM NA QUANTIDADE E QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L.

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

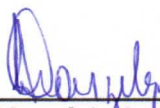
APROVADA: 07 de outubro de 2016.



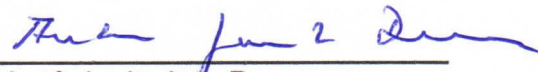
Pedro Amorim Berbert



Ana Paula Martinazzo



Sérgio Maurício Lopes Donzeles



Antônio Jacinto Demuner
(Coorientador)



Evandro de Castro Melo
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora, pela proteção e por me conduzir sempre pelo melhor caminho.

A meus familiares, pelo amor e apoio incondicional.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente, ao Departamento de Engenharia Agrícola pela formação e oportunidade de realização deste curso.

À CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

A Evandro de Castro Melo, pela orientação, apoio e oportunidades concedidas.

A Antônio Jacinto Demuner, pelos conselhos e apoio fundamental na realização dos ensaios experimentais.

A Maira Christina Marques Fonseca, pelas sugestões, amizade e atenção dispensada durante as etapas deste trabalho.

A Paulo Roberto Cecon, pela disponibilidade e auxílio na realização da análise estatística.

A Marília Contin Ventrella, pelo apoio e pela oportunidade de realização das imagens para caracterização das estruturas secretoras das espécies estudadas.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola.

A meus colegas de laboratório, Naiara, Mariane, Diego, Juliana, Melina e Ana Cláudia, pelo carinho, companheirismo e momentos descontração.

Àqueles que por ventura não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram ou me incentivaram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MICHELLE IZOLINA LOPES DE SOUZA, filha de João Odeon de Souza e Maria de Fatima Lopes de Souza, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, em 14 de março de 1988.

Em março de 2007, iniciou na Universidade Federal de Viçosa o curso de graduação em Engenharia de Alimentos, concluindo em janeiro de 2012.

Em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, na área de Química, Física e Bioquímica dos Alimentos, defendendo dissertação em 21 de fevereiro de 2014.

Em março de 2014, ingressou no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, na área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, defendendo tese em 07 de outubro de 2016.

Em Junho de 2016, assumiu o cargo de Pesquisador em Propriedade Industrial no Instituto Nacional da Propriedade Industrial-INPI.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	2
3.1. Plantas medicinais.....	2
3.2. Óleos essenciais.....	5
3.3. <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	8
3.4. <i>Lippia organoides</i> Kunth.....	11
3.5. <i>Ocimum gratissimum</i> L.....	14
3.6. Secagem.....	17
3.7. Bomba de calor.....	19
3.8. Ultrassom.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1. Delineamento experimental.....	25
4.2. Material vegetal.....	25
4.2.1. Coleta e seleção do material vegetal.....	26
4.3. Determinação do teor de água.....	26
4.4. Pré-tratamento de ultrassom.....	26
4.5. Secagem.....	26
4.6. Extração do óleo essencial.....	28
4.7. Determinação da composição do óleo essencial.....	30
4.7.1. Análise qualitativa dos constituintes do óleo essencial.....	30
4.7.2. Análise quantitativa dos constituintes do óleo essencial....	31
4.8. Análise estatística.....	32
4.9. Caracterização das estruturas secretoras.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1. <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	33
5.2. <i>Lippia organoides</i> Kunth.....	41

5.3. <i>Ocimum gratissimum</i> L.....	48
6. CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-	<i>Varronia curassavica</i> Jacq., <i>Lippia origanoides</i> Kunth. e <i>Ocimum gratissimum</i> L. cultivadas em sistema orgânico...	26
Figura 2-	Banho de ultrassom utilizado para realizar o pré-tratamento nas amostras de plantas.....	27
Figura 3-	Secador utilizado na secagem das espécies medicinais....	28
Figura 4-	Aparelho de destilação tipo Clevenger.....	29
Figura 5-	Rendimento de óleo essencial de <i>V. curassavica</i> após diferentes tempos de aplicação de pré-tratamento de ultrassom.....	34
Figura 6-	Seções transversais de folha de <i>V. curassavica</i>	36
Figura 7-	Cromatograma dos constituintes principais do óleo essencial de <i>V. curassavica</i>	37
Figura 8-	Rendimento de óleo essencial de <i>L. origanoides</i> após diferentes tempos de aplicação de pré-tratamento de ultrassom.....	43
Figura 9-	Seções transversais de folha de <i>L. origanoides</i>	44
Figura 10-	Cromatograma dos constituintes principais do óleo essencial de <i>L. origanoides</i>	45
Figura 11-	Rendimento de óleo essencial de <i>O. gratissimum</i> após diferentes tempos de aplicação de pré-tratamento de ultrassom.....	50
Figura 12-	Seções transversais de folha de <i>O. gratissimum</i>	51
Figura 13-	Cromatograma dos constituintes principais do óleo essencial de <i>O. gratissimum</i>	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1-	Parâmetros avaliados durante a secagem de <i>V. Curassavica</i> à 40 °C.....	33
Tabela 2-	Constituintes químicos majoritários do óleo essencial extraído de folhas de <i>V. curassavica</i> após serem submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom.....	38
Tabela 3-	Valores médios das concentrações (%) de α -pineno, (<i>E</i>)-cariofileno, α -humuleno presentes no óleo essencial obtido das folhas de <i>V. curassavica</i> submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).....	39
Tabela 4-	Valores médios das concentrações (%) de β -santaleno, β -bisaboleno e santalol presentes no óleo essencial obtido das folhas de <i>V. curassavica</i> submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).....	40
Tabela 5-	Parâmetros avaliados durante a secagem de <i>L. origanoides</i> à 40 °C.....	42
Tabela 6-	Constituintes químicos majoritários do óleo essencial extraído de folhas de <i>L. origanoides</i> após serem submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom.....	46
Tabela 7-	Valores médios das concentrações de mirceno, <i>p</i> -cimeno, γ -terpineno, timol, e (<i>E</i>)-cariofileno presente no óleo essencial obtido das folhas de <i>L. origanoides</i> submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).....	47

Tabela 8-	Parâmetros avaliados durante a secagem de <i>O. Gratissimum</i> à 40 °C.....	49
Tabela 9-	Constituintes químicos majoritários do óleo essencial extraído de folhas de <i>O. gratissimum</i> após serem submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom.....	54
Tabela 10-	Valores médios das concentrações de γ -terpineno, eugenol, α -copaeno e β -elemeno presentes no óleo essencial obtidos das folhas de <i>O. gratissimum</i> submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).....	55
Tabela 11-	Valores médios das concentrações de (<i>E</i>)-cariofileno, germacreno-D e óxido de cariofileno presentes no óleo essencial obtidos das folhas de <i>O. gratissimum</i> submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).....	56

RESUMO

SOUZA, Michelle Izolina Lopes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2016. **Influência do pré-tratamento com ultrassom na quantidade e qualidade do óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L.** Orientador: Evandro de Castro Melo. Coorientadores: Maira Christina Marques Fonseca e Antônio Jacinto Demuner.

A aplicação do pré-tratamento com ultrassom e a secagem de espécies medicinais utilizando bomba de calor como fonte de aquecimento podem permitir que o produto seja seco mais rapidamente e com menores temperaturas em relação às técnicas de secagem tradicionais. No entanto, faz-se necessário avaliar a quantidade e a qualidade do óleo essencial produzido a partir de plantas submetidas a esse processo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação do pré-tratamento de ultrassom sobre a quantidade e a qualidade do óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L., utilizando para secagem um sistema com bomba de calor. Para isso, as folhas foram colhidas, submetidas ao pré-tratamento de ultrassom (0, 3, 5, 10, 15, 20, 30 minutos) e na sequência realizou-se a secagem utilizando bomba de calor como fonte de aquecimento a 40 °C. A extração do óleo foi realizada por hidrodestilação. A análise de seus componentes foi realizada através de técnicas cromatográficas (GC-MS/GC-FID). Com base nos resultados obtidos pôde-se concluir que as espécies apresentaram comportamentos diferentes com relação à qualidade e quantidade do óleo essencial extraído das mesmas após serem submetidas ao pré-tratamento. Para *V. curassavica* e *L. origanoides* foi possível determinar um tempo de pré-tratamento de ultrassom em que ocorreu a redução do tempo de secagem, obtenção de maior quantidade de óleo essencial, e preservação da qualidade, avaliada em função do teor do marcador químico da espécie, 3 e 5 minutos, respectivamente. No entanto, para *O. gratissimum* não é recomendado a aplicação do pré-tratamento de ultrassom, pois observou-se que, nas condições estudadas, houve redução significativa do rendimento de óleo essencial quando aplicado o pré-tratamento. Provavelmente tais diferenças se devem às estruturas das

folhas dessas espécies. Portanto, sugere-se que para cada planta medicinal é necessário um estudo individualizado da secagem com aplicação prévia de ultrassom, não podendo ser estendido, de maneira empírica, para outras espécies.

ABSTRACT

SOUZA, Michelle Izolina Lopes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October of 2016. **Influence of the ultrasound pre-treatment in the quantity and quality of the essential oil of *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. and *Ocimum gratissimum* L.** Adviser: Evandro de Castro Melo. Co-advisers: Maira Christina Marques Fonseca and Antônio Jacinto Demuner.

The application of ultrasound pre-treatment followed by drying of medicinal plants that uses heat pump as a heat source can allow the product to be dried more rapidly and at lower temperatures compared with the traditional drying techniques. However, we need to evaluate the quality and quantity of produced essential oil from plants subjected to this process. The aim of this study was to evaluate the application of ultrasound pre-treatment on the quantity and quality of essential oil from *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. and *Ocimum gratissimum* L., using a drying system with a heat pump. In order to accomplish that, the leaves were harvested, subjected to ultrasound pre-treatment (0, 3, 5, 10, 15, 20, 30 minutes) followed by drying using a heat pump as the source of heating at 40 °C. Oil extraction was performed by hydrodistillation. Component analysis was carried out using chromatographic techniques (GC-MS / GC-FID). Based on these results, it was concluded that species presented different behaviors regarding the quality and quantity of essential oil extracted from them, after being submitted to the pre-treatment. For *V. curassavica* and *L. origanoides* it was possible to determine the ultrasound pre-treatment time point at which the reduction of the drying time, higher essential oil yield and quality preservation have occurred, assessed in terms of species chemical marker content, 3 and 5 minutes, respectively. However, *O. gratissimum* is not recommended for ultrasound pre-treatment using, since it was observed a significant decrease in oil yield under the tested conditions. It is suspected that these differences are due to the structure of the leaves of these species. Therefore, it is suggested that, for each medicinal plant is necessary to study specific drying conditions prior to the application of ultrasound. Thus, it cannot be empirically extended to other species.

1. INTRODUÇÃO

O comércio de espécies medicinais e de produtos elaborados a partir dessas plantas encontra-se em significativa expansão. A descoberta de princípios ativos de interesse farmacêutico e a implementação de políticas públicas, programas e legislação com vistas à valorização das plantas medicinais contribuem para construção desse panorama.

A secagem tem como objetivo reduzir o teor de água dos produtos, aumentando assim seu tempo de conservação e sua vida útil, além de facilitar seu transporte, manuseio e armazenamento. Na elaboração de produtos oriundos de plantas medicinais, o processo de secagem deve ser realizado de forma a preservar sua qualidade fitoquímica. Para isso é importante o conhecer as propriedades de seus constituintes químicos.

Os óleos essenciais, por serem voláteis, são os constituintes mais sensíveis no processo de secagem de espécies medicinais, aromáticas e condimentares. Portanto, os limites de temperatura do ar de secagem devem ser determinados de acordo com a sensibilidade desses compostos, bem como de suas estruturas armazenadoras (MARTINS et al., 2002; VENSKUTONIS, 1997).

Na busca por técnicas de secagem mais eficientes, a utilização do pré-tratamento de ultrassom e o emprego da bomba de calor para a secagem de plantas medicinais pode se apresentar como uma alternativa promissora. A aplicação prévia de ultrassom se justifica pelo fato de as ondas ultrassônicas apresentarem mecanismos que podem acelerar o processo de transferência de massa nos materiais, possibilitando assim reduzir o teor de água sem provocar o aquecimento excessivo do produto (FUENTE-BLANCO et al., 2006; GARCÍA-PÉREZ et al., 2006; TARLELON e WAKEMAN, 1998).

Já a secagem com bomba de calor é vantajosa porque permite a utilização de valores de temperatura abaixo daqueles normalmente empregados nos secadores existentes. Nela se desenvolve a desumidificação do ar de secagem, reduzindo, conseqüentemente, a pressão de vapor do mesmo. Resumindo, tais ferramentas podem permitir que o produto seja seco

mais rapidamente e com menores temperaturas em relação às técnicas de secagem tradicionais (PATEL e KAR, 2012; SANTOS, 2007).

Considerando os diversos trabalhos já realizados desde 1999 pelo Grupo de Pesquisa em Pré-processamento de Plantas Medicinais da UFV, e por outros pesquisadores, pode-se afirmar que a secagem influencia a qualidade química das plantas medicinais, condimentares e aromáticas. No entanto, ainda não foi avaliado o efeito do pré-tratamento de ultrassom sobre a quantidade e qualidade de óleos essenciais provenientes de espécies medicinais produzidas e processadas.

2. OBJETIVOS

Avaliar a influência da aplicação do pré-tratamento com ultrassom sobre a quantidade e a qualidade do óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L., utilizando para secagem um sistema com bomba de calor.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Plantas medicinais

Plantas medicinais possuem substâncias com propriedades terapêuticas ou que sejam ponto de partida na síntese de produtos químicos ou farmacêuticos (LIMA et al., 2010). Sua produção é diferente de outras culturas, como plantas ornamentais ou alimentos. Essas plantas são normalmente cultivadas em áreas menores, seus produtos são comercializados em quantidades menores e têm valores relativamente mais elevados (LUBBE e VERPOORTE, 2011).

Muitas espécies de plantas medicinais são utilizadas pela indústria dando origem a diversos produtos, dentre eles óleos essenciais, corantes e cosméticos. A necessidade crescente de produtos industriais provenientes de fontes renováveis e o crescente interesse dos consumidores em utilizar,

preferencialmente, produtos de origem natural estão entre os motivos que justificam seu uso e criam oportunidade para agricultores produzirem tais culturas (LUBBE e VERPOORTE, 2011; BRASILEIRO et al., 2008).

Estima-se que o mercado mundial de 'produtos naturais' (derivados de plantas, óleos essenciais, chás, temperos, etc.) envolve cifras de US\$ 60 bilhões de dólares por ano. A demanda por espécies medicinais e aromáticas é crescente, cerca de 7% ao ano, segundo estimativas da ONU. Movimenta cerca de 400 mil toneladas/ano, envolvendo 3 mil espécies, sendo que 900 destas espécies são cultivadas ou estão em processo de domesticação (EMATER, 2015).

Apesar da tradição e demanda por espécies de uso medicinal, há uma carência de informações, principalmente por parte do produtor, o que pode ser observado também nos demais setores, basicamente indústria, comércio e consumidores. O Brasil praticamente não dispõe de estatísticas que caracterizem o mercado, o consumo e os costumes de uso de plantas medicinais (SOUZA et al., 2012).

Sabe-se que, no Brasil, o estado que possui maior expressão no cultivo de plantas medicinais é o Paraná, que representa 90% da produção nacional. Neste estado, há mais de um século foi introduzida a camomila e hoje essa espécie apresenta grande importância econômico-social. O mercado de camomila tem crescido 5 a 10% ao ano, porém, o Brasil ainda importa 30% do que consome. A camomila é cultivada em sistemas de cooperação entre os agricultores familiares e as empresas de beneficiamento, gerando 600 postos de trabalho, em uma área cultivada de 3.000 ha e produção anual de 1.500 toneladas de flores secas. O Valor Bruto da Produção foi de doze milhões de reais em 2013 (CORRÊA JÚNIOR e SCHEFFER, 2014).

Desde 1999, o principal órgão responsável pela regulamentação de plantas medicinais e seus derivados no Brasil é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), autarquia do Ministério da Saúde que sucedeu a Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária e que tem como função proteger a saúde da população garantindo a segurança sanitária de produtos e serviços e participando da construção de seu acesso (BRASIL, 1999).

Plantas medicinais que contenham substâncias ou classes de substâncias responsáveis pela ação terapêutica após processos de colheita, estabilização e secagem são definidas como drogas vegetais de acordo com a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) 10/2010. A partir desta RDC a ANVISA passou a regular a produção, o comércio e o uso de drogas vegetais, liberando a sua industrialização, estabelecendo e controlando sua qualidade e segurança. Para cada espécie, foram descritas indicações terapêuticas, forma de uso, posologia e cuidados e restrições do seu uso, conforme informações de uso tradicional (BRASIL, 2010a). Ressalta-se que produtos disponibilizados sob formas farmacêuticas, como cápsulas e tinturas, não se enquadram sob esta categoria, devendo ser submetidos a registros como medicamentos fitoterápicos (BRASIL, 2010b).

O governo brasileiro percebendo a importância do setor de plantas medicinais promoveu avanços nas últimas décadas com a formulação e implementação de políticas públicas, programas e legislação com vistas à valorização das espécies medicinais e seus derivados nos cuidados primários com a saúde e sua inserção na rede pública; assim como o desenvolvimento da cadeia produtiva de plantas medicinais e fitoterápicos (BRASIL, 2012).

Em 2006, foram publicadas normas para o setor de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil a Política Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos (PNPMF) e a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2006a; BRASIL, 2006b). Essas políticas são os principais instrumentos norteadores para o desenvolvimento das ações/programas envolvendo plantas medicinais e fitoterapia (BRASIL, 2012).

Essas políticas foram formuladas em consonância com as recomendações da OMS e apresentam em suas diretrizes o incentivo à pesquisa e desenvolvimento com relação ao uso de plantas medicinais e fitoterápicos, priorizando a biodiversidade do país. Além disso, estimulam a adoção da fitoterapia nos programas de saúde pública. Espera-se, com isso, o aumento do número de medicamentos fitoterápicos registrados, principalmente com base em espécies nativas (BRASIL, 2012; CARVALHO et al., 2008).

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 produtiva de plantas medicinais e seus derivados (BRASIL, 2008).

Em fevereiro de 2009, o Ministério da Saúde publicou a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS), com o objetivo de fortalecer pesquisas com espécies medicinais nativas. Esta lista é composta por 71 espécies vegetais, para as quais foram priorizadas pesquisas e investimentos com o intuito de que as mesmas sejam utilizadas com segurança e eficácia (MS, 2009).

A legislação brasileira evoluiu muito desde a publicação das duas políticas (PNPIC e PNPMF) em 2006. O Brasil continua a avançar, promovendo mudanças na regulamentação, simplificando regras e processos, passos fundamentais para incentivar pesquisas utilizando recursos de sua vasta biodiversidade. No entanto ainda há muito a se fazer. É preciso continuar avançando, pois o Brasil por possuir a maior biodiversidade do mundo, apresenta características relevantes para transformar-se em uma potência em bioeconomia (CARVALHO et al., 2013).

3.2. Óleos essenciais

Óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, principalmente, de mono e sesquiterpenos e de fenilpropanoides, lipofílicas, com baixo peso molecular, geralmente odoríferas e líquidas (BIZZO et al., 2009; MORAIS, 2009).

Os óleos essenciais podem estar presentes nas flores, folhas, cascas, raízes, rizomas, frutos ou sementes, e podem apresentar composição química, características físico-químicas e odores diferentes quando extraídos de órgãos diferentes de uma mesma planta. A composição química do óleo volátil, extraído do mesmo órgão de uma mesma espécie vegetal, também pode variar de acordo com o horário e a época de colheita, com as condições do clima e do solo, com o estágio de desenvolvimento da planta e em função do método de extração empregado (SIMÕES e SPITZER, 2003).

Devido à variação na composição do óleo obtido por diferentes métodos de extração, a escolha do método empregado dependerá, principalmente, da localização do óleo essencial na planta e da finalidade de utilização dos mesmos. As técnicas mais utilizadas para a extração de óleos essenciais são: hidrodestilação, extração por arraste a vapor, extração com solventes orgânicos, prensagem a frio e extração com fluido supercrítico (SIMÕES e SPITZER, 2003).

Na hidrodestilação, o material vegetal é imerso em água sendo aquecido até fervura, resultando na formação de vapor d'água que arrasta os compostos voláteis até o sistema de condensação, sendo o óleo essencial separado da água por diferença de densidade. A temperatura não ultrapassa 100 °C, minimizando a perda de compostos mais sensíveis a altas temperaturas (RODRIGUES et al., 2011; CÓRNELIO, 1998).

A extração por arraste a vapor é o método mais comum de extração de óleos essenciais e tem praticamente os mesmos princípios da hidrodestilação. A diferença é que o material vegetal não entra em contato com a água, e sim com seu vapor. Geralmente, o vapor é produzido por uma caldeira e entra em contato com o material vegetal ao passar pelo extrator. O calor rompe as paredes dos tricomas e o vapor arrasta o óleo para um condensador onde a mistura é resfriada, recolhida e separada (WOLFFENBÜTTEL, 2010).

Na extração por solvente o material vegetal entra em contato com um solvente orgânico e apolar que vai ser o responsável por extrair o óleo essencial. Na sequência, o solvente é evaporado, geralmente à temperatura ambiente, obtendo-se óleo essencial (BIASSI e DESCHAMPS 2009; BERWICK, 1996). Esse método apresenta elevado rendimento, mas também apresenta as desvantagens do solvente orgânico não interagir apenas com as moléculas dos componentes do óleo e dessa forma possibilitar também a extração de outros compostos como pigmentos e ceras, além de gerar resíduos químicos e não permitir que o óleo obtido por esse processo seja usado com fins terapêuticos por poder conter resquícios de solvente (NEVES, 2011).

Na prensagem a frio o material é esmagado em uma prensa hidráulica, à temperatura ambiente, e na sequência seu óleo essencial é separado por

centrifugação. É um método muito utilizado para obter óleo essencial de frutos cítricos como laranja e limão (WOLFFENBÜTTEL, 2010).

Na extração por fluídos supercríticos, o material vegetal é colocado dentro de um cilindro que permite a circulação do fluído sobre o material vegetal onde os óleos são dissolvidos e extraídos até um nível de solubilidade de equilíbrio. Em seguida, a solução gasosa sai do extrator e passa por uma válvula redutora de pressão, causando precipitação dos componentes no separador. Dessa forma o óleo é separado do fluido que em seguida é reciclado pelo compressor dando início a um novo ciclo. Esse processo se repete até que todos componentes sejam extraídos e coletados no separador. A grande vantagem desse método é o fato de o óleo essencial representar melhor o material original, já que seus produtos praticamente não sofrem hidrólise, esterificação, caramelização ou alterações térmicas. O principal obstáculo ao uso da extração supercrítica na indústria ainda é o alto custo fixo de investimento necessário para a instalação de uma planta de extração (PEREIRA e MEIRELES, 2010; MAUL et al., 1996).

A variedade de usos dos óleos essenciais e seus componentes é muito ampla. São utilizados na elaboração de produtos farmacêuticos, alimentícios, de cosméticos e perfumaria.

O Brasil tem lugar de destaque na produção de óleos essenciais, ao lado da Índia, China e Indonésia, que são considerados os maiores produtores mundiais. A importância do Brasil nesse mercado se deve aos óleos essenciais cítricos, subprodutos da indústria de sucos (BIZZO et al., 2009).

A Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) desenvolveu o Sistema *ALICE-Web* de busca na internet, ferramenta gratuita que fornece informações sobre os dados estatísticos das exportações e importações brasileiras (ALICE-WEB, 2015).

Esse sistema, no período de janeiro de 2010 a maio de 2015, forneceu dados sobre a importação e exportação brasileira de 27 produtos. Destes, sete são óleos essenciais de cítricos (laranja, bergamota, *petit grain* de laranja, limão, lima, outros de lima e outros cítricos), quatro óleos de mentas (hortelã-pimenta, menta japonesa, menta *spearmint* e óleos de outras mentas), quatro

óleos de flores (gerânio, jasmim, alfazema ou lavanda e outros óleos de lavanda), quatro óleos de madeira (pau-rosa, pau-santo, cabreúva e cedro), de folhas, como citronela, capim-limão, palmarosa, eucalipto, vetiver e “outros óleos de vetiver”, óleo da semente de coriandro (coentro) e “outros óleos essenciais”

O montante de importação destes itens, de janeiro de 2010 a maio de 2015, foi de 10.711.351 kg, sendo 37% de mentas, 26% de cítricos e 18% de outros óleos essenciais. Já a exportação no mesmo período foi de 12.070.599 kg, com os óleos essenciais provenientes da indústria cítrica representando 99% deste total.

O óleo essencial de laranja foi o principal produto de exportação, no período de janeiro de 2010 a maio de 2015, sendo responsável por 97% das exportações. Pelo sistema *ALICE-Web*, as exportações de óleos de laranja para os EUA neste período representaram 25% das exportações brasileiras desse óleo essencial e para a União Europeia representaram 48%.

Em relação à balança comercial no mesmo período, foram exportados US\$ 66.314.360 contra US\$ 308.402.474 importados, sendo que o valor obtido pelos óleos oriundos de cítricos respondeu por 95,5% do valor das exportações.

O Brasil destaca-se na produção mundial de óleo essencial, principalmente os óleos de origem cítrica, mas sofre de problemas crônicos como falta de manutenção do padrão de qualidade, representatividade nacional e baixos investimentos governamentais no setor, que levam ao quadro estacionário (BIZZO et al., 2009).

3.3. *Varronia curassavica* Jacq.

A *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), tem como sinônimo *Cordia verbenacea* DC. Popularmente conhecida como "erva baleeira", é uma espécie nativa, encontrando-se do Ceará ao Rio Grande do Sul, preferencialmente na faixa de 500 a 1000 m do litoral sempre acompanhando as áreas abertas da orla do Atlântico (GILBERT e FAVORETO, 2013).

O extrato bruto das partes aéreas dessa espécie (folhas e hastes) é amplamente utilizado na medicina popular sob a forma de extratos

hidroalcoólicos, decocções, infusões e, principalmente como agentes antimicrobianos, anti-inflamatórios e analgésicos (MATIAS et al., 2013).

A partir dessa espécie foi desenvolvido o anti-inflamatório de uso tópico Acheflan^R pelo Laboratório Ache, impactando o cenário da indústria farmacêutica brasileira. Seu efeito anti-inflamatório é devido ao princípio ativo α -humuleno, designado como marcador químico do óleo dessa espécie, que tem despertado o interesse da comunidade científica e seus compostos são alvo de estudos (GILBERT e FAVORETO, 2013; QUEIROZ et al., 2009; ARAÚJO, 2007).

Dentre os diversos compostos presentes nas partes aéreas dessa espécie estão os taninos, os flavonóides e os óleos essenciais (FERNANDES et al., 2007). Seu óleo essencial é constituído de monoterpenos e sesquiterpenos, dentre os quais os compostos majoritários: α -pineno, aloaromadendreno, (*E*)-cariofileno, e minoritários: α -humuleno, espatulenol, β -gurjuneno e o epoxicariofileno (ROGERIO et al., 2009, SANTOS et al., 2006; CARVALHO JR. et al., 2004).

Devido ao reconhecimento de suas propriedades terapêuticas, a espécie *V. curassavica* consta na lista de plantas de interesse ao SUS (RENISUS) e tem despertado o interesse de pesquisadores de forma que a composição química e propriedades farmacológicas de seus óleos essenciais foram e ainda são alvos de estudos.

A composição química e atividade larvicida de óleos essenciais de *V. curassavica* do Nordeste do Brasil foi estudada por Santos et al. (2006). Foram encontrados no óleo essencial das folhas monoterpenos (47,3%) e sesquiterpenos (43,9%), dos quais o α -pineno (20,5%), o β -pineno (13,1%), o (*E*)-cariofileno (12,4%) e o biciclogermacreno (13,8%) se destacaram como compostos majoritários. O potencial larvicida foi avaliado em relação a larvas de *Aedes aegypti*. Os resultados mostraram que o óleo apresenta atividade larvicida significativa, matando 50,7% das larvas na concentração de 100 ppm.

Carvalho Jr. et al. (2004) identificaram e quantificaram os principais componentes do óleo de *V. curassavica* e determinaram a sua atividade antimicrobiana. Obtiveram como constituintes majoritários do óleo essencial: α -pineno (29,69%), (*E*)-cariofileno (25,27%), aloaromadendreno (9,99%) e α -

humuleno (4,6%). Também foram observados os constituintes minoritários: β -felandreno, acetato de citronelila, β -elemeno, β -gurjuneno, biciclogermacreno, δ -cadineno, espatulenol e epoxicariofileno. Neste trabalho, as bactérias Gram-positivas e leveduras testadas foram sensíveis ao óleo essencial, porém a maioria das bactérias Gram-negativas apresentou resistência.

Meccia et al. (2009) avaliaram a composição química e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *V. curassavica* oriunda dos Andes venezuelanos. Identificaram 31 componentes que constituem 94,3% do óleo. Os componentes majoritários encontrados foram: triciclono (23,9%), biciclogermacreno (11,7%), germacreno D (9,9%) e (*E*)-cariofileno (8,2%). Atividade antibacteriana foi observada para bactérias Gram-positivas *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 e *Enterococcus faecalis* ATCC 29212.

Os efeitos do α -humuleno e (*E*)-cariofileno, derivados do óleo essencial de *V. curassavica*, foram estudados por Fernandes et al. (2007). Esses pesquisadores ao tratarem edemas induzidos em patas de ratos com ambos compostos observaram que estes tiveram efeitos inibidores indicando que esses compostos podem representar importantes ferramentas para o tratamento de doenças inflamatórias.

Passos et al. (2007) a fim de estudarem o efeito anti-inflamatório e antialérgico do óleo essencial de *V. curassavica* e de seus princípios ativos realizaram testes em edemas presentes em patas de camundongos e concluíram que o óleo essencial, o α -humuleno e o (*E*)-cariofileno foram altamente eficazes contra esses edemas em todos os intervalos de tempo testados. Concluindo que esse óleo essencial tem potencial terapêutico para o tratamento de doenças inflamatórias.

Rogério et al. (2009) avaliaram a atividade anti-inflamatória em alergias respiratórias e o efeito de mediador da via de redução da inflamação. Durante os ensaios que duraram 22 dias, camundongos receberam doses diárias de (*E*)-cariofileno e α -humuleno na dosagem de 50 mg kg⁻¹ (de cada um dos terpenos), via oral ou α -humuleno (50 mg mL⁻¹ via aerosol) como dose preventiva. Observaram que o α -humuleno revelou ação anti-inflamatória eficiente nas vias respiratórias.

Não foram observados níveis significativos de toxicidade aguda nos extratos ou nas substâncias isoladas nem por via oral nem tópica nos trabalhos revisados sobre farmacologia de *V. curassavica* em animais de laboratório (PASSOS et al., 2007; CARVALHO JR. et al., 2004).

3.4. *Lippia origanoides* Kunth.

Lippia origanoides Kunth. (Verbenaceae) tem como sinônimo *Lippia sidoides* Cham. Popularmente conhecida como “alecrim pimenta”, é um arbusto encontrado no sertão nordestino, principalmente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte (COSTA et al., 2002).

O extrato de suas partes aéreas é empregado como antisséptico para uso geral em pele, boca, gengiva, garganta e nariz (MATOS et al., 1999). O seu óleo essencial possui atividade antimicrobiana e ação contra fungos e bactérias (Gram-positivas e Gram-negativas). Também possui ação anti-inflamatória, larvicida e acaricida. Trabalhos em que foram comprovadas essas atividades serão descritos mais adiante.

Assim como a espécie *V. curassavica*, *L. origanoides* também consta na lista de plantas de interesse ao SUS (RENISUS) e tem despertado o interesse de pesquisadores que estudam sua composição química e propriedades farmacológicas.

Nas análises de óleos essenciais extraídos de partes aéreas de *L. origanoides* foram identificados monoterpenos e sesquiterpeno, tais como o timol, carvacrol, α -terpineno, *p*-cimeno, β -mirceno, 1,8-cineol e β -cariofileno (VERAS et al., 2012; FONTENELLE et al., 2007; BOTELHO et al., 2007).

A composição química do óleo essencial de *L. origanoides* e a atividade antibiótica do timol e de seus compostos voláteis foram avaliadas por Veras et al. (2012). Os principais constituintes identificados foram: timol (84,9%) e *p*-cimeno (5,33%). Não houve diferenças estatísticas entre a atividade do óleo essencial e do timol puro contra *Pseudomonas aeruginosa*, indicando que este seja o constituinte químico do óleo responsável por tal atividade. No entanto, o óleo foi mais eficaz quando comparado com o timol contra *Staphylococcus aureus*. Os resultados obtidos neste estudo sugerem que os componentes voláteis do óleo essencial de *L. origanoides* e seu principal componente (timol)

podem suprimir o crescimento de agentes patogénicos bacterianos de infecções respiratórias, como a fibrose cística, podendo atuar como adjuvante no tratamento do paciente.

Botelho et al. (2007) ao avaliarem a composição e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *L. origanoides* identificaram 12 compostos, sendo os constituintes majoritários: timol (56,7%) e carvacrol (16,7%), e os minoritários: *p*-cimeno (7,1%), β -mirceno (0,86%), α -terpineno (1,1%). Observaram que o timol e o carvacrol exibiram potente atividade antimicrobiana contra vários microorganismos com concentrações inibitórias mínimas que variam 0,625 - 10,0 mg mL⁻¹, sendo os microrganismos mais sensíveis *Candida albicans* e *Streptococcus mutans*. Concluíram que o óleo essencial dessa espécie e seus componentes majoritários exercem efeitos antimicrobianos promissores contra patógenos orais e sugeriram seu potencial para combater o crescimento microbiano oral.

Fontenelle et al. (2007) determinaram os constituintes do óleo essencial de *L. origanoides* e avaliaram a sua atividade antifúngica contra *Candida spp.* e *Microsporium canis*. Observaram que o óleo essencial foi eficaz contra todas as cepas testadas e identificaram como seus constituintes principais o timol (59,65%), (*E*)-cariofileno (10,60%) e *p*-cimeno (9,08%). Observaram também que a administração aguda do óleo essencial de até 3 g kg⁻¹ por via oral a ratos era desprovida de toxicidade evidente não induzindo quaisquer alterações bioquímicas histopatológicas, hematológicas ou soro significativas. Conclui-se, portanto, que o óleo essencial de *L. origanoides* pode ser fonte promissora na busca de novas drogas antifúngicas devido à sua eficácia e baixa toxicidade.

A atividade *in vitro* do óleo essencial de *L. origanoides* e de seus principais constituintes químicos no crescimento micelial e na quantidade de esporos produzidos por *Thielaviopsis paradoxa* foram estudados por Laranjeira et al. (2013). Esses pesquisadores identificaram que esse óleo continha 42,33% de timol e 4,56%, carvacrol. O crescimento micelial e um número de esporos desse agente patogênico foram inibidos pelo óleo essencial dessa espécie medicinal em todas as concentrações testadas (0,2; 0,5; 1,0; 3,0 μ L mL⁻¹). O crescimento micelial e produção de esporos de *T. paradoxa* foram completamente inibidos pelo timol numa concentração de 0,3 mL m⁻¹. No

entanto, mesmo em altas concentrações no óleo, o carvacrol (4,56%), *p*-cimeno (11,97%), 1,8-cineol (3,8%), α -terpineno (5,44%) e β -cariofileno (11,03%) foram incapazes de controlar o agente patogênico *in vitro*. Dessa forma, os resultados sugerem que o timol pode potencialmente ser usado para controlar tal microorganismo.

Botelho et al. (2009) avaliaram a eficácia do óleo essencial de *L. origanoides* aplicado duas vezes por dia durante uma semana, no tratamento de placa dentária e gengivite. As variáveis de eficácia foram a contagem de colônias de *Streptococcus mutans* da saliva e índices periodontais nos dias 0, 7 e 30 após o início da terapia. Observaram que os parâmetros clínicos e microbiológicos foram significativamente reduzidos após o tratamento. Diante do exposto, este estudo demonstrou que o óleo essencial dessa espécie é um enxaguatório bucal eficaz na redução de placa bacteriana e inflamação gengival.

A composição química do óleo essencial de *L. origanoides* assim como a sua atividade anti-inflamatória e do timol puro foram avaliadas por Veras et al. (2013). Os principais constituintes identificados foram o timol (84,9%) e *p*-cimeno (5,33%). A atividade anti-inflamatória foi avaliada utilizando ratos que apresentavam inflamação aguda no ouvido induzida por óleo de cróton, ácido araquidônico, fenol ou histamina, e inflamação crônica induzida por óleo de cróton. A aplicação dos óleos essenciais ou timol em dose de 2 mg orelha⁻¹ reduziu significativamente os edemas. No entanto, um efeito pró-inflamatório foi evidenciado quando os mesmos foram aplicados por mais de 1 dia. Não houve diferença estatística na atividade anti-inflamatória entre óleo essencial e timol, concluindo então que o timol é o componente responsável por essa atividade dos óleos essenciais provenientes dessa espécie. Dessa forma, estes resultados validam cientificamente alguns dos usos populares de *L. origanoides*.

Monteiro et al. (2007) realizaram estudos farmacológicos sobre a toxicidade aguda, inflamação tópica e lesões gástricas induzidas por etanol em ratos, testando a eficácia de óleo essencial extraído da folha de *L. origanoides*. A análise química feita por estes pesquisadores identificou o timol como principal constituinte (66,67%), seguido pelo (*E*)-cariofileno (11,73%) e *p*-

cimeno (7,13%). O rendimento de carvacrol foi de (1,81%). Concluíram que o óleo essencial extraído dessa espécie não apresentou toxicidade aguda nas doses estudadas, além de mostrar potencial como agente anti-inflamatório e gastro protetor. Supõe-se que sua atividade antioxidante pode contribuir para estas ações.

Carvalho et al. (2003) estudaram a atividade larvicida do óleo essencial de *L. origanoides* contra larvas de *Aedes aegypti*. Os resultados obtidos mostraram que o óleo essencial dessa espécie têm eficiente ação larvicida contra o mosquito *Aedes aegypti*, causando uma mortalidade quase instantânea. O timol foi identificado como sendo o princípio ativo responsável pela ação larvicida, que provoca 100% de mortalidade das larvas, na concentração mais baixa testada de 0,017% ($p v^{-1}$). Dessa forma, concluíram que esse óleo essencial é uma alternativa promissora contra as larvas do *Aedes aegypti*.

A atividade acaricida do óleo essencial de *L. origanoides* contra o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch.) foi avaliada por Cavalcanti et al. (2010). Ao analisarem a composição química do óleo, os principais componentes identificados foram o timol, carvacrol, *p*-cimeno e β -cariofileno. Observaram que tanto o óleo essencial quanto o timol e carvacrol (isolados) exibiram atividade acaricida potente contra *T. urticae*. Dessa forma, a utilização de produtos naturais pode ser considerada uma importante alternativa acaricida para controlar *T. urticae*, uma vez que possuem compostos bioativos que são biodegradáveis, não-tóxicos e potencialmente adequados para utilização como pesticidas.

3.5. *Ocimum gratissimum* L.

Ocimum gratissimum L. (Lamiaceae) popularmente conhecida com “alfavaca”, é amplamente distribuída nas regiões tropicais e de temperaturas quentes. A espécie é utilizada na medicina popular para tratar infecções do trato respiratório superior, diarreia, dor de cabeça, doenças de pele, pneumonia, além de tratamentos para tosse, febre e conjuntivite (CORRÊA, 1932; ONAJOBI, 1986).

O óleo essencial extraído dessa espécie possui, geralmente, os seguintes compostos: 1,8-cineol, eugenol, metil-eugenol, timol, *p*-cimeno, *cis*-ocimeno, *cis*-cariofileno, cinamato de metila e γ -terpineno, o que lhe confere diversas atividades no ramo da farmacologia, como antibacteriana, antifúngica, antioxidante, antidiarreica, no combate a doenças do sistema nervoso central, leishmanicida e ovicida, atividades estas que foram comprovadas em trabalhos que serão descritos posteriormente.

Assim como as duas espécies medicinais apresentadas anteriormente, a validação das propriedades terapêuticas de *O. gratissimum* faz com que esta espécie conste na relação de plantas medicinais de interesse ao SUS (RENISUS), despertando o interesse de pesquisadores e estimulando pesquisas relacionadas a sua composição química e propriedades farmacológicas.

Nakamura et al. (1999) ao avaliarem a atividade antibacteriana no óleo essencial de *O. gratissimum* observaram inibição do crescimento de *Staphylococcus aureus*, *Shigella flexneri*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella sp.*, *Proteus mirabilis* e *Pseudomonas aeruginosa*. Pereira et al. (2004) também estudaram a atividade antibacteriana do óleo essencial extraído dessa espécie e constataram a sua eficiência contra enterobactérias isoladas de infecções do trato urinário.

Propriedades antifúngicas do óleo essencial de *O. gratissimum* foram estudadas por Dubey et al. (2000). Esses pesquisadores verificaram que o cinamato de etila, composto presente nesse óleo, é ativo contra *Scopulariopsis brevicaulis*, causador de micoses na pele, contra *Cryptococcus neoformans* e contra *Malassezia pachydermatis*. Concluíram que devido a esta propriedade, ao teor relevante de cinamato de etila e a fragrância doce deste produto natural, o óleo essencial de *O. gratissimum* se apresenta como uma alternativa promissora para as áreas de dermatologia e cosmetologia.

Prakash et al. (2011) avaliaram a eficácia do óleo essencial de *O. gratissimum* como antioxidante e antimicrobiano. Os componentes majoritários do óleo foram o cinamato de metila (48,29%) e o γ -terpineno (26,08%). Esse extrato exibiu atividade antifúngica contra fungos isolados de algumas especiarias, inibiu completamente a síntese de aflatoxina B1 pelas estirpes

toxigênicas estudadas, mostrou atividade antioxidante e não apresentou toxicidade oral em ratos. Conclui-se que o óleo essencial de *O. gratissimum* pode ser recomendado como fungicida natural seguro. Com base em sua atividade antioxidante, o óleo também pode ser recomendado para melhorar a vida de prateleira de diversos produtos, reduzindo a sua biodegradação através de peroxidação.

Ao realizar testes em que o óleo essencial de *O. gratissimum* foi incluído na dieta de suínos, Silva et al. (2012a) observaram que esse óleo apresenta um efeito positivo no controle da diarreia. Em 1996, as potencialidades do extrato dessa planta para o tratamento de doenças diarreicas já tinham sido discutidas. Ilori et al. (1996), ao avaliar a atividades antidiarreica de *O. gratissimum*, concluíram que esses extratos foram ativos contra *Aeromonas sobria*, *Escherichia coli*, *Plesiomonas shigelloides*, *Salmonella typhi* e *Shigella dysenteriae*.

O. gratissimum e outras espécies do mesmo gênero também são utilizadas como medicamentos no tratamento de doenças do sistema nervoso central. Freire et al. (2006) investigaram se variações sazonais na composição do óleo essencial de *O. gratissimum* são acompanhadas por mudanças nas propriedades farmacológicas, usando procedimentos experimentais para investigar a atividade do sistema nervoso central. Observaram que os óleos essenciais obtidos em cada estação foram eficazes no aumento da duração do sono e uma preparação obtida na primavera foi capaz de proteger os animais utilizados nos testes contra crises induzidas por eletrochoque. Em todas as estações o eugenol e o 1,8-cineol foram os compostos mais abundantes. No entanto, na primavera o óleo essencial apresentou maior percentagem relativa de sesquiterpenos, sugerindo que estes compostos poderiam explicar as diferenças observadas na atividade biológica em óleos essenciais obtidos em diferentes estações do ano.

Ueda-Nakamura et al. (2006) avaliaram a atividade leishmanicida do óleo essencial de *O. gratissimum*, bem como do seu componente principal, o eugenol. Os efeitos sobre o crescimento, viabilidade e alterações ultra-estruturais de *Leishmania amazonensis* mostraram que o óleo essencial de *O. gratissimum* e o eugenol isolado podem ser utilizados em estudos para o

desenvolvimento de novas terapias com fármacos para a leishmaniose. Ressalta-se que não foi observada toxicidade sobre células de mamíferos, indicando que essa alternativa é promissora.

A atividade ovicida do óleo essencial de *O. gratissimum* e do eugenol, foi avaliada contra *Haemonchus contortus*, parasita gastrointestinal de ruminantes (PESSOA et al., 2002). O óleo essencial extraído apresentou 14 componentes sendo que os constituintes majoritários foram o eugenol (43,7%) e o 1,8-cineol (32,71%). Tanto o óleo essencial quanto o eugenol promoveram a inibição da eclosão dos ovos.

3.6. Secagem

A pós-colheita de espécies medicinais consiste em um conjunto de procedimentos realizados com o objetivo de preservar a qualidade do produto e aumentar seu período de conservação. Nesse contexto, a etapa de secagem apresenta significativa importância a fim de alcançar tais objetivos.

O teor de água das folhas colhidas geralmente é alto, aproximadamente, 75% b.u. para a *Varrona curassavica* Jacq., 66% b.u. para a *Lippia organoides* Kunth. e 78% b.u. para a *Ocimum gratissimum* L. (GONELI et al., 2014; BORGES et al., 2012; RADÜNZ et al., 2002). Para evitar a degradação dos princípios ativos, mantendo sua qualidade, é necessário reduzir o conteúdo de água das folhas. Dessa forma, o processo de secagem se apresenta como uma etapa da pós-colheita de fundamental importância para o armazenamento, conservação e posterior utilização dessas espécies medicinais pela indústria, devendo ser realizado imediatamente após a colheita (LORENZI e MATOS, 2008; SCHEFFER et al., 2006; SOYSAL e ÖZTEKIN, 1999).

O tempo de secagem das folhas depende da temperatura e velocidade do ar de secagem e da umidade relativa. Quanto maior for a temperatura do ar mais rápida é a secagem. No entanto, a temperatura do ar de secagem deve ser determinada de acordo com a sensibilidade dos princípios ativos de cada espécie, os quais determinam a qualidade do óleo essencial. Dessa forma, na secagem de espécies medicinais, os limites superiores de temperatura do ar de secagem são pré-estabelecidos em função da sensibilidade dos princípios ativos presentes nas plantas e das estruturas onde se encontram

armazenados, uma vez que a temperatura do produto aumenta durante a secagem, aproximando-se daquela na qual o processo é realizado (MARTINAZZO, 2006).

Por outro lado, processos que utilizam baixas temperaturas podem ser muito lentos e apresentarem condições favoráveis ao aparecimento de microrganismos indesejáveis (SILVA e CASALI, 2000; VON HERTWIG, 1986).

Trabalhos em que foram realizados ensaios de secagem de folhas de *V. curassavica* relatam a utilização de temperaturas variando entre 45 e 60 °C (PARISOTTO et al., 2012; RODRIGUES et al., 2011; FREITAS ROLDÃO et al., 2008). No entanto, Ribeiro e Diniz (2008) afirmam que a temperatura ideal de secagem para essa planta é entre 40 e 55 °C. Orellana (2014) ao avaliar o efeito da temperatura do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C) na quantidade e composição do óleo essencial de *V. curassavica* concluiu que o teor de óleo essencial foi afetado pela temperatura do ar de secagem e a maior concentração de α -humuleno foi encontrada no óleo obtido da folha seca a 40 °C.

Trabalhos em que foram realizados ensaios de secagem de *L. origanoides* relatam a utilização de temperaturas em torno de 60 °C (MELO et al., 2011; FIGUEIREDO et al., 2009). Radünz et al. (2002) ao avaliarem o efeito da temperatura do ar de secagem (ambiente, 40, 50, 60 e 70 °C) no rendimento extrativo de óleo essencial dessa espécie verificaram que a temperatura de 70 °C apresentou melhor resultado, pois promoveu um menor tempo de secagem sem afetar estatisticamente o rendimento de óleo essencial. Entretanto, nessa temperatura houve decréscimo para os valores de carvacrol, enquanto que o percentual de timol não sofreu variação nas temperaturas empregadas.

Trabalhos em que foram realizados ensaios de secagem de *O. gratissimum* relatam a utilização de temperaturas que variam de 30 a 60 °C (SANTANA et al., 2014; LUZ et al., 2009; MARTINS et al., 2008). SANTANA et al. (2014) ao analisarem o efeito das diferentes temperaturas de secagem no teor do óleo essencial de *O. gratissimum* e em sua composição química, concluíram que as folhas dessa espécie podem ser secas até 50 °C sem alterar significativamente o conteúdo e a composição do óleo essencial.

Existem estudos que concluíram que o tempo de secagem, a velocidade do ar e o método de secagem também afetam os princípios ativos dos óleos essenciais (ROSADO et al., 2011; LUZ et al., 2009; SOARES et al., 2007). No entanto, o efeito da temperatura domina os trabalhos em que se estudaram a secagem de plantas medicinais.

Luz et al. (2009) ao avaliarem a influência do tempo de secagem de folhas de *O. gratissimum* nas características de seu óleo essencial observaram que a medida em que se aumentou o período de secagem o teor de eugenol, seu constituinte majoritário e produto de maior interesse na indústria, diminuiu. Portanto as folhas dessa planta deveriam ser secas o mais rápido possível para evitar perdas do eugenol.

A influência da velocidade do ar (0,9 e 1,9 m s⁻¹) na secagem de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) foi estudada por Soares et al. (2007). Com relação ao teor de óleo essencial e de linalol observaram que a composição química foi afetada pela velocidade do ar de secagem. Para as condições do experimento realizado, recomenda-se que a velocidade do ar para secagem de manjeriço, visando obter maior teor de óleo essencial e a maior concentração de linalol, seja de 1,9 m s⁻¹.

Rosado et al. (2011) ao estudarem a influência de dois métodos de secagem (estufa de ventilação forçada a 38 °C e sala com desumidificador), sobre o teor e composição química do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e Szumny et al. (2010) ao avaliarem a influência do método de secagem (secagem convectiva e secagem a vácuo por microondas) nos compostos voláteis de *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) observaram que o tipo de secagem influenciou no teor e na composição química do óleo essencial dessas plantas.

3.7. Bomba de calor

O uso de bomba de calor como fonte de aquecimento na secagem é uma alternativa promissora por apresentar diversas vantagens: promove um ambiente de secagem controlável (temperatura e umidade relativa), graças ao uso de baixas temperaturas, fornece produtos de melhor qualidade, tem baixo

consumo de energia e reduz o tempo de secagem (PATEL e KAR, 2012; DAGHIGH et al., 2010; OMER, 2008).

A bomba de calor promove a desumidificação do ar de secagem, reduzindo, conseqüentemente, sua pressão de vapor. Dessa forma, apresenta a vantagem de permitir a utilização de valores de temperatura abaixo daqueles normalmente empregados nos secadores existentes. Como exposto anteriormente, o uso de elevadas temperaturas pode ter efeito negativo sobre o teor e a composição química dos óleos essenciais provenientes de espécies medicinais.

Em outras palavras, quando se trata de plantas produtoras de óleos essenciais, os secadores convencionais, em que se utilizam temperaturas elevadas no processo de secagem, levam desvantagem em relação à bomba de calor, por esta secar com temperaturas baixas e preservar melhor seus princípios ativos (baixa umidade relativa do ar de secagem).

Os principais componentes de um sistema de bomba de calor são: compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador. O fluido de refrigeração evapora-se a baixa pressão no evaporador, devido à absorção do calor latente de vaporização do fluido circundante, produzindo o resfriamento. O refrigerante no estado de vapor e frio ingressa num compressor, onde eleva a sua pressão e temperatura, para passar pelo condensador liberando o calor para o fluido circundante através dos dutos do condensador. O refrigerante condensado é finalmente expandido através da válvula de expansão, para reduzir a sua pressão e temperatura tendo-se um resfriamento para permitir que o ciclo continue novamente. Dessa forma, a bomba de calor é utilizada com o objetivo de estabelecer a maior diferença entre a pressão de vapor do produto e do ar de secagem (PATEL e KAR, 2012; COLAK e HEPBASLI, 2009).

No sistema de secagem com bomba de calor têm-se duas variáveis de interesse controladas: a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem. Estas variáveis controladas podem ter seus valores modificados através da atuação em duas variáveis manipuladas: a velocidade do ventilador e a velocidade do motor do compressor, garantindo a qualidade do produto, especialmente produtos agrícolas, em que podemos incluir as plantas

produtoras de óleos essenciais (NICÁCIO et al., 2015; GOH et al., 2011). Pesquisadores concordam que secadores de bomba de calor ajudam a melhorar a qualidade da secagem e a produzir uma gama de condições precisas (SOSLE et al., 2003; ADAPA et al., 2002).

Chua et al. (2000) demonstraram que a secagem com utilização de bomba de calor pode melhorar a qualidade dos produtos agrícolas. Mostrou-se que com a escolha apropriada de variação de temperatura/tempo, é possível reduzir a mudança de cor e a degradação de ácido ascórbico de alguns produtos em até 87% e 20%, respectivamente.

A facilidade operacional, que também se apresenta como vantagem da utilização da bomba de calor, é conseqüência da possibilidade de melhor controle da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem, já que as transferências de energia do fluido refrigerante com o ar no condensador e no evaporador permanecem quase inalteradas (SANTOS, 2007).

A utilização de bomba de calor na secagem apresenta reconhecido potencial de economia de energia. Utilizando um secador de bomba de calor, tanto o calor latente quanto o calor sensível pode ser recuperado, melhorando assim o rendimento térmico global (SARKAR et al., 2006). Cerca de 40% de economia de energia foram relatados usando secadores de bomba de calor, em comparação com secadores de resistência elétrica quando operam na mesma temperatura (QUEIROZ et al., 2004; STROMMEN et al., 2002; ROSSI et al., 1992). Sendo assim, esses secadores são uma alternativa para superar o problema do elevado consumo de energia dos secadores convencionais (SCHMIDT et al., 1998). Barcelos (1986) ao avaliar a viabilidade econômica para aplicação de bomba de calor na secagem de grãos concluiu que esse sistema é mais eficiente que secadores elétricos e à lenha.

Karabacak e Atalay (2010) ao estudarem o efeito da secagem com bomba de calor e da secagem natural (secagem solar) no tempo de secagem e consumo de energia observaram que o desempenho de secagem com bomba de calor foi melhor em termos de tempo de secagem e consumo de energia e ressaltaram que o custo inicial de um sistema de bomba de calor é geralmente mais elevado que o custo inicial da secagem natural. No entanto, o sistema de bomba de calor apresenta grandes vantagens para os produtos,

tais como a secagem com velocidade mais rápida, menos influência por fatores ambientais (chuva, poeira, insetos) e menos dependência das condições externas.

Em 2013, pesquisadores da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp desenvolveram uma câmara de secagem de pequeno porte que pode ser usada para secagem de ervas e especiarias termosensíveis, sem prejudicar a qualidade final dos produtos secos. A invenção, baseada em uma bomba de calor, produziu ar a baixas temperaturas e pressão de vapor de água. Na secagem de hortelã, produto escolhido para os ensaios, o equipamento apresentou bom desempenho, mostrando pouca diferença na coloração em relação a amostra *in natura*. O tempo de secagem foi de aproximadamente 4 h, quando se atingiu o teor de umidade desejado, em torno de 6% b.u. O consumo energético do equipamento no período do ensaio ficou em torno de 2 kWh para uma quantidade de 25 g de matéria seca. Relacionando a eficiência com a qualidade dos produtos secos produzidos com seu uso (FALQUETTO, 2013; INOVA-UNICAMP, 2015).

Análises econômicas realizadas comparando um secador utilizando bomba de calor e um secador com resistência elétrica, para aquecer o ar de secagem, revelaram que o secador com bomba de calor teve o menor custo operacional (PRASERTSAN e SAEN-SABY, 1998). No entanto, ainda é um processo de consumo de energia elevado. A necessidade de manutenção regular, a possibilidade de vazamento da refrigeração e o custo de capital mais elevado também estão entre as desvantagens da utilização da secagem com bomba de calor quando esta é comparada com os métodos convencionais de secagem (PATEL e KAR, 2012).

3.8. Ultrassom

A taxa de secagem de produtos agrícolas é limitada pela difusão de água interna. O aumento da temperatura do ar de secagem diminui o tempo de secagem das espécies medicinais, porém, isso pode causar perda na qualidade fitoquímica do óleo essencial extraído, além de apresentar maior demanda de energia. Portanto, a busca de novas técnicas que permitam melhorar a mobilidade de água durante a secagem constitui um tema

significativamente relevante. Nesse contexto, o ultrassom se apresenta como alternativa promissora.

Nos equipamentos de ultrassom os transdutores são responsáveis por converter a energia elétrica ou mecânica em energia sonora não audível (frequência acima de 16 kHz). O efeito da aplicação das ondas ultrassônicas depende do meio utilizado para o tratamento (líquido, gás ou fase supercrítica), da temperatura, da potência, da frequência, do tempo de exposição, da estrutura e da porosidade do produto (SLEDZ et al, 2015a; CÁRCEL et al., 2012).

O tratamento com ultrassom pode causar uma rápida compressão e expansão celular nas folhas das plantas, de forma similar a uma sanfona quando se fecha e abre. As forças induzidas por este mecanismo podem ser maiores que a tensão superficial que mantém a água dentro dos capilares da planta. Esse efeito também pode ser responsável pela formação de microcanais que podem facilitar a remoção da água (FUENTE-BLANCO et al., 2006; TARLELON e WAKEMAN, 1998). Estes microcanais foram relatados pela primeira vez por Fernandes et al. (2008) em micrografias do tecido de melão após serem submetidos à aplicação de ultrassom.

As ondas ultrassônicas também provocam a cavitação (colapso da bolha) que é capaz de gerar ondas de choque que se propagam radialmente para fora a partir do ponto de colapso no fluido circundante. Durante o colapso das bolhas ocorrem ondas de choque de pressão e transmissão acústica. Transmissão acústica é a propagação de perturbações no fluido causada pelas oscilações induzidas pelas bolhas formadas pelo ultrassom. Esse fenômeno ocorre na água, dentro ou fora das células do produto, resultando em rompimento do tecido e da consequente formação de microcanais, facilitando a evaporação durante o processo de secagem (MIANO et al, 2016; CHEMAT et al, 2011).

Valores de frequência entre 16 e 100 kHz proporcionam a formação de bolhas grandes, seguido por intenso colapso de bolhas, muitas vezes resultando em alterações físicas extremamente fortes nos produtos. Entre 100 a 1000 kHz geram bolhas menores e as frequências acima de 1 MHz produzem bolhas menores ainda, consequentemente, seus efeitos

cavitacionais são mais fracos. Portanto, a intensidade de colapso da bolha (quantidade de energia liberada) e o tamanho máximo da bolha antes do colapso são inversamente proporcionais à frequência aplicada. (LEONG et al., 2016; FREITAS et al., 2011; LEONG et al., 2011; O'DONNELL et al., 2010).

Portanto, as ondas ultrassônicas são capazes de acelerar os processos de transferência de massa nas plantas sem alterar suas características principais de qualidade. Desta maneira é possível reduzir o teor de água sem aumentar significativamente a temperatura de secagem do produto. Esta é uma das vantagens dessa técnica e principal razão de sua utilização (O'DONNELL et al., 2010; RIERA et al., 2004; SUSLICK, 1989).

Ao mesmo tempo, a aplicação prévia de ultrassom apresenta outra vantagem extremamente relevante, ao facilitar a remoção de água, ela também permite reduzir o tempo de secagem, o que pode implicar em economia de energia, aumentando a eficiência do processo e provocando a redução de custos (AZOULBEL et al., 2010).

A cinética de secagem de manga avaliando a utilização do pré-tratamento de ultrassom (banho a 30 °C e frequência de 25 kHz por 10, 20 e 30 min) foi estudada por Azoubel et al. (2010), que observaram que as difusividades efetivas aumentaram com a aplicação do ultrassom.

Silva (2012b), ao avaliar os efeitos do ultrassom como pré-tratamento ao processo de secagem de abacaxi, observou que a fruta que sofreu ação do ultrassom apresentou maior valor para perda de água e difusividade efetiva. Nessa condição a difusividade do abacaxi aumentou 2,8 vezes, quando comparado ao abacaxi sem pré-tratamento (*in natura*), levando a uma redução de 49,66% do tempo necessário para remover 90% da água inicial dessa fruta.

Sledz et al. (2014) avaliaram o efeito de diferentes tempos (20 ou 30 min) e frequências (21 e 35 kHz) do pré-tratamento de ultrassom sobre a cinética de secagem e os parâmetros qualitativos de folhas de salsa secadas em microondas convectivo. A frequência de 21 kHz foi recomendada como pré-tratamento de secagem para folhas de salsa em função da redução no tempo de secagem (47-52%), da preservação do conteúdo fenólico e da manutenção da cor.

As únicas desvantagens da aplicação prévia de ultrassom no processo de secagem de plantas medicinais se referem aos custos iniciais do equipamento responsável pelo banho de ondas ultrassônicas (já que isto pode ser preocupante para as pequenas indústrias) e à possibilidade do tratamento excessivo romper as estruturas armazenadoras liberando seu conteúdo. Deve-se ressaltar que, se aplicado de forma adequada, possíveis melhorias no teor e qualidade dos óleos essenciais e a redução da energia gasta na secagem podem justificar o custo inicial.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Cada uma das espécies medicinais estudadas (*Varronia curassavica* Jacq., *Lippia organoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L.) foram submetidas a sete tempos de pré-tratamento de ultrassom (0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 minutos), totalizando 63 observações, 21 observações por planta.

4.2. Material vegetal

Varronia curassavica Jacq. (exsicata: PAMG 57973) foi cultivada em sistema orgânico na fazenda experimental da EPAMIG, localizada em Oratórios-MG (FEVP/EPAMIG). *Ocimum gratissimum* L. (exsicata: PAMG 57974) e *Lippia organoides* Kunth. (exsicata: PAMG 57975) foram cultivados também em sistema orgânico, porém em área experimental localizada no departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. As espécies medicinais estudadas foram identificadas pela botânica Andréia Fonseca Silva e depositadas no Herbário PAMG/EPAMIG. Apresentam-se, na Figura 1, ilustrações das três espécies estudadas.



Figura 1- A)- *Varronia curassavica* Jacq., B)- *Lippia origanoides* Kunth. e C)- *Ocimum gratissimum* L. cultivadas em sistema orgânico. (Fonte: Michelle Izolina Lopes de Souza).

4.2.1. Coleta e seleção do material vegetal

A fim de minimizar o período de armazenamento das folhas utilizadas nos experimentos, as coletas foram realizadas em três etapas, em que cada etapa correspondeu à coleta de uma espécie. Todas as coletas foram realizadas no mês de abril, no horário compreendido entre 7:00 e 8:30 horas. Na sequência, o material vegetal foi colocado em embalagens de polietileno e armazenado em B.O.D. à 5 °C até as etapas seguintes do experimento.

As folhas foram selecionadas antes do pré-tratamento de ultrassom, retirando-se as partes danificadas, doentes e qualquer material estranho que pudesse estar presente. Em seguida o material foi homogeneizado.

4.3. Determinação do teor de água

Para a determinação do teor de água para as plantas medicinais, optou-se pela metodologia recomendada pela ASAE STANDARDS (ASAE, 2000) para forrageiras e similares (plantas ou folhas). Dessa forma, foram realizadas três repetições em que 25 g de amostra foram acondicionadas em estufa com circulação forçada do ar à 103±2 °C por 24 h.

4.4. Pré-tratamento de ultrassom

O pré-tratamento de ultrassom foi realizado em banho da marca Elma^R modelo P180H, contendo água com capacidade útil de 20,6 L, 37 kHz de frequência, 800 W de potência (que corresponde a intensidade de 4 W por grama de material, 0,038 W g⁻¹ quando considerado a massa total do material e

o meio) e 30 °C de temperatura (Figura 2). Em cada tratamento, 200 g de folhas frescas foram colocadas no cesto que compõe o equipamento, cobertas por uma tampa de metal, a fim de proporcionar a imersão total em água. A proporção, em massa, do material na água era de aproximadamente 1:100. Durante o pré-tratamento a temperatura da água aumentou no máximo 2 °C.

Após o pré-tratamento o cesto contendo as folhas foi colocado sobre papel toalha absorvente para remover o excesso de água. As folhas do tratamento controle (sem pré-tratamento de ultrassom) também foram imersas em água a fim de apresentarem no início da secagem massa aproximadamente igual ao das folhas que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom.



Figura 2- Banho de ultrassom utilizado para realizar o pré-tratamento nas amostras de folhas das três espécies medicinais avaliadas. (Fonte: Michelle Izolina Lopes de Souza).

4.5. 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.

Após o pré-tratamento com ultrassom, amostras contendo 200 g de folhas frescas inteiras foram dispostas em um secador (Figura 3) formando uma camada de aproximadamente 4 cm, com temperatura e velocidade do ar de secagem controladas, respectivamente 40 °C e 0,8 m s⁻¹. Uma bomba de calor acoplada ao secador foi utilizada como fonte de aquecimento.

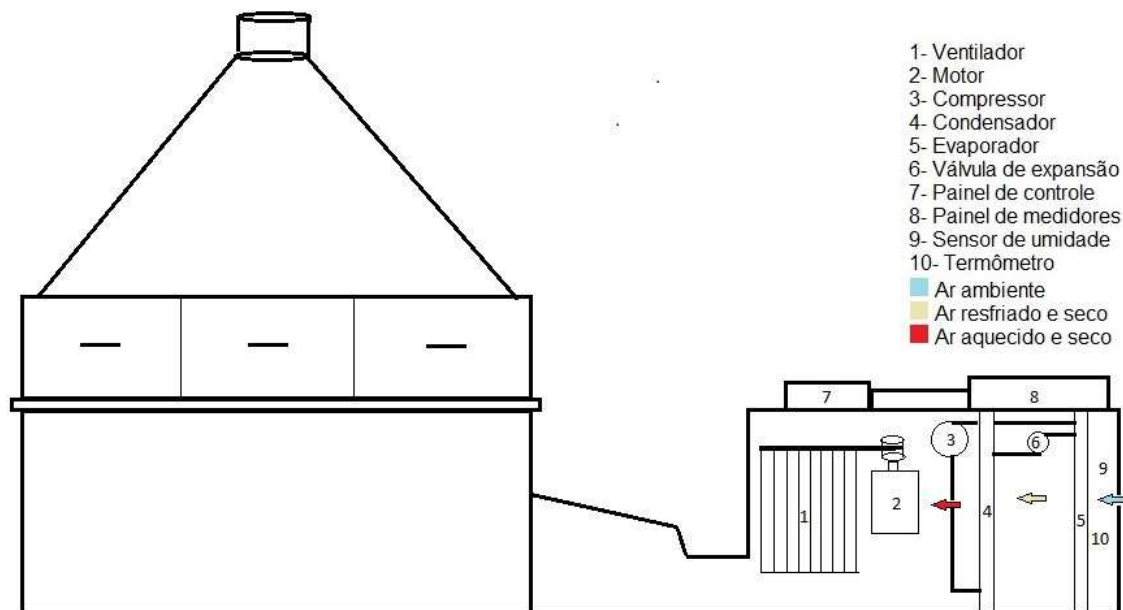


Figura 3 – Secador utilizado na secagem das espécies medicinais.

A medição da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem e do ar ambiente foram realizadas por meio de um sensor termopar tipo T e DHT11, respectivamente. Tais sensores estão acoplados a um Sistema Automático de Aquisição de Dados (SAAD), desenvolvido por Nicacio (2010) e adaptado por Gonzaga (2015). Ao SAAD também está conectado um sensor, anemômetro de fio quente, marca Omega, modelo FMA-900 SERIES Air Velocity Transducers.

Durante a secagem foram realizadas pesagens de 15 em 15 min a fim de acompanhar a redução do teor de água das folhas. As folhas foram secas até atingirem o teor de água de aproximadamente 11% b.u.

Após o término da secagem as folhas secas foram acondicionadas em embalagens de polietileno (PEBD 30x40x0,10) e estas envoltas em pacotes de papel Kraft que foram identificados e armazenados à temperatura ambiente até a extração do óleo essencial.

4.6. Extração do óleo essencial

A extração do óleo essencial das três espécies estudadas foi realizada no laboratório de Plantas Medicinais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG Sudeste), em Viçosa - MG.

Realizou-se a extração dos óleos essenciais por meio de hidrodestilação, utilizando-se o aparelho de Clevenger adaptado a um balão de 2000 mL (Figura 4). No balão foram acondicionadas 50 g de folhas secas e 1000 mL de água destilada. O tempo de extração foi de 150 min, contados a partir do momento da ebulição. Este tempo foi estabelecido por meio de testes preliminares realizados no Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos - LASA, do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa.

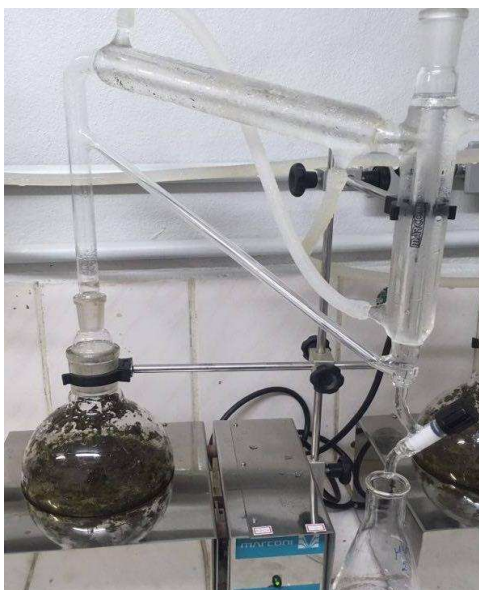


Figura 4 - Aparelho de destilação tipo Clevenger. (Fonte: Michelle Izolina Lopes de Souza).

Depois de obtido o hidrolato (mistura de água e óleo), foi feita a separação do óleo essencial, com pentano (3 x 20 mL), em funil de separação. Adicionou-se sulfato de magnésio anidro à fração orgânica obtida, a fim de retirar a água remanescente, e após alguns minutos em repouso, filtrou-se, e a fração filtrada foi concentrada em evaporador rotativo (30 °C).

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 em banho-maria à temperatura de 40 °C até evaporação total do solvente. Ao final do processo, o frasco 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.).

Após a extração, os frascos contendo o óleo essencial foram devidamente tampados e armazenados em freezer (-20 °C) para posterior análise cromatográfica.

4.7. Determinação da composição do óleo essencial

4.7.1. Análise qualitativa dos constituintes do óleo essencial

A determinação da composição química do óleo essencial das espécies medicinais estudadas foi realizada no Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos - LASA, do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com o procedimento descrito por Adams (2007).

A identificação dos constituintes do óleo essencial foi realizada em cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas (GC-MS), em equipamento Shimadzu, modelo GC 17A, com detector seletivo de massa, modelo QP 5050A - Shimadzu. Foi utilizada uma coluna cromatográfica SE54 de 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro e 0,25 µm de espessura de poro. O gás hélio foi utilizado como carreador a um fluxo de 1,8 mL min⁻¹, a razão de split utilizada foi de 1:5 e o tempo de corte do solvente de 4 min. A temperatura no injetor foi de 220 °C e de 240 °C no detector. A temperatura inicial da coluna foi mantida a 40 °C por 2 min, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada min até atingir a temperatura máxima de 240 °C, na qual foi mantida por mais 5 min. Foram detectados no espectrômetro de massas somente íons com a razão carga massa m/z entre 40 e 500.

O volume da amostra injetado foi de 1 µL, na concentração de 10.000 ppm, utilizando como solvente o diclorometano.

Na identificação dos compostos foi realizada a comparação dos espectros obtidos com os registrados no banco de dados do equipamento e avaliação dos índices de Kovats (IK) calculados e comparados com os descritos na literatura (ADAMS, 2007). Utilizou-se a Equação 1, descrita por Collins et al. (1997), para calcular o IK de cada constituinte do óleo essencial.

$$IK = 100 \times NC + 100 \times \frac{\text{Log}t'_{RX} - \text{Log}t'_{RZ}}{\text{Log}t'_{R(Z+1)} - \text{Log}t'_{RZ}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

IK = índice de Kovats (adimensional);

NC = número de carbonos do hidrocarboneto, imediatamente, anterior ao componente avaliado;

t'_{RX} = tempo de retenção do componente avaliado;

t'_{RZ} = tempo de retenção do hidrocarboneto, imediatamente, anterior ao componente avaliado;

$t'_{R(Z+1)}$ = tempo de retenção do hidrocarboneto, imediatamente, posterior ao componente avaliado.

Pode-se observar na Equação 1, para o cálculo do índice de Kovats foi necessária a injeção de uma mistura de hidrocarbonetos (C7 a C30), em que os respectivos tempos de retenção serviram de base para o cálculo do IK dos componentes dos óleos essenciais.

4.7.1. Análise quantitativa dos constituintes do óleo essencial

Os constituintes do óleo essencial foram analisados quantitativamente utilizando-se cromatógrafo a gás Shimadzu GC-17A acoplado ao detector de ionização de chama (GC-FID), utilizando-se coluna capilar de sílica fundida com fase estacionário SPB5 de 0,25 μm de espessura do poro, 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. Foi utilizado o nitrogênio como gás carreador a um fluxo de 1,8 mL min^{-1} , temperatura no injetor de 220 $^{\circ}\text{C}$ e temperatura no detector de 240 $^{\circ}\text{C}$. A temperatura inicial da coluna foi mantida a 40 $^{\circ}\text{C}$ por 4 min, sendo programada para ter acréscimos de 3 $^{\circ}\text{C}$ a cada minuto, até atingir a temperatura máxima de 240 $^{\circ}\text{C}$, na qual foi mantida por mais 3 min.

O volume da amostra injetado foi de 1 μL , na concentração de 10.000 ppm, utilizando como solvente o diclorometano. Utilizou-se o método de normalização em que o valor total das áreas dos picos foi considerado 100% e a porcentagem de cada sinal calculada por meio de sua área.

4.8. Análise estatística

Utilizou-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade para comparar as médias dos teores de óleo essencial e dos componentes químicos majoritários presentes nas folhas após os diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom, com os teores de óleo e dos componentes químicos majoritários presentes nas folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom. Utilizou-se o programa *SAEG®*, versão 9.1 para efetuar a análise estatística.

4.9. Caracterização das estruturas secretoras

As plantas foram colhidas nas primeiras horas da manhã e encaminhadas, posteriormente, ao laboratório para preparação das amostras. Em seguida, as folhas foram fixadas em solução de FAA₅₀ (Formaldeído 37%, ácido acético glacial e álcool etílico 50%) durante 24 h. Em seguida, as folhas foram estocadas em etanol 70% até a realização dos testes.

Para a caracterização das estruturas secretoras, procedeu-se o seccionamento transversal das folhas em micrótomo de mesa. Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio até perderem totalmente a coloração verde característica. Imediatamente após a clarificação, as amostras foram lavadas com água destilada por três vezes e encaminhadas para a coloração.

As amostras foram divididas em duas partes: em uma delas procedeu-se a coloração com Azul de Astra, em quantidade de 2 a 3 gotas, por 10 min. Em seguida, procedeu-se a lavagem em água e colocaram-se 2 a 3 gotas de corante Fucsina, por 10 min. Após decorrido este tempo, as amostras foram lavadas com etanol 50% até o excesso do corante sair por completo. Estes corantes foram utilizados para identificação de estruturas que não continham lipídios, sendo caracterizadas pela coloração azulada e rosada.

Uma segunda parte foi corada com Sudan III, seguindo o mesmo procedimento descrito anteriormente. Este corante reage com o conteúdo lipídico sendo caracterizado pela coloração alaranjada. Após serem coradas, as amostras foram reidratadas e montou-se as lâminas com gelatina glicerinada para análise em microscópio. As imagens foram feitas em Microscópio Modelo AX70RF, Olympus Optical, Tóquio, Japão, equipado com

sistema U-Photo acoplado à câmera digital Modelo AxiaCan, Zeizz, Gena, Alemanha.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho foi realizado em conjunto com Zotti (2016), que em sua dissertação de mestrado intitulada 'Secagem de *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L. com bomba de calor utilizando ultrassom como pré-tratamento' avaliou e discutiu a influência do pré-tratamento com ultrassom no tempo de secagem das três espécies medicinais estudadas. Dessa forma, o presente trabalho se restringirá em avaliar o efeito do pré-tratamento de ultrassom no rendimento e composição do óleo essencial obtido das folhas secas.

5.1. *Varronia curassavica* Jacq.

Os teores inicial e final de água (% b.u.) das folhas, os valores médios da velocidade (m s^{-1}) e da umidade relativa do ar de secagem (%), o tempo total da secagem e o consumo de energia para a *V. curassavica* na secagem a 40 °C, submetida aos pré-tratamentos de ultrassom por 0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 min estão apresentados na Tabela 1. A temperatura média e umidade relativa do ar ambiente foram 27,9 °C e 61%, respectivamente.

Tabela 1—Parâmetros avaliados durante a secagem de *V. curassavica*, a 40 °C.

Tempo de ultrassom (min)	Parâmetros avaliados					
	Teor inicial de água (% b. u.)	Teor final de água (% b. u.)	Velocidade do ar de secagem (m s^{-1})	UR do ar de secagem (%)	Tempo de secagem (min)	Consumo total (kWh)
0	73,8	9,8	0,8	21,2	265	14,2
3	73,8	10,0	0,8	21,0	220	11,3
5	73,8	9,9	0,8	21,4	200	10,0
10	73,8	10,3	0,8	20,7	230	12,1
15	73,8	10,6	0,8	20,5	235	13,9
20	73,8	10,3	0,8	20,4	220	11,7
30	73,8	10,4	0,8	21,5	235	12,4

Fonte: Zotti (2016).

Zotti (2016), ao utilizar o teste de Dunnett a 5% de probabilidade para comparar as médias dos tempos de secagem das folhas que foram submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom com o tempo de secagem das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, observou que os tempos de pré-tratamento de 3, 5 e 20 min resultaram em redução significativa do tempo de secagem das folhas de *V. curassavica*, em relação ao tratamento controle, e ressaltou que fatores como os teores inicial e final de água, velocidade e umidade relativa do ar de secagem provavelmente não exerceram influência na redução no tempo de secagem, já que estas condições foram muito similares em todos os ensaios. Dessa forma, associou-se ao pré-tratamento de ultrassom a diferença encontrada.

A Figura 5 apresenta os valores médios referentes aos rendimentos de óleo essencial obtidos das folhas de *V. curassavica* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com o rendimento médio controle (tempo de pré-tratamento igual a 0).

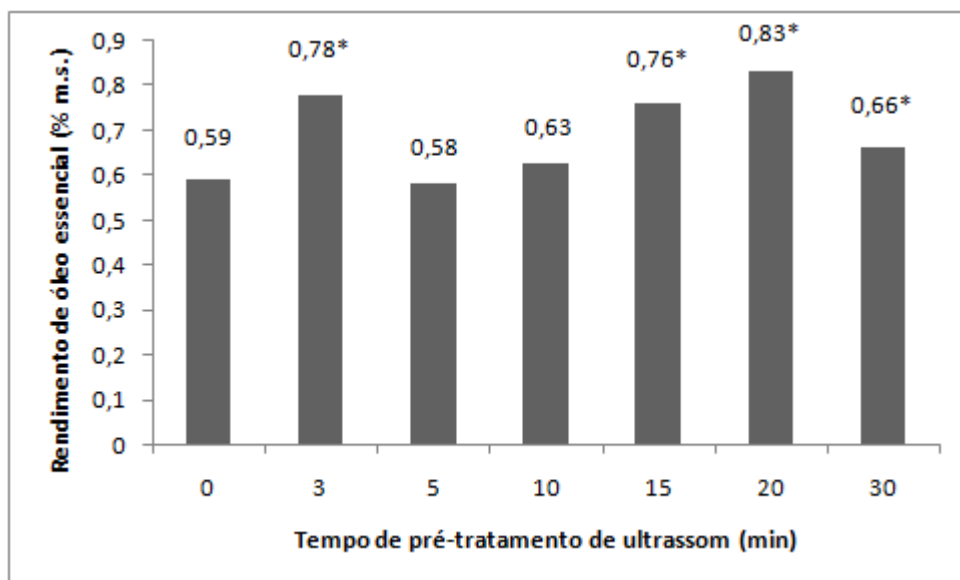


Figura 5– Rendimento de óleo essencial de *V. curassavica* após diferentes tempos de aplicação de pré-tratamento de ultrassom. *Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Os valores de rendimento de óleo essencial encontrados neste trabalho se aproximam daqueles determinados por Orellana (2014), que ao avaliar o efeito da temperatura do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C) na quantidade e

composição do óleo essencial de *V. curassavica* obteve rendimento de óleo de 0,75 (% m.s.) quando as folhas foram secadas à 40 °C.

Os tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom de 3, 15, 20 e 30 min apresentaram diferença significativa no rendimento de óleo essencial de *V. curassavica*, em relação ao controle. Para estes tempos de pré-tratamento foi observado um aumento significativo no rendimento de óleo essencial obtido.

Fernandes et al. (2008) e Fernandes et al. (2009) ao avaliarem os tecidos de melão e abacaxi submetidos à secagem a 60 °C em estufa com circulação de ar forçada com tratamento prévio em ondas ultrassônicas durante 20 e 30 min concluíram que as ondas ultrassônicas induzem mudanças nas estruturas desses frutos. Estes autores detectaram microcanais nos tecidos dos frutos e concluíram que estes eram responsáveis pelo aumento da difusividade da água. Conseqüentemente, também eram responsáveis pela redução do tempo de secagem em função do tecido do fruto oferecer menor resistência à difusão da água. Os referidos autores ainda observaram que não houve ruptura das células do fruto submetidas aos tratamentos com ultrassom.

Sledz et al. (2015b) investigaram a influência do ultrassom na cinética de secagem, difusividade de água, teor de fenólicos totais, atividade antioxidante e microestrutura de folhas de manjeriço. O pré-tratamento de ultrassom foi realizado a 21 e 35 kHz, por 20 e 30 min. Observou-se que a aplicação de ultrassom reduziu significativamente o tempo de secagem e modificou a microestrutura da folha de manjeriço, que apresentou espaços celulares maiores e alongados. No entanto, o pré-tratamento não alterou a atividade antioxidante e resultou em maior conteúdo de fenóis.

A fim de conhecer a estrutura das folhas de *V. curassavica* e levantar hipóteses que expliquem o resultado do pré-tratamento de ultrassom realizou-se a caracterização das estruturas secretoras dessa espécie medicinal (Figura 6). Observou-se que as folhas de *V. curassavica* apresentam tricomas glandulares nas duas faces, com maior densidade na face inferior. A secreção de tricomas globulares consiste, principalmente, de óleos essenciais, enquanto a secreção de tricomas reniforme consiste, basicamente, de compostos fenólicos, tais como os flavonóides (VENTRELLA e MARINHO, 2008).

Observou-se também a presença de óleo essencial no mesofilo dessa espécie (Figura 6-F).

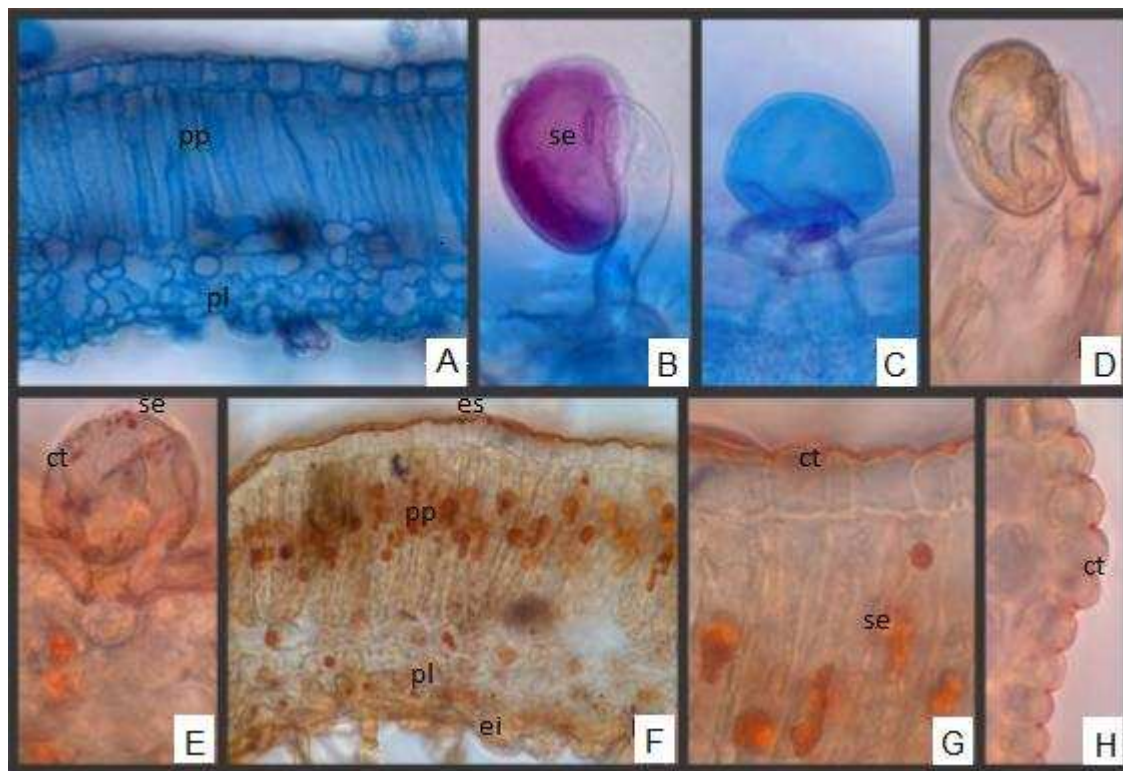


Figura 6- Seções transversais de folha de *V. curassavica* frescas e que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom. A-C, material corado com azul de astra e safranina; coloração rosada indica presença de compostos fenólicos. D-H, material corado com sudan III; coloração avermelhada indica presença de lipídios. Ct, cutícula; ei, epiderme inferior; es, epiderme superior; pl, parênquima lacunoso; pp, parênquima paliçádico; se, secreção. (Fonte: Marília Contin Ventrella).

Diante do exposto, apesar da folha de *V. curassavica* ser relativamente endurecida (características xeromórficas) é provável que o pré-tratamento de ultrassom foi capaz de modificar sua estrutura a ponto de formar microcanais responsáveis pela redução do tempo de secagem. No entanto, o pré-tratamento não danificou os tricomas globulares, principais células armazenadoras de óleo dessa espécie (VENTRELLA e MARINHO, 2008), de forma que ao manter o óleo dentro destas estruturas durante o processo de secagem ocorreu uma preservação do mesmo já que este é constituído de compostos significativamente voláteis.

Na Figura 7 é apresentado apenas um cromatograma para exemplificação, tendo em vista que não foi observada nenhuma variação nos constituintes químicos do óleo essencial extraído das folhas de *V. curassavica* que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom e do óleo essencial extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento, variando-se apenas as concentrações.

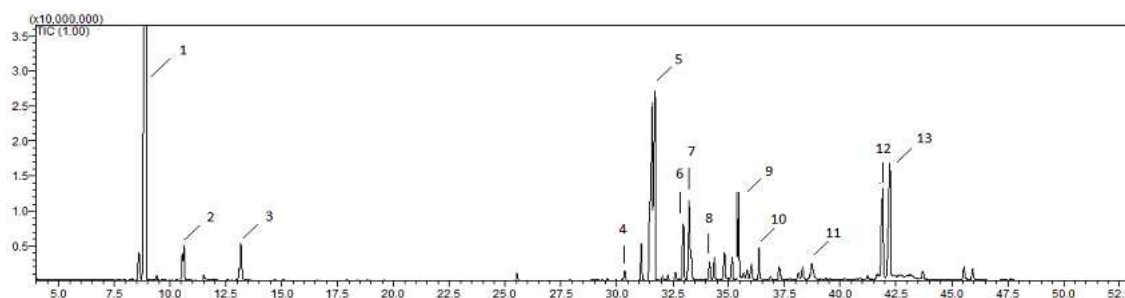


Figura 7- Cromatograma dos constituintes principais do óleo essencial de *V. curassavica*.

A Tabela 2 apresenta os constituintes químicos majoritários do óleo essencial extraído das folhas de *V. curassavica* submetidas aos diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom.

Tabela 2- Constituintes químicos majoritários do óleo essencial extraído de folhas de *V. curassavica* submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom e secadas à 40 °C.

Pico	Composto	IK ^C	IK*	Tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom (min)						
				0	3	5	10	15	20	30
				Composição relativa (%)						
1	α-pineno	933	932	20,50±4,08	30,70±3,63	28,43±2,65	29,80±2,55	23,91±3,76	24,53±1,98	32,98±3,40
2	β-pineno	972	974	0,83±0,26	1,30±0,45	1,22±0,32	1,19±0,28	1,33±0,22	0,79±0,09	1,12±0,16
3	1,8-cineol	1024	1026	1,66±0,24	1,67±0,31	1,76±0,28	2,95±0,35	1,52±0,16	1,96±0,54	2,15±0,30
4	β-elemeno	1388	1389	1,47±0,15	1,38±0,20	1,19±0,12	1,13±0,11	0,88±0,09	1,07±0,13	1,09±0,15
5	(E)-cariofileno	1416	1417	27,98±2,75	20,99±3,22	22,86±1,26	17,29±0,98	23,37±2,01	18,95±1,66	20,34±1,03
6	α-humuleno	1451	1452	3,43±0,40	3,50±0,36	4,07±0,27	2,44±0,29	4,56±0,22	2,97±0,31	2,72±0,20
7	β-santaleno	1456	1457	2,99±0,19	3,22±0,23	3,07±0,19	2,78±0,09	3,41±0,08	2,71±0,16	2,37±0,27
8	Germacreno-D	1483	1484	1,76±0,30	1,20±0,11	1,09±0,08	1,38±0,21	1,45±0,24	1,05±0,18	1,19±0,20
9	β-bisaboleno	1503	1505	5,01±0,39	4,30±0,28	3,52±0,38	4,15±0,17	4,45±0,29	4,55±0,17	3,49±0,21
10	δ-cadineno	1520	1522	1,28±0,23	1,41±0,38	1,31±0,32	1,53±0,37	1,30±0,20	1,38±0,12	1,34±0,23
11	Óxido de cariofileno	1580	1582	2,18±0,21	2,31±0,45	2,09±0,27	2,18±0,19	2,12±0,34	2,34±0,29	2,05±0,30
12	Acetato de Z-α-bergamotol	1792	1794	2,87±0,38	2,79±0,29	2,64±0,28	2,42±0,42	3,25±0,67	3,14±0,36	2,47±0,45
13	Santalol	1803	1805	4,84±0,61	5,02±0,42	4,56±0,26	5,62±0,76	5,29±0,41	5,23±0,62	4,67±0,18
Total identificado (%)				76,80	79,79	77,81	74,86	76,84	70,67	77,98

IK^C = Índice de Kovats calculado.

IK* = Índice de Kovats citado na literatura (ADAMS, 2007).

O componente majoritário no óleo essencial, extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, foi o (*E*)-cariofileno, representando, em média, 27,98% do total (Tabela 2), seguido do α -pineno com, em média, 20,50%. O α -humuleno, designado como principal marcador químico do óleo dessa espécie, apresentou um teor médio de 3,43%.

O α -pineno e o (*E*)-cariofileno também estiveram presentes em concentrações majoritárias nos óleos extraídos das folhas que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom (Tabela 2).

A Tabelas 3 e 4 apresentam os valores médios das concentrações (%) dos constituintes químicos majoritários do óleo essencial obtido das folhas de *V. curassavica* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom. Os valores foram comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído de folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom (tempo de pré-tratamento igual a 0).

Tabela 3- Valores médios das concentrações (%) de α -pineno, (*E*)-cariofileno, α -humuleno presentes no óleo essencial extraído de folhas de *V. curassavica* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom (tempo de pré-tratamento igual a 0).

Tempo de aplicação de ultrassom (min)	α -pineno	(<i>E</i>)-cariofileno	α -humuleno
0	20,50	27,98	3,43
3	30,70*	20,99*	3,50
5	28,43*	22,86*	4,07
10	29,80*	17,29*	2,44
15	23,91	23,37*	4,56
20	24,53*	18,95*	2,97
30	32,98*	20,34*	2,72

*Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Tabela 4- Valores médios das concentrações (%) de β -santaleno, β -bisaboleno e santalol presentes no óleo essencial extraído de folhas de *V. curassavica* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom (tempo de pré-tratamento igual a 0).

Tempo de aplicação de ultrassom (min)	β -santaleno	β -bisaboleno	Santalol
0	2,99	5,01	4,84
3	3,22	4,30	5,02
5	3,07	3,52	4,56
10	2,78	4,15	5,62
15	3,41	4,45	5,29
20	2,71	4,55	5,23
30	2,37*	3,49	4,67

*Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Nas Tabelas 3 e 4, pode ser observado que maiores concentrações (%) de α -pineno são encontradas nos óleos extraídos das folhas de plantas que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, ao passo que, menores concentrações de (*E*)-cariofileno são encontradas nesses óleos. Tal fato, provavelmente se deve à diferença na volatilidade desses compostos.

O α -pineno por ser um monoterpene apresenta maior volatilidade que o (*E*)-cariofileno, sesquiterpene. Portanto, como a aplicação do pré-tratamento de ultrassom nas folhas dessa espécie resultou em menores tempos de secagem, conseqüentemente, ocorreu uma menor volatilização do α -pineno durante a secagem. Como as concentrações são dadas em função da quantidade em porcentagem do composto no óleo, a redução do teor de algum composto provoca o aumento da porcentagem de outro. Justifica-se assim o aumento da concentração do (*E*)-cariofileno ao passo que ocorre a diminuição do α -pineno.

A concentração do α -humuleno, principal marcador químico dessa espécie, e do β -bisaboleno e do santalol não variou significativamente quando aplicado o pré-tratamento de ultrassom. Enquanto que a concentração do β -santaleno diminuiu, significativamente, quando aplicado o pré-tratamento de ultrassom por 30 min.

A composição química do óleo essencial de folhas frescas de *V. curassavica* foi estudada por Rodrigues et al. (2012), que identificaram como principais componentes o (*E*)-cariofileno (25,4%), biciclogermacreno (11,3%), δ -cadineno (9%) e α -pineno (9,5%).

Carvalho Jr. et al. (2004) identificaram e quantificaram os principais componentes do óleo de *V. curassavica* e obtiveram como constituintes majoritários: α -pineno (29,69%), (*E*)-cariofileno (25,27%), aloaromadendreno (9,99%) e α -humuleno (4,6%).

Orellana (2014), que ao avaliar o efeito da temperatura do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C) na quantidade e composição do óleo essencial de *V. curassavica* obteve como principais constituintes, quando as folhas foram secas à 40 °C o α -pineno (32,38%) e o α -santaleno (22,60%). A concentração média de α -humuleno foi de, aproximadamente, 0,15%.

Estas variações podem estar relacionadas com o tratamento de secagem a que as folhas foram submetidas, ao pré-tratamento de ultrassom aplicado, às diferentes épocas de colheita, ao estágio de desenvolvimento e às condições do clima e de solo (STASHENKO et al., 2004; CASTRO et al., 2002; ZOGHBI et al., 1998; PINO et al., 1997).

5.2. *Lippia origanoides* Kunth.

Os teores inicial e final de água (% b.u.) das folhas, os valores médios da velocidade (m s^{-1}) e da umidade relativa do ar de secagem (%), o tempo total da secagem e o consumo de energia para a *L. origanoides* na secagem a 40 °C, submetida aos pré-tratamentos de ultrassom por 0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 min estão apresentados na Tabela 5. A temperatura média e umidade relativa do ar ambiente foram 24,4 °C e 61%, respectivamente.

Tabela 5–Parâmetros avaliados durante a secagem de *L. origanoides* a 40 °C.

Tempo de Ultrassom (min)	Parâmetros avaliados					Consumo total (kWh)
	Teor inicial de água (% b. u.)	Teor final de água (% b. u.)	Velocidade do ar de secagem (m s ⁻¹)	UR do ar de secagem (%)	Tempo de secagem (min)	
0	69,14	9,7	0,8	12,5	330	30,3
3	69,11	10,1	0,8	15,3	360	23,0
5	69,11	10,8	0,8	14,7	340	23,4
10	69,11	10,1	0,8	16,6	295	18,2
15	69,11	9,1	0,8	19,4	260	14,3
20	69,11	10,8	0,8	15,9	315	19,9
30	69,11	10,0	0,8	14,4	280	19,2

Fonte: Zotti (2016).

Zotti (2016) ao utilizar o teste de Dunnett a 5% de probabilidade para comparar as médias dos tempos de secagem das folhas que foram submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom com o tempo de secagem das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, observou que os tempos de pré-tratamentos de 10, 15 e 30 min resultaram em redução significativa do tempo de secagem das folhas de *L. origanoides* enquanto que o tratamento de 3 min resultou em aumento significativo no tempo de secagem quando comparado com a testemunha.

A Figura 8 apresenta os valores médios referentes ao rendimento de óleo essencial obtidos das folhas de *L. origanoides* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com o rendimento médio da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).

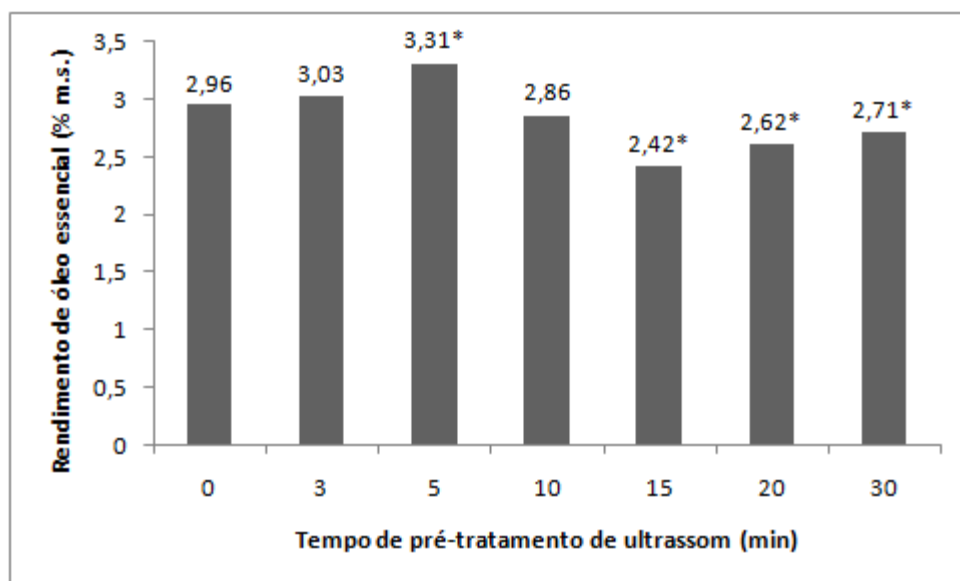


Figura 8– Rendimento de óleo essencial de *L. origanoides* após diferentes tempos de aplicação de pré-tratamento de ultrassom. *Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

O rendimento de óleo essencial (% m.s.) das folhas secas de *L. origanoides* variou, em média, de 2,42%, quando as mesmas foram pré-tratadas com ultrassom por 15 min, a 3,31%, quando submetidas ao pré-tratamento de ultrassom por 5 min.

Radünz et al. (2001) ao avaliarem o efeito da temperatura do ar de secagem (ambiente, 40, 50, 60 e 70 °C) na quantidade e na qualidade do óleo essencial extraído das folhas de *L. origanoides* obtiveram rendimento de óleo de, aproximadamente, 2,88 % (% m.s.) quando as folhas foram secas à temperatura de 40 °C.

O único pré-tratamento que teve efeito significativo no aumento do rendimento de óleo essencial foi o de 5 min. O pré-tratamento de 3 min não teve efeito significativo sobre o rendimento e os demais promoveram redução significativa no rendimento do óleo essencial obtido.

A partir da caracterização das estruturas secretoras dessa espécie medicinal (Figura 9). Observou-se que as folhas de *L. origanoides* também apresentam tricomas glandulares nas duas faces da folha, com maior densidade na parte inferior. Como pode ser observado na Figura 9-E, essa espécie também armazena óleo essencial no mesofilo.

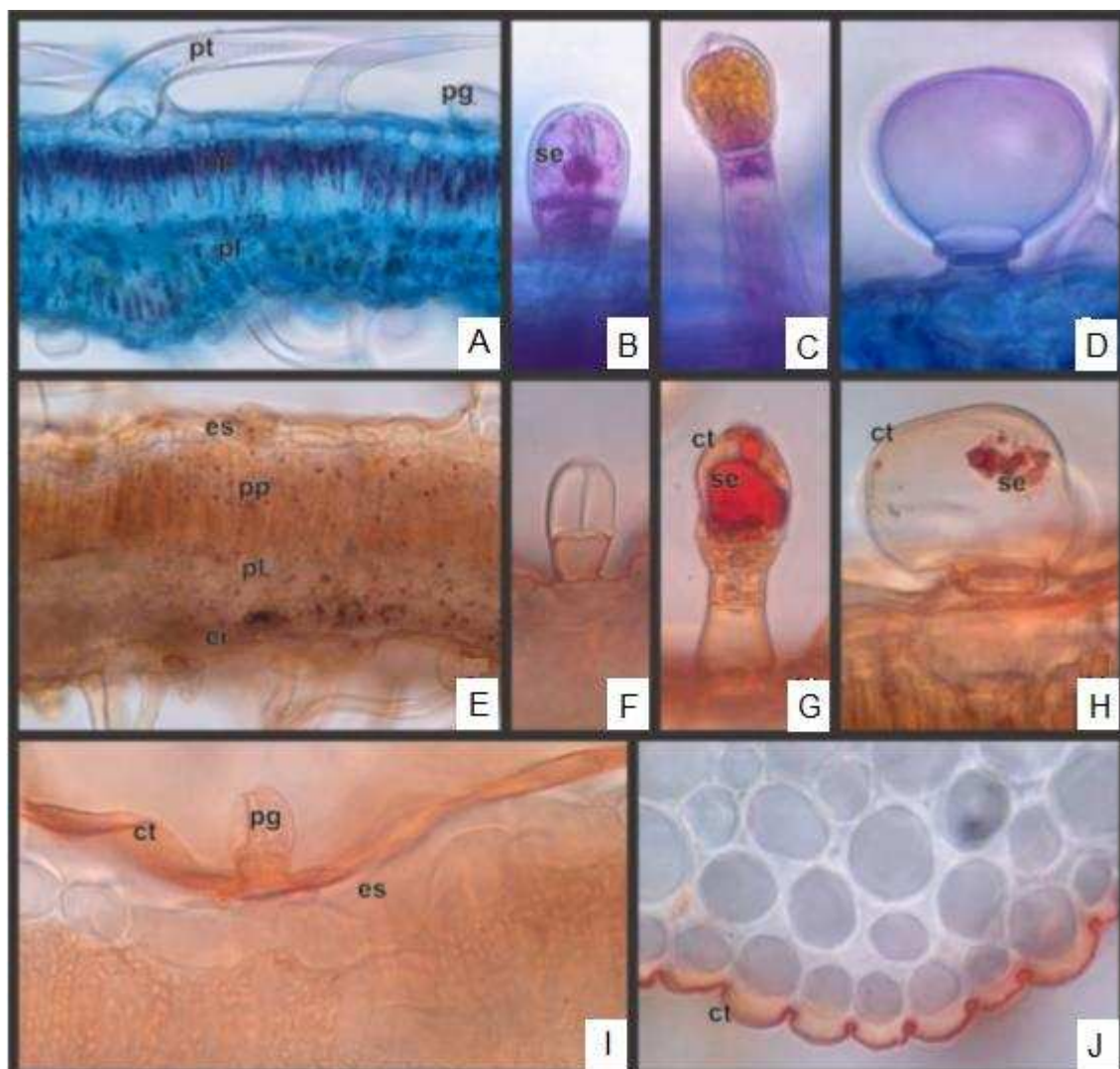


Figura 9- Seções transversais de folha de *L. origanoides* frescas e que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom. A-D, material corado com azul de astra e safranina; coloração rosada indica presença de compostos fenólicos. E-J, material corado com sudan III; coloração avermelhada indica presença de lipídios. Ct, cutícula; ei, epiderme inferior; es, epiderme superior; pg, pelo glandular; pl, parênquima lacunoso; pp, parênquima paliçádico; pt, pelo tector; se, secreção. (Fonte: Marília Contin Ventrella).

De acordo com citações anteriores, o pré-tratamento de ultrassom é capaz de alterar as microestruturas da folha (SLEDZ et al., 2015b; FERNANDES et al., 2009; FERNANDES et al., 2008), provavelmente, como ocorreu no experimento realizado com as folhas de *V. curassavica*, as ondas ultrassônicas foram responsáveis pela formação de microcanais que proporcionaram um menor tempo despendido no processo de secagem. No entanto, os pré-tratamentos de 15, 20 e 30 min de ultrassom, além de

ocasionar a formação do microcanais, provavelmente, provocaram a ruptura de células armazenadoras de óleo essencial, e como o óleo é constituído de compostos de significativa volatilidade parte do seu conteúdo se perdeu durante a secagem.

Na Figura 10 é apresentado apenas um cromatograma para exemplificação, tendo em vista que não foi observada nenhuma variação nos constituintes químicos do óleo essencial extraído das folhas de *L. origanoides* que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom e do óleo essencial extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento, variando-se apenas as concentrações.

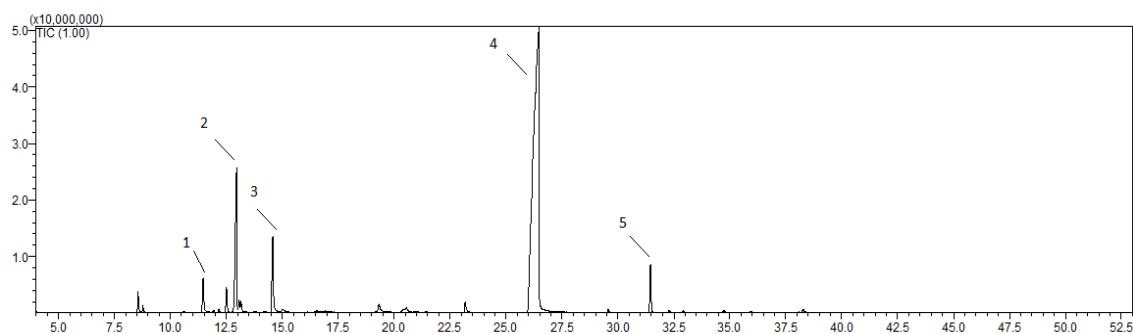


Figura 10- Cromatograma dos constituintes principais do óleo essencial de *L. origanoides*.

A Tabela 6 apresenta constituintes químicos majoritários do óleo essencial de *L. origanoides* submetidas aos diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom.

Tabela 6- Constituintes químicos majoritários do óleo essencial extraído de folhas de *L. origanoides* submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom e secadas à 40 °C.

Pico	Composto	IK ^C	IK*	Tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom (min)						
				0	3	5	10	15	20	30
				Composição relativa (%)						
1	Mirceno	987	988	1,74±0,13	2,08±0,15	1,31±0,11	1,88±0,09	1,42±0,17	1,33±0,08	1,50±0,31
2	<i>p</i> -cimeno	1018	1020	11,75±1,05	13,07±0,96	8,69±0,92	13,41±1,06	8,71±1,14	9,97±1,04	10,77±1,10
3	γ -terpineno	1024	1026	5,34±0,63	6,56±0,39	3,97±0,56	5,42±0,49	4,23±0,57	3,88±0,29	4,39±0,37
4	Timol	1288	1289	70,01±4,27	64,60±3,42	77,48±3,74	66,94±3,18	77,67±3,95	76,84±4,93	74,56±5,57
5	(<i>E</i>)-cariofileno	1416	1417	2,16±0,35	2,44±0,15	1,85±0,21	2,14±0,17	1,84±0,09	1,71±0,12	1,91±0,09
Total identificado (%)				91	88,75	93,3	89,79	93,87	93,73	93,13

IK^C = Índice de Kovats calculado.

IK* = Índice de Kovats citado na literatura (ADAMS, 2007).

Conforme a Tabela 6, o componente majoritário no óleo essencial, extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, foi timol, um dos marcadores químicos do óleo dessa espécie, representando aproximadamente 70,01% do total. Na sequência, o *p*-cimeno, aproximadamente, 11,75%.

O timol e o *p*-cimeno também estiveram presentes em concentrações majoritárias nos óleos extraídos das plantas que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom (Tabela 6).

Na Tabela 7 constam os valores médios das concentrações dos principais componentes presentes no óleo essencial obtido das folhas de *L. origanoides* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).

Tabela 7- Valores médios das concentrações de mirceno, *p*-cimeno, γ -terpineno, timol e (*E*)-cariofileno presente no óleo essencial obtidos das folhas de *L. origanoides* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).

Tempo de aplicação de ultrassom (min)	Mirceno	<i>p</i> -cimeno	γ -terpineno	Timol	(<i>E</i>)-cariofileno
0	1,74	11,75	5,34	70,01	2,16
3	2,08	13,07	6,56	64,60	2,44
5	1,31	8,69	3,97	77,48	1,85
10	1,88	13,41	5,42	66,94	2,14
15	1,42	8,71	4,23	77,67	1,84
20	1,33	9,97	3,88	76,84	1,71
30	1,50	10,77	4,39	74,56	1,91

*Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Como pode ser observado (Tabela 7) não ocorreu variação significativa nos valores médios das concentrações dos principais componentes do óleo

essencial de *L. origanoides*, quando suas folhas foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, ou seja, o pré-tratamento não afetou a composição do óleo essencial das amostras estudadas, mantendo-se a qualidade com relação ao óleo obtido das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom.

Botelho et al. (2007) ao avaliarem a composição do óleo essencial de *L. origanoides* também identificou como principal constituinte o timol (56,7%), seguido pelo carvacrol (16,7%), e em menor quantidade *p*-cimeno (7,1%), β -mirceno (0,86%), α -terpineno (1,1%).

Radünz et al. (2002) ao avaliarem o efeito da temperatura do ar de secagem (ambiente, 40, 50, 60 e 70 °C) na qualidade do óleo essencial das folhas de *L. origanoides*, obtiveram teores de *p*-cimeno, timol e cariofileno, respectivamente, iguais a 4,93 %, 84,55 % 2,37 %, no óleo extraído das plantas secas à 40 °C.

Ressalta-se que, estas variações podem estar relacionadas com o tratamento de secagem a que as folhas foram submetidas, ao pré-tratamento de ultrassom aplicado, às diferentes épocas de coleta, ao estágio de desenvolvimento e às condições do clima e de solo (STASHENKO et al., 2004; CASTRO et al., 2002; ZOGHBI et al., 1998; PINO et al., 1997).

5.3. *Ocimum gratissimum* L.

Os teores inicial e final de água (% b.u.) das folhas, os valores médios da velocidade (m s^{-1}) e da umidade relativa do ar de secagem (%), o tempo total da secagem e o consumo de energia para a *O. gratissimum* na secagem a 40 °C, submetida aos pré-tratamentos de ultrassom por 0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 minutos estão apresentados na Tabela 8. A temperatura média e umidade relativa do ar ambiente foram 24,6 °C e 68%, respectivamente.

Tabela 8–Parâmetros avaliados durante a secagem de *O. gratissimum* à 40 °C.

Tempo de Ultrassom (min)	Parâmetros avaliados					
	Teor inicial de água (% b. u.)	Teor final de água (% b. u.)	Velocidade do ar de secagem (m s ⁻¹)	UR do ar de secagem (%)	Tempo de secagem (min)	Consumo total (kWh)
0	76,8	10,2	0,8	19,1	390	19,6
3	76,8	8,9	0,8	17,3	290	15,1
5	76,8	10,2	0,8	19,3	280	15,0
10	76,8	8,6	0,8	17,1	230	14,3
15	76,8	9,5	0,8	15,5	285	19,0
20	76,8	9,6	0,8	19,8	265	14,3
30	76,8	10,4	0,8	18,2	255	15,1

Fonte: Zotti (2016).

Zotti (2016), ao utilizar o teste de Dunnett a 5% de probabilidade para comparar as médias dos tempos de secagem das folhas que foram submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom com o tempo de secagem das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, observou que todos os tempos de pré-tratamentos avaliados resultaram em redução significativa do tempo de secagem das folhas de *O. gratissimum*.

A Figura 11 apresenta os valores médios referentes ao rendimento de óleo essencial obtidos das folhas de *O. gratissimum* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com o rendimento médio da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).

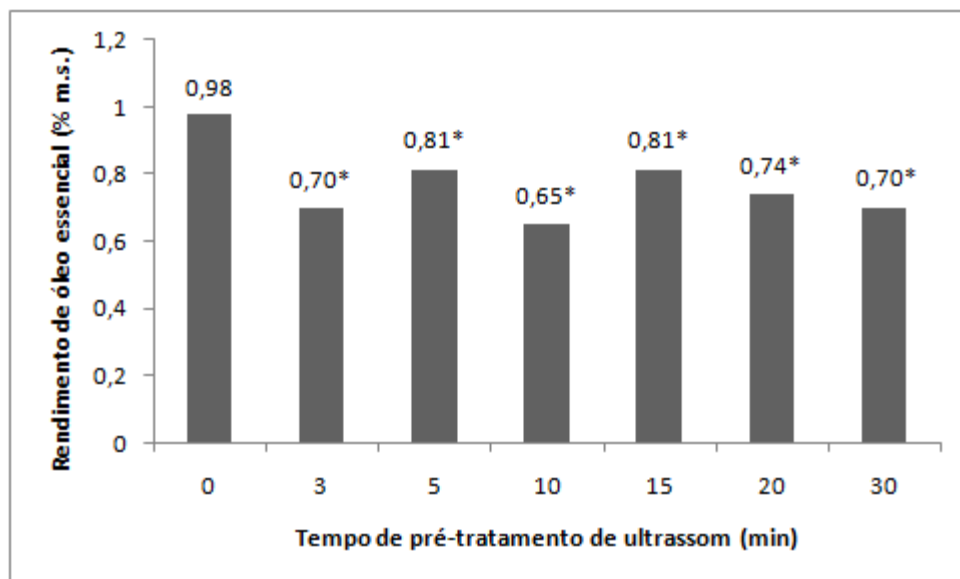


Figura 11– Rendimento de óleo essencial de *O. gratissimum* após diferentes tempos de aplicação de pré-tratamento de ultrassom. *Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

O rendimento de óleo essencial (% m.s.) das folhas de *O. gratissimum* variou, em média, de 0,65%, quando as mesmas foram pré-tratadas com ultrassom por 10 min, a 0,98%, quando não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom.

SANTANA et al. (2014) ao avaliarem o efeito das diferentes temperaturas de secagem (30, 40, 50, 60 °C) no teor do óleo essencial de *O. gratissimum* obtiveram rendimento de óleo de, aproximadamente, 0,95% (% m.s.) quando as folhas foram secadas à temperatura de 40 °C.

Todos os tempos de pré-tratamento com ultrassom testados resultaram em uma redução significativa no rendimento de óleo essencial obtido.

Como já relatado anteriormente, o pré-tratamento de ultrassom é capaz de alterar as microestruturas da folha (SLEDZ et al., 2015b; FERNANDES et al., 2009; FERNANDES et al., 2008), provavelmente assim como ocorreu no experimento realizado com as folhas de *V. curassavica* e *L. origanoides*, as ondas ultrassônicas foram responsáveis pela formação de os microcanais que proporcionaram um menor tempo despendido no processo de secagem. Provavelmente todos os tempos de pré-tratamento utilizados nos experimentos, além de ocasionar a formação do microcanais, foram capazes de danificar as estruturas armazenadoras promovendo a volatilização do óleo essencial, explicando assim o fato do rendimento do óleo extraído das folhas de *O.*

gratissimum ter diminuído, significativamente, quando suas folhas foram submetidas aos pré-tratamento de ultrassom.

A caracterização das estruturas secretoras (Figura 12) revela que as folhas de *O. gratissimum* também apresentam tricomas glandulares nas duas faces da folha, com maior densidade na parte inferior. Essa espécie também apresentou óleo essencial no mesofilo, no entanto em quantidades superiores às espécies anteriormente avaliadas (Figura 12-D).

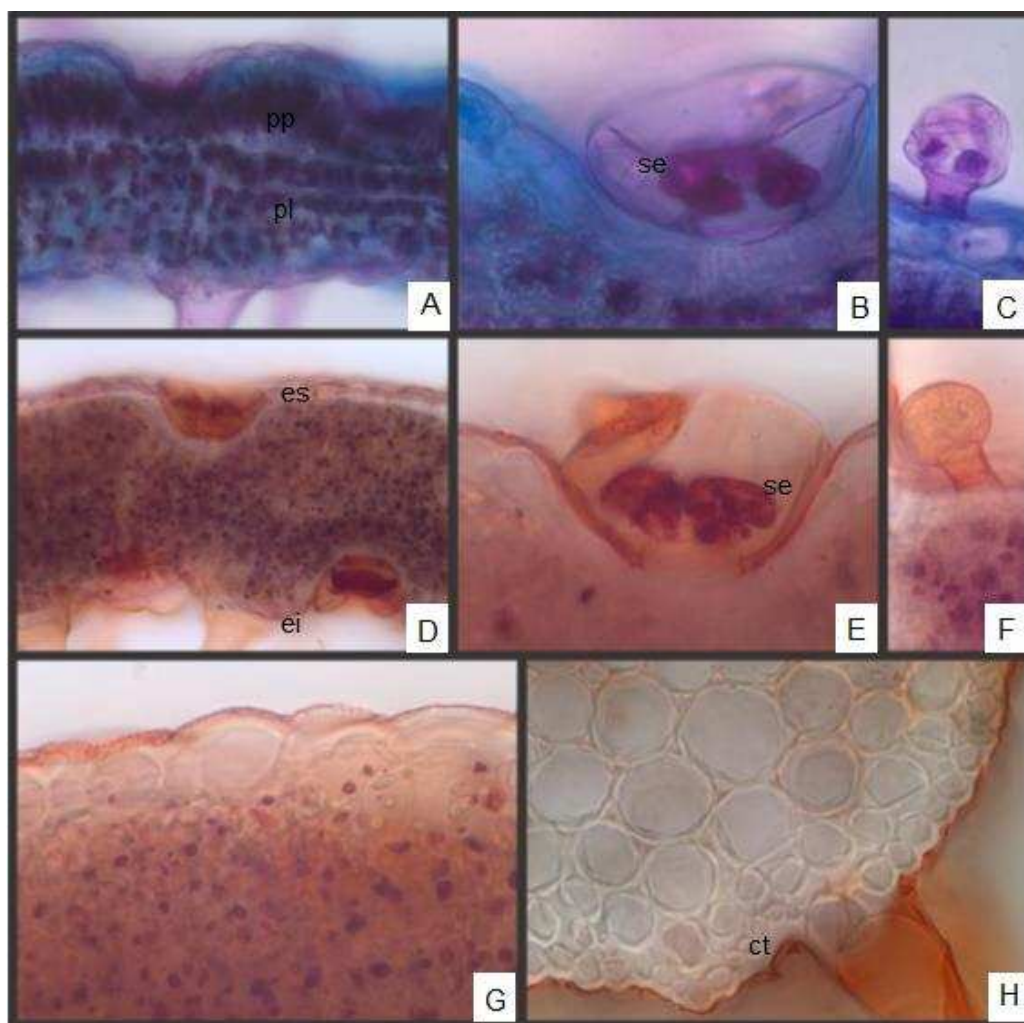


Figura 12- Seções transversais de folha de *O. gratissimum* frescas e que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom. A-C, material corado com azul de astra e safranina; coloração rosada indica presença de compostos fenólicos. D-H, material corado com sudan III; coloração avermelhada indica presença de lipídios. Ct, cutícula; ei, epiderme inferior; es, epiderme superior; pl, parênquima lacunoso; pp, parênquima paliçádico; se, secreção. (Fonte: Marília Contin Ventrella).

Nas figuras 6-B e 6-E observa-se que a *O. gratissimum* apresenta tricoma sésio (afundado na folha), sem o 'pé do tricoma'. Por estarem localizados mais próximos da região onde possivelmente ocorre a formação dos microcanais esses tricomas provavelmente sofreram maior dano e, conseqüentemente, se romperam.

Além disso, vale ressaltar que a *O. gratissimum* tem uma folha mais frágil, mais delicada, mais tenra. Portanto para essa espécie o efeito da rápida compressão e expansão celular nas folhas causado pelo pré-tratamento com ultrassom pode ter sido mais drástico.

Outra hipótese que pode considerada para justificar a redução da quantidade de óleo extraída das folhas submetidas ao pré-tratamento de ultrassom está relacionada com a grande quantidade de óleo presente no mesofilo. Suspeita-se que essa região da folha seja mais sensível ao “efeito sanfona” provocado pelo pré-tratamento de ultrassom. De forma que, o óleo presente nessa região foi liberado das estruturas armazenadoras durante o pré-tratamento e posteriormente volatilizado durante a secagem.

Na Figura 13 é apresentado apenas um cromatograma para exemplificação, tendo em vista que não foi observada nenhuma variação nos constituintes químicos do óleo essencial extraído das folhas de *O. gratissimum* que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom e do óleo essencial extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento, variando-se apenas as concentrações.

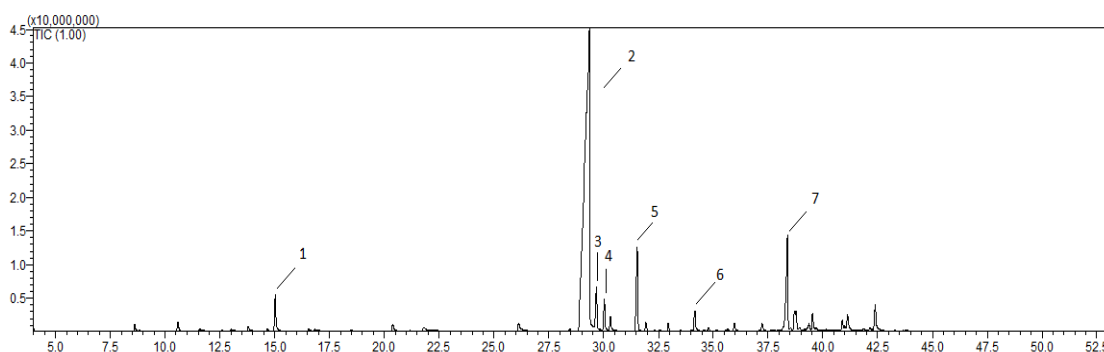


Figura 13- Cromatograma dos constituintes principais do óleo essencial de *O. gratissimum*.

A Tabela 9 apresenta constituintes químicos majoritários do óleo essencial de *O. gratissimum*, submetidas aos diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom.

Tabela 9- Constituintes químicos majoritários do óleo essencial extraído de folhas de *O. gratissimum* submetidas a diferentes tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom e secadas à 40 °C.

Pico	Composto	IK ^C	IK*	Tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom (min)						
				0	3	5	10	15	20	30
				Composição relativa (%)						
1	γ -terpineno	1025	1026	1,64±0,17	1,82±0,24	1,82±0,11	1,95±0,21	2,06±0,19	1,59±0,16	1,94±0,15
2	Eugenol	1354	1356	66,18±1,59	62,26±2,10	64,89±1,28	55,80±0,59	57,27±0,94	73,17±2,14	53,52±1,03
3	α -copaeno	1372	1374	2,70±0,36	2,69±0,24	2,75±0,19	3,80±0,25	3,37±0,13	2,14±0,11	3,82±0,32
4	β -elemeno	1388	1389	1,33±0,23	1,12±0,21	1,17±0,15	1,68±0,19	1,65±0,16	1,27±0,20	1,79±0,14
5	(<i>E</i>)-cariofileno	1416	1417	3,11±0,38	3,41±0,27	3,04±0,14	4,48±0,23	4,40±,31	2,34±0,27	4,95±0,10
6	Germacreno-D	1482	1484	1,67±0,04	1,75±0,12	1,71±0,07	2,32±0,22	2,33±0,17	1,43±0,10	2,50±0,21
7	Óxido de cariofileno	1581	1582	1,51±0,06	1,49±0,09	1,66±0,18	1,46±0,15	1,60±0,19	1,42±0,13	1,54±0,08
Total identificado (%)				78,14	74,27	77,04	71,49	72,70	83,36	70,06

IK^C = Índice de Kovats calculado.

IK* = Índice de Kovats citado na literatura (ADAMS, 2007).

O componente majoritário no óleo essencial, extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, foi o eugenol, principal marcador químico dessa espécie representando, em média, 66,18% do total. Na sequência, o (*E*)-cariofileno, em média, 3,11%. Seguidos pelo α -copaeno com composição relativa média de 2,70%.

O eugenol, o (*E*)-cariofileno e o α -copaeno também estiveram presentes em concentrações majoritárias nos óleos extraídos das plantas que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom, como apresentado na Tabela 9.

As Tabelas 10 e 11 apresentam os valores médios das concentrações dos principais componentes presentes no óleo essencial obtido das folhas de *O. gratissimum* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).

Tabela 10- Valores médios das concentrações de γ -terpineno, eugenol, α -copaeno e β -elemeno presentes no óleo essencial obtidos das folhas de *O. gratissimum* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).

Tempo de aplicação de ultrassom (min)	γ -terpineno	Eugenol	α -copaeno	β -elemeno
0	1,64	66,18	2,70	1,33
3	1,82	62,26	2,69	1,12
5	1,82	64,89	2,75	1,17
10	1,95	55,80*	3,80*	1,68
15	2,06	57,27*	3,37*	1,65
20	1,59	73,17*	2,14*	1,27
30	1,94	53,52*	3,82*	1,79

*Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Tabela 11- Valores médios das concentrações de (*E*)-cariofileno, germacreno-D e óxido de cariofileno presentes no óleo essencial obtidos das folhas de *O. gratissimum* submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom comparados com as concentrações médias destes componentes presentes no óleo extraído da planta que não foi submetida ao pré-tratamento (tempo de pré-tratamento igual a 0).

Tempo de aplicação de ultrassom (min)	(<i>E</i>)-cariofileno	Germacreno-D	Óxido de cariofileno
0	3,11	1,67	1,51
3	3,41	1,75	1,49
5	3,04	1,71	1,66
10	4,48*	2,32*	1,46
15	4,40*	2,33*	1,60
20	2,34*	1,43*	1,42
30	4,95*	2,50*	1,54

*Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

O teor de eugenol, componente majoritário do óleo, variou significativamente em relação ao tratamento controle (tempo de 0 min de pré-tratamento) quando as folhas foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom por 10, 15, 20 e 30 min. No entanto, enquanto os tempos de pré-tratamento iguais a 10, 15 e 30 min acarretaram em redução significativa da concentração relativa desse composto, o tempo de 20 min acarretou em um aumento significativo da concentração relativa do mesmo. Não foram encontradas justificativas para tal fato.

Nos mesmos tratamentos em que foram observados redução significativa da concentração relativa de eugenol foram observados aumentos significativos nas concentrações de α -copaeno, (*E*)-cariofileno e germacreno-D. Esses aumentos podem ser justificados pelo fato das concentrações serem dadas em função da quantidade em porcentagem do composto no óleo. Dessa forma, a redução do teor de algum composto provoca o aumento da porcentagem de outro.

SANTANA et al. (2014) ao avaliarem o efeito das diferentes temperaturas de secagem (30, 40, 50, 60 °C) no teor do óleo essencial de *O. gratissimum* e em sua composição química também obtiveram o eugenol

como composto majoritário, apresentando concentração relativa de, aproximadamente, 81,07% quando as folhas foram secas à temperatura de 40 °C. O segundo componente majoritário identificado por esses autores foi o (Z)- β -ocimeno (12,19%), e o terceiro o germacreno D (2,23%).

Assim como ressaltado nos resultados referentes a *V. curassavica* e a *L. origanoides*, estas variações podem estar relacionadas com o tratamento de secagem a que as folhas foram submetidas, ao pré-tratamento de ultrassom aplicado, ao método de extração empregado, às diferentes épocas de coleta, ao estágio de desenvolvimento e às condições do clima e de solo (STASHENKO et al., 2004; CASTRO et al., 2002; ZOGHBI et al., 1998; PINO et al., 1997).

6. CONCLUSÃO

As espécies medicinais estudadas a saber, *Varrona curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L., apresentaram comportamentos diferentes com relação a qualidade e quantidade do óleo essencial extraído das mesmas após serem submetidas ao pré-tratamento.

Nas condições avaliadas, o tempo de pré-tratamento com ultrassom recomendado para redução do tempo de secagem, obtenção de maior quantidade de óleo essencial, e preservação da qualidade, avaliada em função do teor do marcador químico, da espécie *V. curassavica* deve ser igual a 3 minutos e para a espécie *L. origanoides* igual a 5 minutos. Já para a espécie *O. gratissimum*, nas condições avaliadas, não é recomendada a aplicação do pré-tratamento de ultrassom a fim de otimizar a quantidade e qualidade do óleo essencial extraído.

Provavelmente que tais diferenças se devam às estruturas das folhas dessas espécies. Isto sugere que para cada planta medicinal é necessário um estudo específico da secagem com aplicação prévia de ultrassom, não podendo ser extrapolado para outras espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4. ed. Carol Stream: Allured, 800 p. 2007.

ADAPA, P. K.; SOKHANSANJ, S.; SCHOENAU, G. J. Performance study of a recirculating cabinet dryer using a household dehumidifier. **Drying Technology**, v. 20, n. 8, p. 1673-1689, 2002.

ALICE WEB. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior. Disponível em: <http://aliceweb.mdic.gov.br//index/home>. Acesso em 28 de julho de 2015.

ARAÚJO, J. S. **Desenvolvimento vegetal, produção e composição Química do óleo essencial de *Cordia verbenacea* DC. (Boraginaceae) em função do fornecimento de N, P, K e B e da aplicação de ácido Jasmônico**. 2007. 85 f. Dissertação (*Magister Scientiae*). Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal. Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2007.

ASAE STANDARDS. **Standards Engineering Practices Data: Moisture measurement-forages**, ASAE S358.2 DEC99. Adopted and published by: American Society of Agricultural Engineers, 569 p. 2000.

AZOUBEL, P.; AMORIM, M. D. R.; OLIVEIRA, S.; BAIMA, M. Cinética de secagem de manga com e sem pré-tratamento ultrassônico. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE), 2010.

BARCELOS, K. M. **Aplicação de bomba de calor à secagem de grãos**. 1986. 108 f. Dissertação (*Magister Scientiae*). Programa de Pós-graduação em Engenharia Térmica. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte-MG. 1986.

BERWICK, A. **Aromaterapia Holística**. Tradução de Terezinha Ferreira Soares. Rio de Janeiro, Record, 270 p. 1996.

BIASSI, L. A.; DESCHAMPS, C. **Plantas Aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**, Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 160 p. 2009.

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

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 Mediciniais**, v. 14, n. 4, p. 656-665, 2012.

BOTELHO, M. A.; SANTOS, R. A. D.; MARTINS, J. G.; CARVALHO, C. O.; PAZ, M. C.; AZENHA, C.; ... RUELA, F. I. Comparative effect of an essential oil mouthrinse on plaque, gingivitis and salivary *Streptococcus mutans* levels: a double blind randomized study. **Phytotherapy Research**, v. 23, n. 9, p. 1214-1219, 2009.

BOTELHO, M. A.; NOGUEIRA, N. A. P.; BASTOS, G. M.; FONSECA, S. G. C.; LEMOS, T. L. G.; MATOS, F. J. A.; ... BRITO, G. A. C. Antimicrobial activity of the essential oil from *Lippia sidoides*, carvacrol and thymol against oral pathogens. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 40, n. 3, p. 349-356, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica**. Brasília: MS. Série A. Normas e Manuais Técnicos, Cadernos de Atenção Básica, n. 31, 2012.

BRASIL. **RDC nº 10 de 9 de março de 2010**. Dispõe sobre a notificação de drogas vegetais junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 mar. 2010. Seção 1, p. 52, 2010a.

BRASIL. **RDC nº 14 de 31 de março de 2010**. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05 abr. 2010. Seção 1, p. 85, 2010b.

BRASIL. **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. Ministério da Saúde. **Portaria nº. 971, de 03 de maio de 2006**. Aprova a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 mai. 2006. Seção 1, p. 20, 2006a.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº. 5813 de 22 de junho de 2006**. Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 jun. 2006. Seção 1, p. 2, 2006b.

BRASIL. **Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999**. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 jan. 1999. Seção 1, p. 1, 1999.

BRASILEIRO, B. G.; PIZZOLO, V. R.; MATOS, D. S.; GERMANO, A. N.; JAMAL, C. M. Plantas medicinais utilizadas pela população atendida no "Programa de Saúde da Família", Governador Valadares, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 4, p. 629-636, 2008.

CÁRCEL, J. A.; GARCÍA-PÉREZ, J. V.; BENEDITO, J.; MULET, A. Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 2, p. 200–207, 2012.

CARVALHO, A. C. B.; BRANCO, P. F.; FERNANDES, L. A.; ROBELMA, F. D. O.; CUNHA, S. C.; PERFEITO, J. P. S. Regulação brasileira em plantas medicinais e fitoterápicos. **Revista Fitos Eletrônica**, v. 7, n. 1, p. 5-16, 2013.

CARVALHO, A. C.; BALBINO, E. E.; MACIEL, A.; PERFEITO, J. P. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 2, p. 314-319, 2008.

CARVALHO JR, P. M.; RODRIGUES, R .F.; SAWAYA, A. C.; MARQUES, M. O.; SHIMIZU, M. T. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* D.C. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 95, p. 297–301, 2004.

CARVALHO, A. F. U.; MELO, V. M. M.; CRAVEIRO, A. A.; MACHADO, M. I. L.; BANTIM, M. B.; RABELO, E. F. Larvicidal activity of the essential oil from *Lippia sidoides* Cham. against *Aedes aegypti* Linn. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 4, p. 569-571, 2003.

CASTRO, D. M.; MING, L.C.; MARQUES, M. O. M. Composição fitoquímica do óleo essencial de folhas de *Lippia alba* (Mill) N.E.Br. em diferentes épocas de colheita e partes do ramo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.4, n.2, p.75-79, 2002.

CAVALCANTI, S. C. H.; NICULAU, E. D. S.; BLANK, A. F.; CÂMARA, C. A. G.; ARAÚJO, I. N.; ALVES, P. B. Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). **Bioresource technology**, v. 101, n. 2, p. 829-832, 2010.

CHEMAT, F.; ZILL-e-HUMA, KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, p. 813–835, 2011.

CHUA, K. J.; MUJUMDAR, A.S.; CHOU, S. K. HAWLADER, M. N. A.; HO, J. C. Convective drying of banana, guava and potato pieces: effect of cyclical variations of air temperature on convective drying kinetics and colour change. **Drying Technology**, v. 18, n. 5, p. 907–936, 2000.

COLAK, N.; HEPBASLI, A. A review of heat pump drying: Part 1–Systems, models and studies. **Energy Conversion and Management**, v. 50, n. 9, p. 2180-2186, 2009.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos**. 7. ed. Campinas: Editora UNICAMP, 279 p. 1997.

CORNELIO, P. F. **O modelo de simulação GCP-1: jogo do planejamento e controle da produção**. 1998. 95 f. Dissertação (*Magister Scientiae*). Programa

de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 1998.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das Plantas Úteis do Brasil**. IBDF, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 63 p. 1932.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 376-376, 2014.

COSTA, S. M. O.; LEMOS, T. L. G.; PESSOA, O. D. L.; ASSUNÇÃO, J. C. C.; BRAZ-FILHO, R. Constituintes químicos de *Lippia sidoides* (Cham.) Verbenaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.12, p. 66-67, 2002.

DAGHIGH, R.; RUSLAN, M. H.; SULAIMAN, M. Y.; SOPIAN, K. Review of solar assisted heat pump drying systems for agricultural and marine products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2564-2579, 2010.

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.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). Projeto Plantas Potenciais, Medicinais e Aromáticas. Disponível em: <<http://www.emater.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=53>> Acesso em: 27 de julho de 2015.

FALQUETTO, P. L. **Desenvolvimento e avaliação de uma bomba de calor doméstica para secagem**. 2013. Dissertação (*Magister Scientiae*) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2013.

FERNANDES, F. A. N.; GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 90, p.186-190, 2009.

FERNANDES, F. A. N.; GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 604-610, 2008.

FERNANDES, E. S.; PASSOS, G. F.; MEDEIROS, R.; CUNHA, F. M.; FERREIRA, J.; CAMPOS, M. M.; PIANOWSKI, L. F.; CALIXTO, J. B. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. **European Journal of Pharmacology**, v.569, p. 228–236, 2007.

FIGUEIREDO, L. S.; BONFIM, F. P. G.; SIQUEIRA, C. S.; FONSECA, M. M.; SILVA, A. H.; MARTINS, E. R. Efeito da época de colheita na produção de

fitomassa e rendimento de óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, p.154-158, 2009.

FONTENELLE, R. O. S.; MORAIS, S. M.; BRITO, E. H. S.; KERNTOPF, M. R.; BRILHANTE, R. S. N.; CORDEIRO, R. A.; ROCHA, M. F. G. Chemical composition, toxicological aspects and antifungal activity of essential oil from *Lippia sidoides* Cham. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 59, n. 5, p. 934-940, 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.

FREITAS, T. P. de; FREITAS, L. S. de; STRECK, E. L. Ultrassom terapêutico no mecanismo de cicatrização: uma revisão. **Arquivos Catarinenses de Medicina**, v. 40, n. 1, p.89-93, 2011.

FREITAS ROLDÃO, E.; WITAICENIS, A.; SEITO, L. N.; HIRUMA-LIMA, C. A.; DI STASI, L. C. Evaluation of the antiulcerogenic and analgesic activities of *Cordia verbenacea* DC. (Boraginaceae). **Journal of ethnopharmacology**, v. 119, n. 1, p. 94-98, 2008.

FUENTE-BLANCO, S.; SARABIA, E. R. F.; ACOSTA-APARICIO, V. M.; BLANCO-BLANCO, A.; GALLEGO-JUAREZ, J. A. Food drying process by power ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 44, p. 523-527, 2006.

GARCÍA-PÉREZ, J. V.; CÁRCEL, J. A.; S. DE LA FUENTE BLANCO; E. RIERA-FRANCO DE SARABIA. Ultrasonic drying of foodstuff in a fluidized bed: Parametric study. **Ultrasonics**. v.44, p.539–543, 2006.

GILBERT, B.; FAVORETO, R. *Cordia verbenacea* DC Boraginaceae. **Revista Fitos Eletrônica**, v. 7, n. 1, p 17-25, 2013.

GOH, L. J.; OTHMAN, M. Y.; MAT, S.; RUSLAN, H.; SOPIAN, K. Review of heat pump systems for drying application. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 4788-4796, 2011.

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 Mediciniais**, v. 16, p. 434-443, 2014.

GONZAGA, D.A. **Controle multivariável utilizando plataforma Arduíno para secador de plantas medicinais e software de aquisição de dados**. 2015. 41 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015.

ILORI, M. O.; SHETEOLU, A. O.; OMONIGBEHIN, E. A.; ADENEYE, A. A. Antidiarrhoeal activities of *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae). **Journal of Diarrhoeal Diseases Research**, v. 14, p. 283-285, 1996.

INOVA-UNICAMP. Dispositivo para secagem de alimentos. Disponível em: <http://www.inova.unicamp.br/desafio/sites/default/files/tecnologias/683_PERFIL_DEFINITIVO.pdf> Acesso em 29 de julho de 2015.

KARABACAK, R.; ATALAY, O. Comparison of drying characteristics of tomatoes with heat pump dehumidifier system, solar-assisted system and natural drying. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 8, n. 2, p. 190-194, 2010.

LARANJEIRA, D.; CARVALHO FILHO, J. L. S. D.; SOUZA, P. E. D.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; JESUS, H. C. R. D.; WARWICK, D. R. N. In vitro activity of essential oils of *Lippia sidoides* and *Lippia gracilis* and their major chemical components against *Thielaviopsis paradoxa*, causal agent of stem bleeding in coconut palms. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 241-244, 2013.

LEONG, T. S. H.; MARTIN, G. J. O.; ASHOKKUMAR, M. Ultrasonic encapsulation – A review. **Ultrasonic Sonochemistry**. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.03.017>>. Acesso em: 15 de agosto de 2016.

LEONG, T.; ASHOKKUMAR, M.; KENTISH, S. The fundamentals of power ultrasound – A Review. **Acoustics Australia**, v. 39, n. 2, p. 54-63, 2011.

LIMA, J. F.; SILVA, M. P. L.; TELES, S.; SILVA, F.; MARTINS, G. N. Avaliação de diferentes substratos na qualidade fisiológica de sementes de melão de caroá [*Sicana odorifera* (Vell.) Naudim]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 163-167, 2010.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2.ed. Nova Odessa: Plantarum, 544 p., 2008.

LUBBE, A.; VERPOORTE, R. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 785-801, 2011.

LUZ, J. M. Q.; EHLERT, P. A. D.; INNECCO, R. Horário de colheita e tempo de secagem da alfavaca-cravo. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 539-542, 2009.

MARTINAZZO, A. P. **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf**. 2006, 156f. Tese (*Doctor Scientiae*) Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; SILVA, A. P. O. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em

plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 4, p. 102-107, 2008.

MARTINS, P. M.; MELO, E. C.; ALMEIDA, L. C. B., SANTOS, R.H.S., MACHADO, M.C. Influência da temperatura e velocidade do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de campim-limão (*Cymbopogon citratus* Stapf). São Paulo: **Acta Horticulturae**, v. 569, 2002.

MATIAS, E. F. F.; ALVES, E. F.; SANTOS, B. S.; SOBRAL DE SOUZA, C. E.; ALENCAR FERREIRA, J. V. D.; SANTOS DE LAVOR, A. K. L.; DA COSTA, J. G. M. Biological activities and chemical characterization of *Cordia verbenacea* DC. as tool to validate the ethnobiological usage. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2013, p. 1-7, 2013.

MATOS, F. J. A.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A.; ALENCAR, J. W. SILVA, M. G. S. Medicinal plants of northeast Brazil containing thymol and carvacrol – *Lippia sidoides* Cham. and *L. gracillis* H.B.K. (Verbenaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 11, p. 666-668, 1999.

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

MECCIA, G.; ROJAS, L. B.; VELASCO, J.; DÍAZ, T.; USUBILLAGA, A.; ARZOLA, J. C.; RAMOS, S. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* from the Venezuelan Andes. **Natural product communications**, v. 4, n. 8, p. 1119-1122, 2009.

MELO, M. T. P.; RIBEIRO, J. M.; MEIRA, M. R.; DE FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Teor de óleo essencial de alecrim-pimenta em função do horário de colheita. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1166-1169, 2011.

MIANO, A. C.; ALBERT I.; PEDRO, E. D. A. Mechanisms for Improving Mass Transfer in Food with Ultrasound Technology: Describing the Phenomena in Two Model Cases. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 29, p. 413–419. 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). **MS elabora Relação de Plantas Mediciniais de Interesse ao SUS**, 2009. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms_relacao_plantas_mediciniais_sus_0603.pdf> Acesso em 07 de julho de 2015.

MONTEIRO, M. V. B.; DE MELO LEITE, A. K. R.; BERTINI, L. M.; DE MORAIS, S. M.; NUNES-PINHEIRO, D. C. S. Topical anti-inflammatory, gastroprotective and antioxidant effects of the essential oil of *Lippia sidoides* Cham. leaves. **Journal of ethnopharmacology**, v. 111, n. 2, p. 378-382, 2007.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura brasileira**, v. 27, n. 2, p.50-63, 2009.

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.

NEVES, J. S. **Aromaterapia: um tema para o ensino de Química**. 28 p. 2011.

NICACIO, J. V.; MELO, E. C.; LACERDA FILHO, A. F.; MARTINS, J. H.; PIZZILOLO, T. A. Bomba de calor com sistema automático para controle do ar de secagem. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 12920-12927, 2015.

NICACIO, J.V. **Desenvolvimento de um sistema de controle automático para condicionamento de ar de secagem**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2010.

O'DONNELL, C. P.; TIWARI, B. K.; BOURKE, P.; CULLEN, P. J. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 358-367, 2010.

OMER, A. M. Ground-source heat pump system and applications. Renewable and Sustainable. **Energy Reviews**, v. 12, p. 344–371, 2008.

ONAJOBI, F. D. Smooth muscle contracting lipidic soluble principles in chromatographic fractions of *Ocimum gratissimum*. **Journal Ethnopharmacology**, v. 18, p. 3–11, 1986.

ORELLANA, A. S. B. **Influencia de la temperatura del aire de secado en la cantidad y composición de aceite esencial de *Cordia verbenácea***. 2014. 69 f. Dissertação (*Magister Scientiae*). Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2014.

PARISOTTO, E. B.; MICHIELIN, E. M.; BISCARO, F.; FERREIRA, S. R.; WILHELM FILHO, D.; PEDROSA, R. C. The antitumor activity of extracts from *Cordia verbenacea* DC. obtained by supercritical fluid extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 61, p. 101-107, 2012.

PASSOS, G. F.; FERNANDES, E. S.; CUNHA, F. M.; FERREIRA, J.; PIANOWSKI, L. F.; CAMPOS, M. M.; CALIXTO, J. B. Antiinflammatory and anti-allergic properties of the essential oil and active compounds from *Cordia verbenacea*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 110, p. 323–333, 2007.

PATEL, K. K.; KAR, A. Heat pump assisted drying of agricultural produce an overview. **Journal of food science and technology**, v. 49, n. 2, p. 142-160, 2012.

PEREIRA, C.; MEIRELES, M. Supercritical Fluid Extraction of Bioactive Compounds: Fundamentals, Applications and Economic Perspectives. **Food and Bioprocess Technology**, v. 3, n. 3, p. 340-372, 2010.

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.

PESSOA, L. M.; MORAIS, S. M.; BEVILAQUA, C. M. L.; LUCIANO, J. H. S. Anthelmintic activity of essential oil of *Ocimum gratissimum* Linn. and eugenol against *Haemonchus contortus*. **Veterinary Parasitology**, v. 109, n. 1, p. 59-63, 2002.

PINO, J. A.; LUIS, A. G. O.; PÉREZ, A. R.; JORGE, M. R.; BALUJA, R. Composición y propiedades antibacterianas del aceite esencial de *Lippia alba* (Mill.) n. e. Brown. **Revista Cubana Farmácia**, v.30, n.1, P.1-7, 1997.

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 B 1 contamination of spices. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 385-390, 2011.

PRASERTSAN, S.; SAEN-SABY, P. Heat pump drying of agricultural materials. **Drying Technology**, v. 16, n. 2, p. 235-250, 1998.

QUEIROZ, E. F.; FARO, R. R. A. MELO, C. A. A biodiversidade brasileira como fonte de novas drogas: passado, presente, e futuro. **RDF – Revista de Fitoterapia**, v. 9, n. 1, p. 31-35, 2009.

QUEIROZ, R.; GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N. Drying kinetics of tomato by using electric resistance and heat pump dryers. **Drying Technology**, v. 22, n. 7, p. 1603–1620, 2004.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BERBERT, P. A. Efeitos da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade do óleo essencial de alecrim pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 9-13, 2002.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BERBERT, P. A.; DE GRANDI, A. M.; ROCHA, R. P. Efeito da temperatura de secagem na quantidade e qualidade do óleo essencial de alecrim pimenta (*Lippia sidoides* cham). In congresso brasileiro de engenharia agrícola, v. 30, 2001.

RIBEIRO, P. G. F.; DINIZ, R. C. **Plantas aromáticas e medicinais – cultivo e utilização**. Londrina: IAPAR, 218 p. 2008.

RIERA, E.; GOLA'S, Y.; BLANCO, A.; GALLEGO, J. A.; BLASCO, M.; MULET. Mass transfer enhancement in supercritical fluids extraction by means of power ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 11, n. 3, p. 241-244, 2004.

RODRIGUES, F. F.; OLIVEIRA, L. G.; RODRIGUES, F. F.; SARAIVA, M. E.; ALMEIDA, S. C.; CABRAL, M. E.; ... COSTA, J. G. M. Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of essential oil from *Cordia verbenacea* DC leaves. **Pharmacognosy research**, v. 4, n. 3, p.161-165. 2012.

RODRIGUES, A. K. C; PAIVA, I. C.; BORSATO, A. V. Rendimento de óleo essencial em folhas desidratadas e frescas de *Cordia verbenaceae* DC. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

ROGÉRIO, A. P.; ANDRADE, E. L.; LEITE, D. F. P.; FIGUEIREDO, C.; CALIXTO, F. B. Themed section: mediators and receptors in the resolution of inflammation. Preventive and therapeutic anti-inflammatory properties of the sesquiterpene α -humuleno in experimental airways allergic inflammation. **British Journal of Pharmacology**, v. 158, p. 1074-1087, 2009.

ROSADO, L. D. S.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P., BERTOLUCCI, S. K. V.; NICULAU, E. D. S.; ALVES, P. B. Influence of leaf processing and type of drying on the content and chemical composition of the essential oil of basil cv. Maria Bonita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 291-296, 2011.

ROSSI, S. J.; NEUES, L. C.; KICOKBUSCH, T. G. Thermodynamics and energetic evaluation of a heat pump applied to drying of vegetables. **Drying**, v. 92, p. 1475-1483, 1992.

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.

SANTOS, R. **Análise de sistemas de secagem de café utilizando-se bomba de calor e gás liquefeito de petróleo glp**. 2007. 112 f. Tese (*Doctor Scientiae*) Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.

SANTOS, R. P.; NUNES, E. P.; NASCIMENTO, R. F.; SANTIAGO, G. M. P.; MENEZES, G. H. A.; SILVEIRA, E. R.; PESSOA, O. D. L. Chemical composition and Larvicidal Activity of the Essencial oils of *Cordia leucomalloides* and *Cordia curassavica* from the northesast of Brazil. **Journal Brazilian Chemistry Society**, v. 17, n. 5, p. 1027-1030, 2006.

SARKAR, J.; BHATTACHARYYA, S.; GOPAL, R.; TRANSCRITICAL, M. CO² heat pump dryer: Part 1. Mathematical model and simulation. **Drying Technology**, v. 24, p.1583–1591, 2006.

SCHEFFER, M. C.; CORRÊA JÚNIOR, C.; UDRY, M. C.; MARQUES, N. E.; KORNIJEZUK, R. M. P. **Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, 47 p. 2006.

SCHMIDT, E. L.; KLOCKER K.; FLACKE N.; STEIMLE F. Applying the transcritical CO₂ process to a drying heat pump. **International Journal of Refrigeration**, v. 21, n. 3, p. 202-211, 1998.

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, 2012a.

SILVA, L. C. A. **Efeito da desidratação osmótica assistida por ultrassom no processo de secagem convectiva de abacaxi pérola**. 2012. 98 f. Dissertação (*Magister Scientiae*), Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2012b.

SILVA, F.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: Pós-colheita e óleos essenciais**. Viçosa: Arte e Livros, 135 p. 2000.

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.

SLEDZ, M.; WIKTOR, A.; RYBAK, K.; NOWACKA, M.; WITROWA-RAJCHERT, D. The impact of ultrasound and steam blanching pre-treatments on the drying kinetics, energy consumption and selected properties of parsley leaves. **Applied Acoustics**. 2015a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.05.006>>. Acesso em: 02 de setembro de 2016.

SLEDZ, M.; WIKTOR, A.; NOWACKA, M.; WITROWA-RAJCHERT, D. Drying kinetics, microstructure and antioxidant properties of basil treated by ultrasound. **Journal of Food Process Engineering**, 2015b. Disponível em: <[doi:10.1111/jfpe.12271](https://doi.org/10.1111/jfpe.12271)>. Acesso em 04 de setembro de 2016.

SLEDZ, M., NOWAK, P.; WITROWA-RAJCHERT D. Drying of parsley leaves pre-treated by ultrasound. **Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych**, n. 579, p. 91–99, 2014.

SOARES, R. D.; CHAVES, M. A.; SILVA, A. A. L. D.; SILVA, M. V. D.; SOUZA, B. D. S. Influence of drying temperature and air velocity related to essential oil and linalol contents of the basil (*Ocimum basilicum* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.

SOSLE, V.; RAGHAVAN, G. S. V.; KITTLER, R. Low-temperature drying using a versatile heat pump dehumidifier. **Drying Technology**, v. 21, n. 3, p. 539–554. 2003.

SOUZA, M. R. M.; PEREIRA, R. G. F.; FONSECA, M. C. M. Comercialização de plantas medicinais no contexto da cadeia produtiva em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 14, p. 242-245, 2012.

SOYSAL, Y.; ÖZTEKIN, S. Equilibrium moisture content equations for some medicinal and aromatic plants. **Journal of agricultural Engineering Research**, v. 74, n. 3, p. 317-324, 1999.

STASHENKO, E.E.; JARAMILLO, B.E.; MARTÍNEZ, J.R. Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its in vitro antioxidant activity. **Journal of Chromatography**. v.125, n.1, p.93-103, 2004.

STROMMEN, I.; EIKEVIK, T. M.; ALVES-FILHO, O.; SYVERUD, K.; JONASSEN, O. Low temperature drying with heat pumps new generations of high quality dried products. In: **13th International drying symposium**, p. 27-30, 2002.

SUSLICK, K. S. The chemical effects of ultra-sound. **Scientific American**, v. 2, p. 80- 86, 1989.

SZUMNY, A., FIGIEL, A.; GUTIÉRREZ-ORTÍZ, A.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. A. Composition of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) as affected by drying method. **Journal of Food engineering**, v. 97, n. 2, p. 253-260, 2010.

TARLELON, E.S., WAKEMAN, R. J. Ultrasonically assisted separation process. In: POVEY, M. J. W., MASON, T. J. (Eds), **Ultrasounds in Food Processing**. Blackie Academic and Professional, p. 193-218, 1998.

UEDA-NAKAMURA, T.; MENDONÇA-FILHO, R. R.; MORGADO-DÍAZ, J. A.; MAZA, P. K.; DIAS FILHO, B. P.; CORTEZ, D. A. G.; ...NAKAMURA, C. V. Antileishmanial activity of Eugenol-rich essential oil from *Ocimum gratissimum*. **Parasitology International**, v. 55, n. 2, p. 99-105, 2006.

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

VENTRELLA, M. C.; MARINHO, C. R. Morphology and histochemistry of glandular trichomes of *Cordia verbenacea* DC.(Boraginaceae) leaves. **Brazilian Journal of Botany**, v.31, n. 3, p. 457-467, 2008.

VERAS, H. N.; ARARUNA, M. K.; COSTA, J. G.; COUTINHO, H. D.; KERNTOPF, M. R.; BOTELHO, M. A.; MENEZES, I. R. Topical antiinflammatory activity of essential oil of *Lippia sidoides* Cham: possible mechanism of action. **Phytotherapy research**, v. 27, n. 2, p. 179-185, 2013.

VERAS, H. N.; RODRIGUES, F. F.; COLARES, A. V.; MENEZES, I. R.; COUTINHO, H. D.; BOTELHO, M. A.; COSTA, J. G. Synergistic antibiotic activity of volatile compounds from the essential oil of *Lippia sidoides* and thymol. **Fitoterapia**, v. 83, n. 3, p. 508-512, 2012.

VON HERTWING, I. F. **Plantas aromáticas e medicinais: plantio colheita secagem comercialização**. SÃO PAULO: ICONE, 449 p. 1986.

WOLFFENBÜTTEL, A. N. **Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica**. São Paulo : Roca, 292 p. 2010.

ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A.; SANTOS, A. S.; SILVA M. H. L.; MAIA, J. G. S. Essential oils of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. Growing Wild in the Brazilian Amazon. **Flavour and Fragrance Journal**, v.13, p.47-48, 1998.

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.