

JULIANA MARIA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ERVA-
BALEEIRA (*VARRONIA CURASSAVICA* JACQ.) APÓS PRÉ-
TRATAMENTO COM ULTRASSOM E SECAGEM**

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
2017

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

T

O48a
2017
Oliveira, Juliana Maria de, 1984-
Avaliação da qualidade do óleo essencial de erva-baleeira(
Varronia curassavica Jacq.) após pré- tratamento com ultrassom
e secagem / Juliana Maria de Oliveira. – Viçosa, MG, 2017.
xiv, 62f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Evandro de Castro Melo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Essências e óleos essenciais. 2. Plantas medicinais.
3. Ultrassom. 4. Secagem. I. Universidade Federal de Viçosa.
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-graduação em
Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22 ed. 661.806

JULIANA MARIA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE ERVA-
BALEEIRA (*VARRONIA CURASSAVICA* JACQ.) APÓS PRÉ-
TRATAMENTO COM ULTRASSOM E SECAGEM**

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: 21 de março de 2017.

Maira Christina Marques Fonseca
(Coorientadora)

Antônio Jacinto Demuner
(Coorientador)

Sérgio Maurício Lopes Donzeles

Ana Paula Martinazzo

Evandro de Castro Melo
(Orientador)

À Deus,

Aos meus amados pais, Renildes e Djalma,

Ao meu precioso irmão, Felipe,

À toda minha família,

Aos meus amigos,

DEDICO.

Ao meu tio, João (*in memoriam*)

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por toda força, sabedoria, luz e “colo” oferecido em todos estes anos. Todo esse cuidado me fez lembrar que nada nesse mundo é por acaso... Tudo é ensinamento.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) por todo o suporte físico, técnico e intelectual fornecidos durante estes anos de graduação, mestrado e doutorado.

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

Ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) pelas instalações cedidas para realização dos trabalhos.

Agradeço ao meu orientador Dr. Evandro, por todo carinho, atenção, preocupação e cuidado. Como costume dizer, o senhor foi um pai que a UFV me deu. Gratidão imensa por isso!

Agradeço a pesquisadora da EPAMIG, Maira, por tantos anos de cooperação e dedicação, comigo e nossos trabalhos.

Ao professor Demuner, agradeço pela orientação, ajuda e por ceder seu laboratório com tão boa vontade.

Por toda atenção, disponibilidade e por fazer minhas análises estatísticas, agradeço muito ao professor Cecon. Um exemplo de garra e força para todos nós.

Agradeço aos meus queridos amigos do laboratório de plantas medicinais, Mariane, Naiara, Michelle, Melina e Raiane. Em especial, quero dar o meu mais sincero obrigado ao amigo e companheiro Diego (Di, sem você, essa tese não teria sido feita. Obrigada por todos os momentos em que estive ao meu lado, mesmo que implicando um com o outro, rrsrs).

Agradeço à Ana pela ajuda na execução dos experimentos e por ser sempre tão dedicada e prestativa.

Agradeço aos amigos que fiz na Engenharia Agrícola.

Não poderia esquecer dos companheiros de jornada, Elem, Jú, André, Madelaine, Michela (que mesmo distante se faz presente) e todos os colegas da EPAMIG que sempre me recebem com tanta alegria, agradeço a todos vocês por estarem sempre comigo e me fazerem sorrir.

Aos funcionários do DEA, Edson, José Geraldo, José Eustáquio, Sérgio, Rafael e Galinari, obrigada por toda ajuda e amizade.

Agradeço ao José Luiz pelas análises cromatográficas.

À minha amiga/irmã Anália, minha eterna gratidão. São 13 anos de companheirismo, risos, lágrimas, paródias, esquisitices, abraços e conselhos. Amo você, minha querida. Obrigada por chegar na minha vida e ficar! Aproveitando, agradeço também o companheirismo da minha nova amiga Ana Cláudia.

Ao Gabriel, agradeço pelos bons momentos, pela força, companheirismo, risadas, boas músicas e ensinamentos neste último ano.

Para minha anjinha da guarda Regiane, só peço a Deus que lhe dê em dobro tudo que fez e me proporcionou. Seus conselhos e seu acolhimento me deram a paz que eu precisava para trilhar meu caminho. Obrigada por me oferecer sua casa para que eu a fizesse também de meu lar. Obrigada por tudo!

Agradeço a todos os professores da Engenharia Agrícola pelos ensinamentos.

E finalmente, agradeço à toda minha família. Mãe, Pai, e Lipe, AMO vocês INFINITAMENTE !! Avós, tios e primos, obrigada por estarmos sempre juntos!! Os amo muito também! Não há palavras suficientes para dizer o quanto são importantes em minha vida! Gratidão!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

(Madre Teresa de Calcutá)

BIOGRAFIA

JULIANA MARIA DE OLIVEIRA nasceu na cidade de Rio Casca - MG no dia 19/07/1984, filha de Renildes Aparecida Arantes e Djalma Cosme de Oliveira. Em 2004 ingressou na Universidade Federal de Viçosa e de 2005 a 2007, estagiou no laboratório de Controle Biológico de Insetos sob a orientação do Professor José Cola Zanúncio e do estudante de doutorado Fabrício Fagundes Pereira. Formou-se como Engenheira Agrônoma no ano de 2010. Neste mesmo ano, trabalhou como bolsista de Apoio Técnico (AT) e bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial (DTI)/ CNPq na EPAMIG-UREZM sob supervisão da pesquisadora Madelaine Venzon. Em Março de 2011 iniciou o curso de mestrado na Universidade Federal de Viçosa sob a orientação da Dr^a Madelaine Venzon, e o finalizou em Março de 2013. Trabalhou por quatro meses como bolsista DTI no laboratório de Entomologia da EPAMIG e em Agosto do mesmo ano, iniciou seu Doutorado com o professor Dr. Evandro de Castro Melo, trabalhando com secagem de plantas medicinais, cuja tese é aqui apresentada.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABELAS	x
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1. Plantas medicinais.....	4
3.2. Óleos essenciais.....	7
3.3. <i>Varronia curassavica</i> Jacq.....	9
3.4. Secagem.....	11
3.5. Ultrassom.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1. Delineamento experimental.....	17
4.2. Material vegetal.....	18
4.2.1. Coleta e seleção do material vegetal.....	18
4.3. Determinação do teor de água.....	19
4.4. Pré-tratamento de ultrassom.....	19
4.5. Secagem.....	20
4.6. Extração do óleo essencial.....	22
4.7. Determinação da composição do óleo essencial.....	23
4.7.1. Análise qualitativa dos constituintes do óleo essencial.....	23
4.7.2. Análise quantitativa dos constituintes do óleo essencial.....	24
4.8. Análise estatística.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1. Secagem a $0,25 \text{ m s}^{-1}$	25
5.2. Análise química a $0,25 \text{ m s}^{-1}$	31
5.3. Secagem a $0,50 \text{ m s}^{-1}$	37
5.4. Análise química a $0,50 \text{ m s}^{-1}$	41
6. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Varronia curassavica</i> Jacq., cultivada em sistema orgânico.	18
Figura 2	Banho de ultrassom utilizado para realização do pré-tratamento nas amostras de folhas	20
Figura 3	Secador utilizado na secagem de Erva-baleeira	20
Figura 4	Esquema do secador com resistência elétrica	21
Figura 5	Termo-higrômetro utilizado para registro da temperatura e umidade relativa ambiente.	21
Figura 6	Aparelhos de destilação tipo Clevenger	22
Figura 7	Curvas de secagem de folhas de <i>V. curassavica</i> submetidas a diferentes pré-tratamentos com ultrassom	27
Figura 8	Aspecto das folhas queimadas após 15, 30 e 45 minutos de secagem, respectivamente, à velocidade de $0,25 \text{ m s}^{-1}$ e temperatura de $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.	28
Figura 9	Efeito das temperaturas no tempo de secagem de <i>V. curassavica</i> .	29
Figura 10	Efeito das temperaturas no consumo de energia de <i>V. curassavica</i>	29

Figura 11	Efeito das temperaturas no rendimento do óleo essencial de <i>V. curassavica</i> .	30
Figura 12	Cromatograma dos principais constituintes do óleo essencial de <i>V. curassavica</i> .	31
Figura 13	Efeito das temperaturas na concentração de α -pineno presente nas folhas de <i>V. curassavica</i> .	36
Figura 14	Efeito das temperaturas na concentração de (<i>E</i>)-cariofileno presente nas folhas de <i>V. curassavica</i> .	36
Figura 15	Curvas de secagem de folhas de <i>V. curassavica</i> submetidas a diferentes pré-tratamentos com ultrassom	38
Figura 16	Efeito das temperaturas no tempo de secagem de <i>V. curassavica</i>	40
Figura 17	Cromatograma dos principais constituintes do óleo essencial de <i>V. curassavica</i> .	41
Figura 18	Efeito das temperaturas no tempo de secagem de <i>V. curassavica</i> nas velocidades de $0,25 \text{ m s}^{-1}$ e $0,50 \text{ m s}^{-1}$.	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Equações de regressão ajustadas do tempo de secagem, consumo de energia e rendimento de óleo em função da temperatura e os respectivos coeficientes de determinação.	28
Tabela 2	Constituintes químicos do óleo essencial extraído de folhas de <i>V. curassavica</i> submetidas a três tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom e quatro temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C).	33
Tabela 3	Valores médios das concentrações (%) de α -pineno, (<i>E</i>)-cariofileno, α -humuleno presentes no óleo essencial extraído de folhas de <i>V. curassavica</i> submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom e temperaturas do ar de secagem.	34
Tabela 4	Equações de regressão ajustadas das concentrações de α -pineno, (<i>E</i>)-cariofileno e α -humuleno e os respectivos coeficientes de determinação.	35
Tabela 5	Equações de regressão ajustadas do tempo de secagem, consumo de energia e rendimento de óleo em função da temperatura e os respectivos coeficientes de determinação.	39
Tabela 6	Constituintes químicos do óleo essencial extraído de folhas de <i>V. curassavica</i> submetidas a três tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom e quatro temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C).	43

Tabela 7	Valores médios das concentrações (%) de α -pineno, (<i>E</i>)-cariofileno, α -humuleno presentes no óleo essencial extraído de folhas de <i>V. curassavica</i> submetidas aos diferentes tempos de pré-tratamento de ultrassom e temperaturas do ar de secagem.	44
Tabela 8	Equações de regressão ajustadas das concentrações de α -pineno, (<i>E</i>)-cariofileno e α -humuleno	45

RESUMO

OLIVEIRA, Juliana Maria de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2017. **Avaliação da qualidade do óleo essencial de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.) após pré-tratamento com ultrassom e secagem.** Orientador: Evandro de Castro Melo. Coorientadores: Maira Christina Marques Fonseca e Antônio Jacinto Demuner.

A aplicação do pré-tratamento com ultrassom associada à variação da velocidade e temperatura do ar de secagem podem permitir que plantas sejam secas mais rapidamente em relação às técnicas de secagem tradicionais. No entanto, faz-se necessário avaliar o rendimento e a qualidade do óleo essencial produzido a partir de plantas submetidas a esse processo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do pré-tratamento com ultrassom, duas velocidades (0,25 e 0,5 m s⁻¹) e quatro temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C) em secador de bandejas, no rendimento e composição química do óleo essencial de folhas de *Varronia curassavica*, utilizando um secador de resistência elétrica como fonte de aquecimento. Foram avaliados três tempos de exposição às ondas ultrassônicas (0, 5 e 10 min), com três repetições. A extração do óleo foi realizada por hidrodestilação e os seus constituintes químicos foram analisados por técnicas cromatográficas (GC-MS/GC-FID). O experimento foi conduzido segundo um esquema fatorial em DIC 4 x 3. Os dados foram analisados utilizando-se regressão. Para a velocidade de 0,25 m s⁻¹, os pré-tratamentos com ultrassom, não influenciaram significativamente na redução do tempo de secagem, no rendimento e qualidade do óleo essencial e no consumo de energia, porém foram influenciadas pelas variações de temperatura do ar de secagem resultando em um maior rendimento de óleo à temperatura de 50 °C. Para o marcador químico da espécie, o α -humuleno, em qualquer tempo de ultrassom e temperatura, a concentração média foi de 7,58%. E para a velocidade de 0,5 m s⁻¹, constatou-se que quanto maior a temperatura, menor o tempo de secagem, o consumo médio foi de 17,7 kWh e o rendimento de óleo foi de 0,36% m. s.. As concentrações dos principais compostos químicos (α -pineno, (*E*)-cariofileno e α -humuleno) apresentaram os seguintes valores médios: 18,83%, 27,37% e 6,51%, respectivamente. Conclui-

se que, velocidades baixas e variação das temperaturas, suprimiram o efeito do pré-tratamento com ultrassom para a espécie *V. curassavica*.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Juliana Maria de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2017. **Evaluation of the quality of essential oil of barberry (*Varronia curassavica* Jacq.) after pre-treatment with ultrasound and drying.** Advisor: Evandro de Castro Melo. Co-advisors: Maira Christina Marques Fonseca and Antônio Jacinto Demuner.

Application of the ultrasonic test associated with the rate and temperature variation for drying may allow the plants to be dried faster than traditional drying techniques. However, it is necessary to evaluate the yield and the quality of the essential oil produced from plants submitted to this process. (0,25 and 0,5 m s⁻¹) and four drying temperatures (40, 50, 60 and 70 °C) in a tray dryer, without yield and chemical composition of the essential oil of leaves of *Varronia curassavica*, using a dryer of electricity as a heating source. Three exposure times were performed on ultrasonic waves (0, 5 and 10 min), with three repetitions. Extraction of the oil was carried out by hydrodistillation and its chemical constituents were analyzed by chromatographic techniques (GC-MS / GC-FID). The experiment was conducted according to a factorial scheme in 4 x 3 DIC. Data were analyzed using regression. At a velocity of 0.25 m s⁻¹, the drying time reduction coefficients, the yield and the quality of the essential oil and the energy consumption, however, were influenced by the drying air temperature variations resulting in a higher yield of oil at 50 °C. For the chemical marker of the species, α-humulene, at any time of ultrasound and temperature, a mean concentration was 7.58%. At the rate of 0.5 m s⁻¹, it was found that the higher the temperature, the lower the drying time, the average consumption of 17.7 kWh and the oil yield was 0.36% m. s. As concentrations of chemicals (α-pinene, (E)-cariophyllene and α-humulene) presented the following mean values: 18.83%, 27.37% and 6.51%, respectively. It was concluded that low velocities and temperature variation suppressed the effect of pre-treatment with ultrasound for a *V. curassavica* species.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o emprego de plantas medicinais na recuperação da saúde tem evoluído, desde tratamentos locais e caseiros até as formas mais sofisticadas provenientes da indústria farmacêutica. É crescente a busca de plantas para o tratamento de doenças, principalmente pelo baixo custo e pela facilidade de acesso (ARAÚJO et al., 2009).

Define-se como planta medicinal aquela que contém substâncias ou classe de substâncias responsáveis por alguma ação terapêutica (BRASIL, 2010). Basicamente, dos tipos de medicamentos são originados destas plantas: os fitofármacos, obtidos através do isolamento de algum princípio ativo da planta e os fitoterápicos, que são medicamentos obtidos empregando-se exclusivamente derivados integrais de plantas medicinais (BATALHA et al., 2003; ANVISA, 2017).

Em vista da crescente demanda por plantas medicinais, tem-se formado um mercado com alto potencial de consumo, necessitando-se de matéria prima de alta qualidade, com oferta regular e de fácil disponibilidade. São várias as espécies medicinais, aromáticas e condimentares cultivadas e comercializadas no Brasil: camomila (*Chamomilla recutita*), hortelã (*Mentha* spp.), manjeriço (*Ocimum* spp.), o capim-limão (*Cymbopogon citratus*), vinca (*Catharanthus roseus*), guaco (*Mikania glomerata* Sprengel), melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel), erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.), dentre outras (AMARAL et al., 1999; MARTINAZZO, 2006; RADÜNZ, 2004; SIMÕES & SPITZER, 2003; LEMOS, 2008; ANDRADE et al., 2012).

No Brasil, embora a indústria farmacêutica esteja ampliando a produção de materiais de origem vegetal, a maioria das plantas medicinais é utilizada na forma de planta fresca, colhida pelo próprio consumidor, ou plantas secas, adquiridas a granel no comércio. A má qualidade destes produtos no Brasil fez com que o Ministério da Saúde (MS) elaborasse uma portaria regulamentando os procedimentos para a produção de plantas medicinais (MS, 1995). A falta de conhecimento tecnológico por parte dos produtores faz com que 60% das plantas medicinais, aromáticas e condimentares cultivadas no

Brasil estejam fora do padrão de qualidade exigido pelo mercado internacional (SILVA et al., 1999).

Os produtos de má qualidade estão associados às etapas de cultivo, colheita, beneficiamento e armazenagem inadequados. Dentre as etapas de pós-colheita, a secagem e o armazenamento são fundamentais para a obtenção de um produto de boa qualidade. Falha em qualquer uma dessas etapas influenciará na qualidade do produto final. A secagem inadequada pode comprometer o teor e a qualidade dos princípios ativos. O armazenamento incorreto também pode levar à perda de material, seja por motivos de ordem física ou biológica (BARBOSA, 2005; RADÜNZ, 2004) além de outras perdas associadas ao transporte e embalagens inadequadas (DAL AGNOL, 2002).

As alterações químicas pós-colheita podem ser influenciadas pela secagem de plantas medicinais (COSTA et al., 2005; FENNEL et al., 2004). Além disso, a secagem também pode causar alterações na aparência do produto (cor e odor), modificando a qualidade final. Segundo Lorenzi e Matos (2002), a secagem das espécies medicinais é um processo de preparação, visando atender às necessidades da indústria farmacêutica, a qual não têm infraestrutura para utilizar as plantas *in natura* na escala exigida.

A secagem tem como objetivo a redução do teor de água fazendo com que a atividade da água nos produtos *in natura* diminua drasticamente, aumentando o tempo de conservação e a vida útil do produto, facilitando seu transporte, manuseio e armazenamento. Promove também a estabilidade dos compostos químicos e oferece proteção contra degradação enzimática e oxidativa (PARK et al., 2001). Além disso, a redução da quantidade de água diminui as condições para a infecção por micro-organismos.

Os principais parâmetros a serem observados na secagem são as propriedades do ar, como temperatura, umidade relativa e velocidade. Os óleos essenciais são os constituintes mais sensíveis ao processo de secagem das espécies medicinais e aromáticas. Os limites de temperatura do ar de secagem são determinados pela volatilidade das substâncias químicas presentes no óleo e de suas estruturas armazenadoras (MARTINS et al., 2002; VENSKUTONIS, 1997).

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos na UFV com o objetivo de avaliar o efeito dos parâmetros do ar de secagem no rendimento e composição dos óleos essenciais, bem como demonstrar as alterações que podem ocorrer nessas substâncias. Dentre eles destacam-se: MARTINAZZO (2006), RADÜNZ et al. (2006), BARBOSA et al. (2006), COSTA et al. (2005), RADÜNZ et al. (2002) e BUGGLE et al. (1999).

Porém, as pesquisas sobre a influência da secagem associada à aplicação prévia de ultrassom na qualidade de plantas medicinais, aromáticas e condimentares são ainda incipientes, tornando necessária a formação de programas de pesquisa que abordem esse tema.

A utilização do ultrassom é bastante promissora, pois não altera as características principais de qualidade dos produtos. A secagem, que usa esta tecnologia, torna-se interessante porque o produto pode ser seco mais rapidamente e com valores menores de temperatura em relação aos secadores tradicionais. A secagem com tratamento prévio de ultrassom tem a capacidade de remover a água sem aquecer significativamente o produto, além de acelerar os processos de transferência de massa.

As ondas ultrassônicas podem causar uma rápida compressão e expansão celular, de forma similar a uma sanfona quando se fecha e abre (efeito sanfona). Além disso, o ultrassom produz cavitação (colapso da bolha) que pode auxiliar na remoção da água que está fortemente ligada à estrutura celular das plantas. O efeito sanfona causado pelas ondas ultrassônicas podem ser responsáveis pela formação de microcanais (TARLELON & WAKEMAN, 1998; FUENTE-BLANCO et al., 2006) que foram relatados pela primeira vez por Fernandes et al. (2008) em micrografias do tecido de melão após serem submetidos a tratamentos com ultrassom.

Toda metodologia que faça uso de recursos para tornar a secagem eficiente, preservando a qualidade do produto deve ser considerada para que, futuramente, esses processos possam ser inseridos em um só equipamento. Algum tipo de pré-tratamento, uso da automação no processo, tipos de secadores, tipos de fonte de aquecimento, dentre outros, podem ser combinados para que haja uma otimização dos resultados.

Neste contexto e com o intuito de fornecer mais informações acerca da secagem de *Varronia curassavica*, este trabalho teve como finalidade a análise química do óleo essencial após pré-tratamento com ultrassom e secagem em um secador de camada fixa.

2. OBJETIVO

Avaliar a influência da aplicação do pré-tratamento com ultrassom (zero, cinco e dez minutos) sobre a quantidade e a qualidade do óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq., utilizando sistema de secagem em camada fixa com quatro temperaturas e duas velocidades do ar de secagem.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Plantas medicinais

A OMS define planta medicinal como sendo “todo e qualquer vegetal que possui, em um ou mais órgãos, substâncias que podem ser utilizadas com fins terapêuticos ou que sejam precursores de fármacos semi-sintéticos” (JÚNIOR et al., 2005).

O uso tradicional de plantas medicinais em todo o mundo contribui para a validação das informações terapêuticas acumuladas durante séculos. A cultura da medicina popular fomenta o interesse de pesquisadores por estudos que envolvem áreas multidisciplinares, como botânica, farmacologia e fitoquímica que, juntas, enriquecem os conhecimentos sobre a flora mundial (MACIEL et al., 2002).

Sabe-se que a qualidade dos princípios ativos das espécies medicinais está diretamente relacionada ao manejo a que são submetidas. Os cuidados tomados durante o cultivo e colheita e a preservação correta das partes colhidas contribuem para diminuir a perda de princípios ativos. A sensibilidade das espécies em relação à colheita está bem caracterizada nas plantas produtoras de óleos essenciais e na localização das estruturas secretoras e armazenadoras, que determinam o método da colheita e secagem. Espécies que armazenam óleo em pêlos glandulares na superfície das folhas (ex.:

Varronia) ou nas flores demandam mais cuidado na colheita do que espécies em que o mesmo se acumula em estruturas internas (ex.: funcho e canela-sassafrás) (BRASIL, 2006a).

Um dos fatores que contribuem para a obtenção de um produto vegetal de má qualidade é a falta de informação em toda a cadeia produtiva da espécie medicinal (VEIGA JUNIOR, 2008). Como em qualquer sistema agroindustrial, um ponto fundamental para o sucesso do empreendimento é o acesso a mercados potenciais, o qual ocorre por meio do conhecimento da demanda e possibilita a definição de padrões de qualidade, quantidades dos produtos e planejamento da produção (SOUZA et al., 2012).

A origem da matéria-prima vegetal utilizada é de grande relevância para a garantia da qualidade e segurança das espécies medicinais. Isto depende, em primeiro lugar, das matrizes, as quais devem ser adquiridas de instituições idôneas e identificadas botanicamente, impondo menor risco ao cultivo e à posterior utilização terapêutica (SOUZA et al., 2012).

O extrativismo direto da flora nativa tem levado a drásticas reduções das populações naturais de espécies medicinais, seja pelo processo predatório da exploração, seja pelo desconhecimento de mecanismos de perpetuação (REIS & MARIOT, 2002). Assim, a domesticação e o cultivo se tornam a melhor opção para obtenção da matéria-prima vegetal em bases sustentáveis e com garantia de procedência.

Segundo Santos e Martins (2007), de modo geral, as espécies vegetais tendem a apresentar perfil semelhante no que se refere ao acúmulo de metabólitos secundários. No entanto, fatores como localização geográfica (fatores edáficos), disponibilidade de nutrientes na área de cultivo, poluição ambiental, altitude, estágio de desenvolvimento, estação do ano, calor, ataque de insetos, patógenos e umidade podem afetar o teor desses constituintes fazendo com que, muitas vezes, uma determinada substância ou classe de substâncias se acumule em maior ou menor quantidade.

O uso de plantas medicinais, quando feito com critério, só tem a contribuir para a saúde. Tais critérios referem-se à identificação do quadro clínico apresentado (doença ou sintoma), escolha certa e preparação adequada da planta a ser utilizada (MARTINS et al., 1994). O emprego correto

de plantas para fins terapêuticos, pela população em geral, requer o uso de plantas medicinais selecionadas por sua eficácia e segurança terapêuticas, que se baseiam na tradição popular ou são validadas cientificamente como medicinais (LORENZI e MATOS, 2002).

Validar o uso popular das plantas medicinais é objetivo constante dos pesquisadores nesta área. Tais pesquisadores visam à melhoria da qualidade de vida da população brasileira, permeada ao acesso a plantas medicinais e fitoterápicos de qualidade com alta eficácia e baixo custo, o que contribui para a melhor aceitação popular, manejo racional da biodiversidade e fortalecimento do uso de medicamentos fitoterápicos, quer seja em farmácias vivas, quer seja na indústria de medicamentos. No Brasil, a importância da Fitoterapia como forma de tratamento de doenças está atrelada à políticas nacionais, estaduais e municipais (BRASIL, 2008).

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 plantas medicinais e derivados nos cuidados primários com a saúde e sua inserção na rede pública, assim como ao desenvolvimento da cadeia produtiva de plantas medicinais e fitoterápicos (BRASIL, 2012).

Em 2006, foram publicadas para o setor de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil a Política Nacional de Plantas Medicinais 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, atualmente, os principais instrumentos norteadores para o desenvolvimento das ações/programas com plantas medicinais e fitoterapia (BRASIL, 2012).

Em consonância com as recomendações da OMS, essas políticas foram formuladas 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, um aumento no número de medicamentos fitoterápicos registrados, principalmente com base em espécies nativas (BRASIL, 2012; CARVALHO et al., 2008).

No ano de 2008, em dezembro, foi criado o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, definindo ações e metas a serem desenvolvidas pelos diferentes Ministérios e instituições envolvidas na cadeia de produção de plantas medicinais e seus derivados (BRASIL, 2008).

No ano seguinte, fevereiro de 2009, o Ministério da Saúde publicou a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse do SUS (RENISUS), com o objetivo de fortalecer pesquisas com plantas medicinais nativas e disponibilizar estas informações. Esta lista é composta por 71 espécies vegetais, para as quais serão priorizadas pesquisas e investimentos com o intuito de que as mesmas sejam utilizadas com segurança e eficácia (MS, 2009).

Sabe-se que a legislação brasileira evoluiu muito desde a publicação das duas políticas (PNPIC e PNPMF) em 2006. Atualmente, o Brasil continua a avançar nesse aspecto, promovendo mudanças na regulamentação, simplificando regras e processos, passos fundamentais para incentivar pesquisas e descobertas com recursos de sua vasta biodiversidade. Prova disto é o novo Marco Legal da Biodiversidade, Lei 13.120/2015, que regulamenta o acesso ao patrimônio genético e ao conhecimento tradicional associado (BRASIL, 2015).

Trabalhos de resgate e difusão do conhecimento sobre espécies medicinais devem ser priorizados, visto que o Brasil possui um dos maiores acervos vegetais do mundo, ou seja, existe um enorme potencial para a pesquisa e produção de produtos para tratamento de várias doenças, basta que para isso o incentivo seja dado pelos governantes e estudados por pessoas capacitadas.

3.2. Óleos essenciais

Os óleos essenciais naturais são misturas muito complexas que podem conter vários componentes em concentrações variáveis. São caracterizados por dois ou três componentes majoritários com concentrações bastante elevadas (20 a 70%) quando comparados com os outros componentes minoritários (BAKKALI et al., 2008). Dependendo da espécie, podem estar localizadas em estruturas secretoras especializadas, como os pêlos

glandulares, células do parênquima diferenciadas, canais oleíferos ou em bolsas lisígenas ou esquizolisígenas. Podem ser armazenados em folhas, flores, cascas do caule, raízes, rizomas, frutos ou sementes. A composição química, características físico-químicas e odores destes óleos podem ser diferentes em cada órgão da planta, e ainda, a composição química extraída do mesmo órgão pode variar significativamente de acordo com a época de coleta, condições climáticas e de solo (SIMÕES & SPITZER., 2003).

Óleos essenciais são recursos renováveis, com várias aplicações em indústrias. Os compostos encontrados nos óleos essenciais são importantes na elaboração de produtos naturais nas indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética (CHARLES & SIMON, 1990). Os países em desenvolvimento são as principais fontes de óleos brutos, devido à existência de políticas de incentivos à diversificação da produção e, também, no incremento do volume de exportações ou redução de importações, procurando equilibrar a balança comercial (VERLET, 1993).

De acordo com Martins et al. (2003), atribui-se aos óleos essenciais as seguintes atividades: atração de insetos polinizadores, regulação da transpiração, defesa contra herbivoria, dentre outros. O grande número e a diversidade de substâncias denominadas princípios ativos é que determinam a variedade de ações terapêuticas. Recomenda-se que as plantas que os contêm recebam especial atenção na colheita, secagem e, o armazenamento, que deve ser feito em recipientes bem fechados, para evitar maiores perdas. A volatilidade de alguns terpenos faz com que esses compostos sejam facilmente perceptíveis nos aromas das plantas e prontamente obtidos por destilação de órgãos vegetais (CASTRO et al., 2004). Em geral, os óleos voláteis não são muito estáveis, principalmente em presença de O₂, luz, calor e umidade. Seus constituintes podem ter cadeias carbônicas como hidrocarbonetos terpênicos ou funções como aldeídos, fenóis, éteres, óxidos, peróxidos e ácidos orgânicos até compostos com enxofre em diferentes concentrações (COSTA et al., 2008).

Segundo a “United Nations Commodity Trade Statistics Database”, citada por Bizzo et al. (2009), o mercado mundial de óleo essencial gira em torno de US\$ 15 milhões/ano, apresentando crescimento aproximado de 11% por ano. O Brasil tem lugar de destaque na produção de óleo essencial, ao lado

da Índia, China e Indonésia, que são considerados os quatro grandes produtores mundiais. A posição do Brasil deve-se aos óleos essenciais de cítricos (laranja, limão e lima), que são subprodutos da indústria de sucos. No ano de 2004 o Brasil exportou 5% do total de óleos importados pela União Européia e encontra-se entre os grandes exportadores internacionais.

Estudos bioquímicos sobre fases de desenvolvimento de espécies vegetais evidenciam que, à medida que se conhece mais o comportamento da espécie, com relação as suas características de adaptação ao ambiente, como melhor local de desenvolvimento, características de solo, horário de colheita, secagem e armazenamento, melhor será a sua produtividade, e conseqüentemente poderá haver incremento na quantidade e qualidade das substâncias ativas (OLIVEIRA,1997).

3.3. *Varronia curassavica* Jacq.

Varronia curassavica (sinonímia *Cordia verbenacea* – Boraginaceae), é conhecida popularmente como catinga-de-barão, cordia e erva-baleeira. É espécie nativa em quase todo Brasil principalmente no litoral e muito comum na floresta tropical atlântica (LORENZI E MATOS, 2002; LADEIRA, 2002).

É utilizada há séculos por caixaras do litoral paulista na forma de decocto e garrafada (infusão das folhas) como cicatrizante e para tratar contusões e processos inflamatórios. Também é utilizada no tratamento de: reumatismo, artrite reumatóide, gota, dores musculares e da coluna, nevralgias, prostatites, contusões, antiulcerogênico, antimicrobiano e propriedades tônicas (PANIZZA, 1997; PASSOS et al., 2007).

V. curassavica é um arbusto perene, muito ramificado, cresce de 1,5 a 2,5 m de altura. Possui folhas aromáticas que, quando maceradas, exalam um cheiro forte atribuído ao seu óleo essencial (PASSOS et al., 2007).

Os primeiros estudos científicos com essa espécie foram realizados por Sertié et al. (1991), que investigaram a ação anti-inflamatória e isolaram a artemetina, composto ativo da classe dos flavonoides.

São vários os compostos encontrados na parte aérea da erva-baleeira, dentre eles estão taninos, flavonóides e os óleos essenciais (FERNANDES et al., 2007). Seu óleo é constituído de monoterpenos e sesquiterpenos, dentre os

quais α -humuleno, α -pineno, aloaromadendreno, *trans*-cariofileno, espatulenol, β -gurjuneno e o epoxicariofileno (DE CARVALHO Jr. et al., 2004).

Por suas propriedades terapêuticas, a espécie *V. curassavica* consta na lista de plantas de interesse ao SUS (RENISUS) e tem despertado a atenção de pesquisadores para estudos de sua composição química, propriedades farmacológicas e aplicações terapêuticas. A partir dessa espécie foi desenvolvido o antiinflamatório de uso tópico Acheflan[®] pelo Laboratório Aché que causou impacto importante no cenário da indústria farmacêutica brasileira. O α -humuleno é principal marcador químico do óleo dessa espécie medicinal (GILBERT e FAVORETO, 2013; QUEIROZ et al., 2009; ARAÚJO, 2007).

Santos et al. (2006) avaliaram a composição química e atividade larvicida de óleos essenciais de *V. curassavica* do Nordeste do Brasil. O óleo essencial é composto por monoterpenos (47,3%) e sesquiterpenos (43,9%), sendo os constituintes majoritários: α -pineno (20,5%), β -pineno (13,1%), (*E*)-cariofileno (12,4%) e biciclogermacreno (13,8%). O potencial inseticida sobre larvas de *Aedes aegypti* mostraram que o óleo apresenta atividade larvicida significativa, matando 50,7% das larvas na concentração de 100 ppm.

Na avaliação da atividade antimicrobiana, Carvalho Jr. et al. (2004) e Meccia et al. (2009) identificaram e quantificaram os principais componentes do óleo de *V. curassavica*. 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. Verificaram também que 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), identificaram os seguintes componentes majoritários: triciclono (23,9%), biciclogermacreno (11,7%), germacreno D (9,9%) e (*E*)-cariofileno (8,2%), e observaram atividade antibacteriana sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 e *Enterococcus faecalis* ATCC 29212.

Na avaliação dos efeitos anti-inflamatórios, Fernandes et al. (2007) trataram edemas induzidos em patas de ratos com α -humuleno e (*E*)-

cariofileno, derivados do óleo essencial de *V. curassavica* e verificaram um efeito inibidor. O mesmo resultado foi observado por Passos et al. (2007) com relação ao efeito anti-inflamatório e antialérgico do óleo essencial de *V. curassavica* e de seus princípios ativos. Os autores concluíram que o α -humuleno e o (*E*)-cariofileno foram altamente eficazes no tratamento destes edemas em todos os intervalos de tempo testados. Concluindo que o óleo essencial de *V. curassavica* tem potencial terapêutico para o tratamento de doenças inflamatórias.

3.4. Secagem

A secagem é um processo de transferência simultânea de calor e massa, que consiste em retirar por evaporação a água contida em um produto até um valor específico e transferi-la ao ar ambiente circundante, geralmente mediante convecção forçada (ERTEKIN & YALDIZ, 2004; MINEA, 2013). A cinética de secagem depende das características do ar como temperatura, umidade relativa e velocidade de circulação e depende da composição do produto, teor de água e forma geométrica (OTI- BOATENG & AXTELL, 1998; KROKIDA et al., 2003).

Para prolongar a vida útil de alguns produtos, a secagem é amplamente utilizada, sendo um processo muito complexo devido à estrutura e a composição destes produtos. Portanto é necessário um estudo prévio para determinar as condições e parâmetros que garantirão a qualidade e custos operacionais mínimos (MONTES et al., 2008; DEFRAEYE 2014; KUMAR et al., 2014).

Estudos 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 sobre secagem de plantas medicinais.

Atualmente, em relação à secagem de plantas medicinais, tem-se trabalhos mais detalhados sobre temperatura e velocidade do ar de secagem, umidade relativa do ar dentro e fora do sistema de secagem. Muitos estudos têm sido realizados com o intuito de verificar principalmente, a influência das

temperaturas e das velocidades do ar de secagem sobre a produção e composição dos óleos essenciais de diversas plantas aromáticas. Radünz et al. (2006) avaliaram a influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*Mentha x villosa* huds) secando-as em secador de bandejas, com ar a temperatura ambiente e aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C a uma velocidade de 0,50 m s⁻¹ e comparando-as com o rendimento obtido em plantas frescas. Concluíram que a temperatura do ar recomendada para a secagem de hortelã-comum, visando obter o maior teor de óleo essencial é 50 °C. Semelhante a este trabalho, Radünz et al. (2010) estudaram o teor de óleo essencial de folhas de guaco submetidos a diferentes temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60, 70 e 80 °C) e concluíram que a melhor temperatura de secagem para extração do óleo essencial foi 50 °C. Radünz et al. (2012) também avaliaram o rendimento de cumarina em folhas guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) submetidas às temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C e concluíram que o maior rendimento de cumarina foi obtido quando o processo de secagem foi realizado com temperaturas entre 50 e 70 °C.

Trabalhos sobre secagem de folhas de *Cordia verbenacea* DC. (Boraginaceae) relatam a utilização de temperaturas variando entre 45 e 60 °C (PARISOTTO et al., 2012; RODRIGUES et al., 2011). 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 *Cordia verbenacea* DC. 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.

Rocha et al. (2011), estudaram a influência do processo de secagem sobre a qualidade do óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*). Foram empregadas diferentes temperaturas de secagem (30, 40, 50, 60, 70 °C) em um secador com resistências elétricas como fonte de aquecimento e uma velocidade do ar de 1 m s⁻¹. Os componentes químicos do óleo essencial, depois de realizada a secagem, foram comparados com os valores obtidos da planta *in natura* (testemunha). Em função dos resultados obtidos, pôde-se

concluir que a secagem de folhas de tomilho deve ser realizada com o ar a 50 °C, pois sob tal temperatura obtém-se a maior teor do óleo essencial.

Avaliando a influência de quatro temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C), e duas velocidades do ar (0,9 e 1,9 m s⁻¹) na secagem de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) nos teores de óleos essenciais e de linalol, Soares et al. (2007) concluíram que os maiores rendimentos extrativos de óleos essenciais foram obtidos quando o processo de secagem foi realizado com temperatura do ar igual a 40 °C. Contudo, o maior rendimento de linalol foi obtido quando o processo de secagem foi realizado com temperatura do ar na faixa de 50 a 60 °C. Recomenda-se que a temperatura e a velocidade do ar para secagem de manjeriço, visando obter maior teor de óleo essencial e a maior concentração de linalol, sejam de 54,4 °C e 1,9 m s⁻¹ respectivamente.

Juntamente com a avaliação de armazenamento, Arabhosseini et al. (2007) estudaram o efeito das condições de secagem de folhas de *Artemisia dracunculoides* L. nas temperaturas de 45, 60 e 90 °C, com os níveis de umidade relativa de 17%, 7% e 2,5%, a uma velocidade do ar de secagem de 0,6 m s⁻¹, apresentando resultados em que a maior alteração do teor de óleo essencial (cerca de 50% após 30 dias) e de cor, expressa pelo valor de tonalidade, foi encontrado para o material seco a 90 °C ou seja, a secagem a 45 °C resultou nas menores variações de qualidade.

A avaliação de secagem de *Lippia alba* na temperatura ambiente até 80 °C resultou em uma redução entre 12 e 17% no teor de óleo essencial e em relação ao obtido para a planta fresca. Nessas condições o teor de citral (geranial + neral) no óleo essencial obtido das plantas secas foi, em média, 82,63% que é aproximadamente 6,89% maior que o encontrado no óleo obtido das plantas frescas (75,74%) (BARBOSA et al., 2006).

Avaliando a influência da temperatura e das disposições das plantas em um secador a base de energia solar, Isenberg e Nozaki (2011) analisaram as folhas de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) ramos de alfavaca (*Ocimum gratissimum*) e folhas de embaúba (*Cecropia hololeuca*). Foram realizados dois ensaios diferentes, constituídos por: influência da temperatura na porcentagem de perda de massa fresca (40 e 50 °C) e influência da posição do material dentro do secador na porcentagem de perda da massa fresca (terço inferior,

mediano e superior). Para tanto, foram realizadas avaliações da massa das plantas no momento de instalação do experimento e, posteriormente, as 42 e 90 horas após o processo de secagem. Os pesquisadores concluíram que o capim-limão e a alfavaca apresentaram menores valores de perda de massa fresca a uma temperatura de secagem de 40 °C. Para a embaúba não foi apresentada diferença de massa entre as temperaturas de secagem estudadas. Devido ao tipo de secador, as plantas do terço inferior tiveram perda de umidade mais acentuada que as demais posições de secagem.

Oliveira e Berbert (2011), estudaram o efeito de três temperaturas do ar de secagem (40, 50 e 60 °C) e velocidade de 0,50 m s⁻¹ sobre o teor e a composição química do óleo essencial de folhas e capítulos florais de *Pectis brevipedunculata*. Concluíram que a secagem por convecção, tanto em temperatura ambiente (30 °C) quanto em altas temperaturas (50 e 60 °C), teve efeito negativo sobre o teor de óleo essencial de folhas e capítulos florais. A temperatura do ar de secagem indicada para que se mantenha o teor de óleo essencial observado na planta *in natura* é de 40 °C.

O efeito da temperatura de secagem sobre o rendimento na extração de taninos totais e óleos essenciais da hortelã (*Mentha x vilosa* Hudson) foi estudado por Dias et al. (2012). Foram testadas três temperaturas, 50, 60 e 70 °C e três velocidades do ar de secagem (0,6; 1 e 1,4 m s⁻¹). Os resultados apresentados sugerem que a secagem melhorou o processo de extração de taninos, devido à concentração durante a eliminação de água por secagem convectiva, apesar de perdas em relação às quantidades totais. No entanto, temperaturas mais elevadas resultaram na diminuição do teor de taninos.

Lemos et al. (2012) estudaram a influência da temperatura do ar de secagem na composição química do óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) e concluíram que os componentes do óleo de *Melaleuca alternifolia* estavam dentro das normas de qualidade do ISO 4730 e que a secagem pode ser recomendada com ar aquecido a 80 °C. A secagem resultou em aumento significativo de terpinen-4-ol e α -terpineol e diminuição significativa de α -pineno em comparação com o óleo extraído da planta fresca.

Diante dos trabalhos apresentados podemos afirmar que a secagem é um fator importante, mas é necessário mais estudos para adequar os

parâmetros de secagem para cada produto/espécie vegetal. O comportamento diversificado não permite um padrão de secagem que aborde todas essas características.

3.5. Ultrassom

Uma nova ferramenta na indústria de alimentos é a utilização do ultrassom e seu uso está se tornando cada vez mais frequente. Uma das aplicações é em processos de secagem, uma vez que as ondas ultrassônicas, de alta amplitude, são capazes de aumentar a disponibilidade de energia e acelerar os processos de transferência de massa nos materiais sem alterar as características principais de qualidade dos produtos. Desta maneira é possível reduzir o teor de água sem aumentar significativamente o aquecimento do produto. Esta é uma das principais razões para a utilização da energia ultrassônica em aplicações de tecnologia de alimentos, como a secagem (RIERA et al., 2004).

A aplicação mais popular de ultrassom de potência são os banhos de ultrassom. Embora o equipamento seja usado na limpeza de equipamento de laboratório, existem referências que justificam seu uso para acelerar os processos de transferência de calor em meio líquido (MASON, 1998). É um tipo de equipamento simples e compacto, com transdutores colocados sobre a base de um recipiente de aço inoxidável, com sistema de geração e amplificação incluído no mesmo recipiente. A potência máxima do sistema depende do número de transdutores, a frequência e do tipo de transdutor.

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, conseqüentemente, seus efeitos nas cavidades 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).

Uma das vantagens do processo de secagem é o fato de garantir a estabilidade das plantas medicinais para o armazenamento seguro, uma vez que seu principal objetivo é a redução da atividade de água. Por outro lado, quando a secagem é realizada com temperaturas muito baixas, a exposição prolongada ao oxigênio, favorece a proliferação de microrganismos que podem causar degradação das plantas (MAHANOM et al., 1999). Nesse contexto, há necessidade de encontrar alternativas viáveis que intensifiquem o processo de secagem, utilizando, no entanto, temperaturas mais baixas, sem grande consumo de energia e baseando-se em técnicas que não alterem as estruturas dos tecidos. Assim, a técnica baseada na utilização de ondas ultrassônicas como pré-tratamento, apresenta-se como uma alternativa promissora (SORIA & VILLAMIEL, 2010; WITROWA-RAJCHERT et al., 2014).

Fernandes et al. (2008) e Fernandes et al. (2009) ao avaliarem os tecidos de melão (*Cucumis melo*) e abacaxi (*Ananas comosus*) submetidas a 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 micro canais nos tecidos dos frutos e concluíram que estes eram responsáveis pelo aumento da difusividade da água. Verificaram também que era responsável 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.

O pré-tratamento com ultrassom foi utilizado em manga avaliando a cinética de secagem (banho a 30 °C e frequência de 25 kHz por 10, 20 e 30 min) e foi observado que as difusividades efetivas aumentaram com a aplicação do ultrassom (AZOUBEL et al., 2010).

Também foi avaliada a difusividade do abacaxi que sofreu pré tratamento com ultrassom e como resultados, obtiveram que 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 (Silva, 2012).

Sledz et al. (2014) estudaram o efeito do pré-tratamento de ultrassom nas frequências de 21 e 35 kHz nos tempos de 20 ou 30 min sobre a cinética de secagem e os parâmetros qualitativos de folhas de salsa (*Petroselinum crispum*) secas em microondas convectivo. A aplicação de ultrassom contribuiu para a redução no tempo de secagem de 11 a 56%, dependendo dos tratamentos empregados. Como recomendação, a frequência de 21 kHz foi a ideal como pré-tratamento de secagem para folhas de salsa pela redução no tempo de secagem, para preservação do conteúdo fenólico e para manutenção da cor.

Esses mesmo autores, em 2015, avaliaram a influência do pré-tratamento de ultrassom sobre a cinética de secagem, propriedades antioxidantes e microestrutura das folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum*), submetidas a secagem em microondas. Os tempos de pré-tratamento foram de 20 e 30 min, nas frequências de 21 e 35 kHz. Concluíram que a aplicação de ultrassom como pré-tratamento de secagem resultou em uma redução significativa dos custos da secagem e melhoria na qualidade das folhas de manjeriço. Ressaltaram ainda, que os custos, tanto de investimento e de operação do ultrassom, são insignificantes em comparação com os benefícios associados com a diminuição do consumo de energia de secagem (SLEDZ et al., 2015).

Assim como foi relatado, o banho de ultrassom apresenta vantagens e desvantagens, dependendo do seu uso. A facilidade na remoção de água é um fator positivo a ser estudado para a secagem, mas ao mesmo tempo, como desvantagem, os custos na aquisição do equipamento pode tornar inviável o seu uso, além da necessidade de mais estudos para que sejam encontrados pontos ótimos no uso do ultrassom para cada produto (tempo de tratamento, frequência, potência, proporção água/produto) principalmente para as espécies medicinais com estruturas armazenadoras.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. A espécie medicinal estudada (*Varronia curassavica*) foi

submetida a três tempos de pré-tratamento de ultrassom (0, 5, e 10 minutos), quatro temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) e duas velocidades do ar de secagem (0,25 e 0,50 m s⁻¹), totalizando 72 observações.

4.2. Material vegetal

Varronia curassavica Jacq. foi cultivada em sistema orgânico de produção (Figura 1) na área experimental localizada no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (20° 76' 97,9" S; 42° 87' 33,5" O). A propagação da espécie foi feita por estaquia de plantas cultivadas no Campo Experimental da EPAMIG, em Oratórios – MG. Após seis meses de enraizamento, as estacas foram transplantadas para o canteiro da Engenharia Agrícola. Este transplante foi feito no dia 14 de dezembro de 2014. A exsicata foi incorporada ao Herbário PAMG/EPAMIG em Belo Horizonte-MG, sob o número voucher PAMG 57973.



Figura 1- *Varronia curassavica* Jacq., cultivada em sistema orgânico.

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 uma vez por semana e armazenadas por até sete dias para evitar deterioração das folhas e compostos químicos. Todas as coletas foram realizadas no mês de julho e agosto, no horário compreendido entre 7:00 e 8:30 horas da manhã. 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, depois de coletadas, foram selecionadas antes do pré-tratamento de ultrassom, retirando-se as partes danificadas, doentes e qualquer material estranho presente. Em seguida o material foi homogeneizado.

4.3. Determinação do teor de água

A determinação do teor de água foi realizada de acordo com a metodologia recomendada pela ASAE STANDARDS (ASAE, 2000) para forrageiras e similares (plantas ou folhas). Dessa forma, foram realizadas três repetições utilizando-se em cada uma 25 g de amostra acondicionadas em estufa com circulação forçada do ar a 103 ± 2 °C por 24h.

4.4. Pré-tratamento de ultrassom

O pré-tratamento de ultrassom foi realizado em equipamento com banho da marca Elma R modelo P180H, contendo água não destilada com capacidade útil de 20,6 L, 37 kHz de frequência, 800 W de potência e 30 °C de temperatura (Figura 2). Os tratamentos foram zero, cinco e dez minutos de banho de ultrassom com três repetições. 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.

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) e mesma massa foram imersas em água por cinco minutos nas mesmas condições ao das folhas que foram submetidas ao pré-tratamento de ultrassom.



Figura 2- Banho de ultrassom utilizado para realização do pré-tratamento nas amostras de folhas de *Varronia curassavica*.

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, três amostras contendo 200 g de folhas frescas inteiras cada, foram dispostas nas gavetas do secador (Figura 3) formando uma camada fixa de aproximadamente 4 cm, nas seguintes temperaturas: 40, 50, 60 e 70 °C e as seguintes velocidades do ar de secagem: 0,25 m s⁻¹ e 0,5 m s⁻¹. Como fonte de aquecimento, foi utilizada a resistência elétrica.



Figura 3 – Secador utilizado na secagem de Erva-baleeira (*Varronia curassavica*)

Na Figura 4 tem-se um esquema do secador que foi construído com chapas galvanizadas com as seguintes dimensões: 0,85 x 0,85 x 0,60 m

(largura, altura e comprimento, respectivamente) e as três gavetas horizontais com 0,27 m de largura cada. Para a admissão do ar ambiente, foi instalado um ventilador de pás retas radial com motor de potência igual a 2,2 kW. No duto de medição de velocidade foi instalado o transmissor de velocidade. O transdutor de velocidade utilizado foi um anemômetro de fio quente, FMA - 900 Ômega. No duto de aquecimento, foi instalados um conjunto de três resistências elétricas, para aquecimento do ar de secagem, com potência de 5 kW cada, e no *plenum*, um transdutor de temperatura.

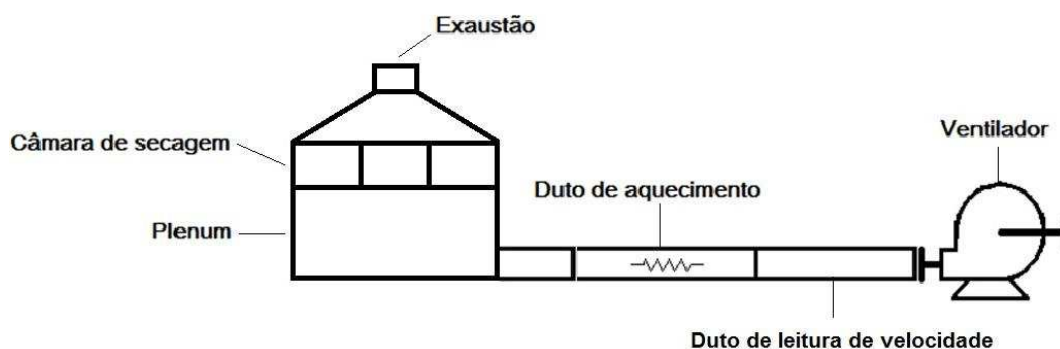


Figura 4- Esquema do secador com resistência elétrica

Na medição da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente utilizou-se um termo-higrômetro (Figura 5) digital e a umidade relativa do ar de secagem, no *plenum*, foi calculada pelo programa GRAPSI® (MELO et al., 2004).



Figura 5- Termo-higrômetro utilizado para registro da temperatura e umidade relativa do ambiente.

Durante a secagem foram realizadas pesagens a cada 15 min a fim de acompanhar a redução do teor de água das folhas, medição das temperaturas

e umidades relativas. As folhas foram secas até atingirem o teor de água de aproximadamente 11% b.u..

Após o processo de secagem as folhas secas foram acondicionadas em embalagens de polietileno (PEBD 30 x 40 x 0,10) 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 foi realizada no laboratório de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, em Viçosa - MG.

Utilizou-se o método de hidrodestilação, em aparelho de Clevenger adaptado a um balão de 2000 mL (Figura 6). No balão foram adicionados 50 g de folhas secas e 1000 mL de água destilada. Foram feitas três repetições. 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 6 - Aparelhos de destilação tipo Clevenger.

Depois de obtido o hidrolato (mistura de água e óleo), procedeu-se a separação do óleo essencial, com pentano (3 x 20 mL), em funil de separação.

A fração orgânica foi separada e tratada com sulfato de magnésio anidro a fim de retirar a água remanescente, e após alguns minutos em repouso, foi filtrada, e a fração orgânica 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. Para finalizar a evaporação do solvente, o frasco foi tampado com papel alumínio e perfurado com agulha deixado dentro da capela de exaustão. 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 da espécie medicinal estudada 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 QP 5050A, com detector seletivo de massa. 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.

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

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; e

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

Pode-se observar na Eq. 1 que, 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.

4.7.2. 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 estacionária 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 °C e temperatura no detector de 240 °C. A temperatura inicial da coluna foi mantida a 40 °C por 4 min, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada minuto, até atingir a temperatura máxima de 240 °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

O experimento foi conduzido segundo um esquema fatorial 4x3 (quatro temperaturas e três tempos de ultrassom) para cada velocidade (0,25 e 0,5 m s⁻¹) no delineamento inteiramente ao acaso com três repetições. Os dados foram analisados utilizando-se análise de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” ao nível de 5% de probabilidade no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{S.Q. Regressão} / \text{S.Q. tratamentos}$) e no comportamento do fenômeno estudado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Secagem a 0,25 m s⁻¹

No Quadro 1 são apresentados os parâmetros avaliados durante a secagem à velocidade de 0,25 m s⁻¹ que são: as temperaturas e os tempos de ultrassom, os teores inicial e final de água, o tempo médio de secagem, rendimento médio de óleo, UR do ar de secagem e consumo de energia. A temperatura média e umidade relativa do ar ambiente foram 24,4 °C e 51,2 %, respectivamente.

Quadro 1 – Parâmetros avaliados durante a secagem de *V. curassavica*

Temperaturas (°C)	Tempo de Ultrassom (min)	Teor inicial de água (% b.u.)	Teor final de água (% b.u.)	Tempo médio de secagem (min)	Rendimento médio de óleo (% m.s.)	UR média do ar de secagem (%)	Consumo de Energia (kWh)
40	0	75	10,8	590	0,40	18,7	16,5
	5	75	9,9	570	0,34	19,6	17,0
	10	75	12,9	640	0,38	19,1	17,0
50	0	75	8,2	315	0,40	13,1	13,9
	5	77	12,5	425	0,40	15,1	15,2
	10	75	10,0	315	0,40	12,3	14,5
60	0	77	17,9	280	0,30	9,0	14,0
	5	77	8,7	230	0,46	10,3	12,1
	10	77	9,9	195	0,38	6,5	12,9
70	0	77	8,3	145	0,16	5,7	10,4
	5	77	12,3	195	0,20	5,5	12,8
	10	77	15,8	190	0,12	5,6	13,3

O aumento da temperatura do ar de secagem de 40 a 70 °C promove a diminuição da umidade relativa média do ar na câmara de secagem de 19,6% para 5,5% e reduz o tempo de secagem de 640 minutos na temperatura de 40 °C e dez minutos de ultrassom para 145 minutos a 70 °C e zero minuto de ultrassom. A redução da umidade relativa do ar de secagem, bem como o tempo, foi descrito por outros autores (MARTINS, 2000; RADÜNZ et al., 2006 e HENRIQUES, 2008). No que diz respeito ao consumo de energia, o aumento da temperatura acelerou o processo, reduzindo o tempo de secagem e, conseqüentemente, resultou em menor consumo de energia por tratamento de 17 para 10,4 kWh para testes de 40 °C e cinco minutos de ultrassom e 70 °C sem pré-tratamento com ultrassom, respectivamente.

Na Figura 7 são apresentadas as curvas de secagem nos diferentes tempos de pré-tratamento com ultrassom e nas quatro temperaturas.

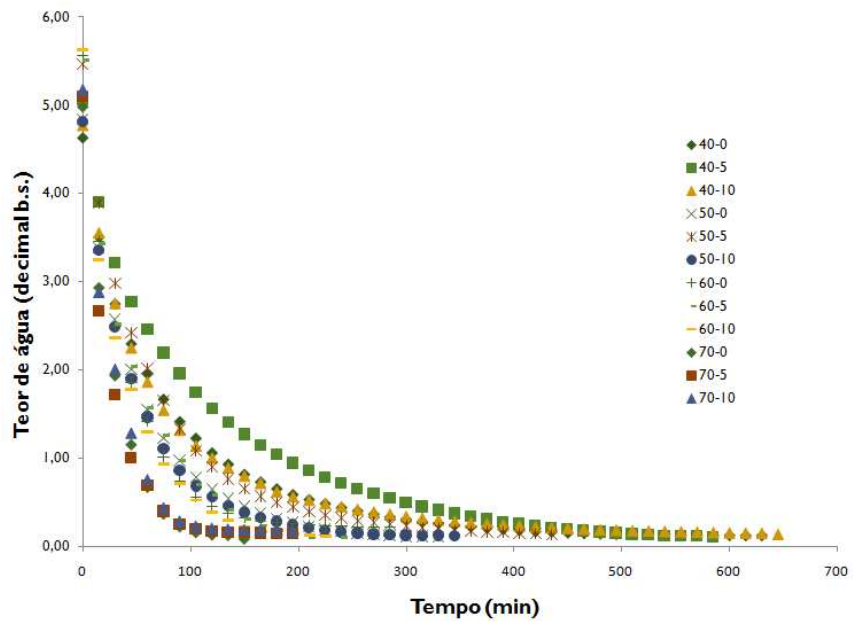


Figura 7 – Curvas de secagem de folhas de *V. curassavica* submetidas a diferentes pré-tratamentos com ultrassom

A maior redução do teor de água ocorreu no início do processo de secagem, sendo que até o terço final quase toda água já havia sido removida das folhas de *Varronia*. Nos primeiros minutos de secagem houve grande perda de água, independentemente do tratamento de ultrassom utilizado. Isso ocorreu pela facilidade de remoção da água presente nas camadas mais superficiais das folhas. Com o decorrer da secagem, a retirada de água é mais despendiosa porque ela está em quantidade reduzida nas folhas e está ligada às estruturas mais internas do tecido foliar.

Durante a secagem à $0,25 \text{ m s}^{-1}$ e $70 \text{ }^\circ\text{C}$ em todos os pré-tratamentos com ultrassom, as folhas foram danificadas, apresentando tonalidades marrom na sua superfície (Figura 8). Isso ocorreu provavelmente pelo contato prolongado das folhas com o ar de secagem a uma temperatura alta. Apesar desse fato, foi decidido permanecer com o experimento incluindo as análises químicas para que os relatos fossem aqui apresentados.

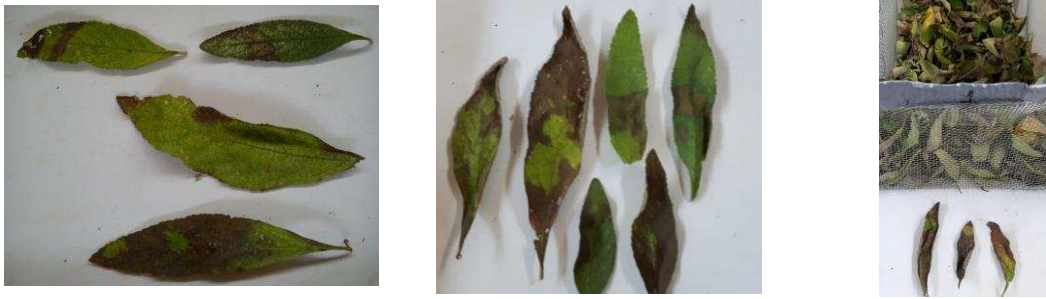


Figura 8- Aspecto das folhas queimadas após 15, 30 e 45 minutos de secagem, respectivamente, à velocidade de $0,25 \text{ m s}^{-1}$ e temperatura de $70 \text{ }^\circ\text{C}$.

A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas (Quadro 1), estabeleceu-se o modelo de regressão a nível de 5% de significância. No modelo completo, eliminou-se os coeficientes não-significativos, que no caso foram os coeficientes referentes ao banho de ultrassom, obtendo-se o modelo ajustado (Tabela 1). A adequação do modelo pode ser verificada pelo coeficiente de determinação (R^2), que explicam entre 63,2% e 93,5% da variância total das respostas.

Tabela 1. Equações de regressão ajustadas do tempo de secagem, consumo de energia e rendimento de óleo em função da temperatura e os respectivos coeficientes de determinação.

Resposta	Modelo	R^2 (%)
Tempo de secagem	$\hat{Y} = 2481,0 - 66,1167*X + 0,475*X^2$	93,50
Consumo de energia	$\hat{Y} = 33,3100 - 0,5587*X + 0,0037*X^2$	63,25
Rendimento de óleo	$\hat{Y} = - 0,54822 + 0,030866*X - 0,00031111*X^2$	83,19

X= Temperatura ; Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

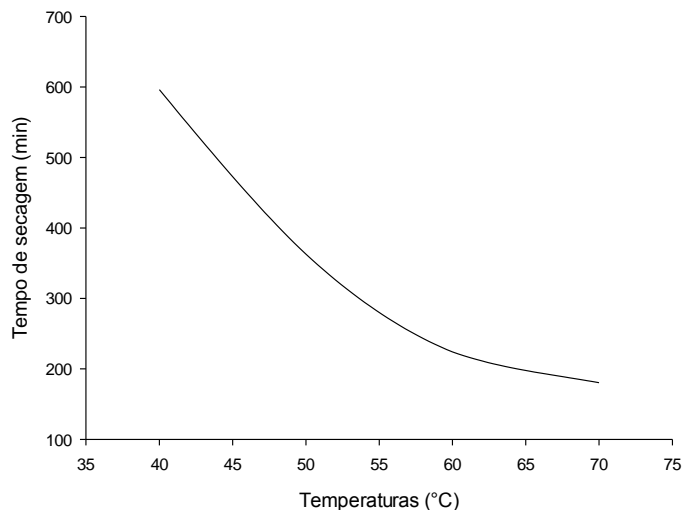


Figura 9. Efeito das temperaturas no tempo de secagem de *V. curassavica*.

Apesar do pré-tratamento com ultrassom não apresentar efeito significativo no tempo de secagem das folhas, podemos observar na Figura 8 que a perda de água durante a secagem é mais rápida a 70 °C, quando comparada a 40 °C. Comportamento semelhante foi observado em estudos realizados com outras espécies medicinais (RADÜNZ, 2010; BARBOSA, 2005; MARTINAZZO, 2006; HENRIQUES, 2008).

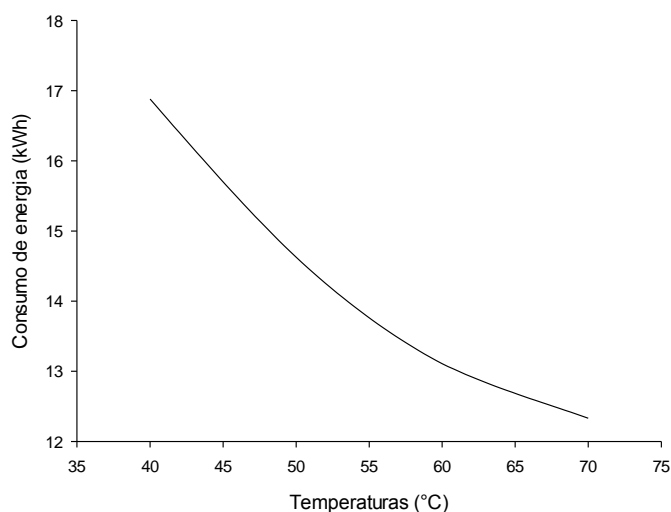


Figura 10. Efeito das temperaturas no consumo de energia de *V. curassavica*.

O consumo de energia também foi afetado pela variação de temperatura, porém sem efeito significativo, tendo seus menores valores em temperaturas mais elevadas conforme Figura 9.

As análises de regressão demonstraram que os pré-tratamentos com ultrassom não influenciaram significativamente no tempo de secagem da planta estudada, nem no consumo de energia, ou seja, quanto maior a temperatura, menor o tempo de secagem das folhas, conseqüentemente, menor o consumo de energia.

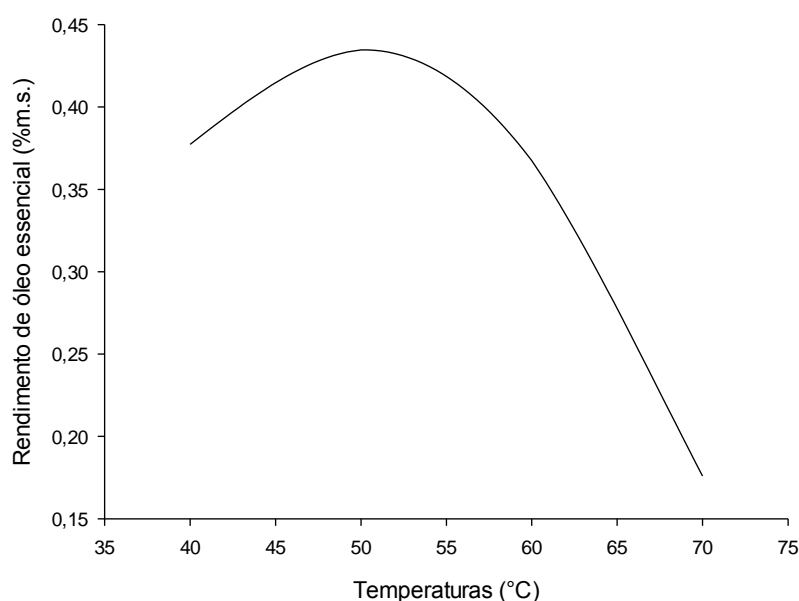


Figura 11. Efeito das temperaturas no rendimento do óleo essencial de *V. curassavica*.

Conforme o resultado da análise de regressão, os pré-tratamentos com ultrassom, não influenciaram significativamente no rendimento de óleo essencial. Na Figura 10 observa-se que em altas temperaturas, o rendimento ficou, em média, abaixo de 0,20% e a 40 °C teve valores entre 0,40% e 0,35%. O rendimento máximo ocorreu quando a temperatura foi de 50 °C, valor diferente do encontrado por Orellana (2014) que obteve o máximo rendimento de óleo à temperatura de 40 °C, e com velocidade do ar de secagem igual a 1 m s⁻¹, mas as plantas foram cultivadas em ambientes distintos do trabalho aqui apresentado, o que poderia justificar a diferença no rendimento de óleo.

A temperatura de 50 °C também foi encontrado por Radünz et al. (2006) que avaliaram a influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*Mentha x villosa* huds) com secagem em sistema de bandejas com ar a temperatura ambiente e aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C a uma velocidade de 0,5 m s⁻¹ onde o maior teor de óleo essencial foi a 50 °C. Semelhante a este trabalho, Radünz et al. (2010) estudaram o teor de óleo essencial de folhas de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) submetidos a diferentes temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60, 70 e 80 °C) e concluíram que também a melhor temperatura de secagem para extração do óleo essencial foi a 50 °C.

Outro trabalho que recomendou a temperatura de 50 °C como a ideal para o maior rendimento de óleo foi Rocha (2011), que estudou a influência do processo de secagem sobre a qualidade do óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*). Foram empregadas diferentes temperaturas de secagem (30, 40, 50, 60, 70 °C) em um secador com resistências elétricas como fonte de aquecimento e uma velocidade do ar de 1m s⁻¹.

5.2. Análise química a 0,25 m s⁻¹

Na Figura 12 está apresentado o cromatograma da amostra de óleo essencial de *V. curassavica*. Por esta análise verifica-se que não foram observadas variações nos constituintes químicos do óleo essencial extraído das folhas de *V. curassavica* com e sem pré-tratamento de ultrassom, variando-se apenas as concentrações.

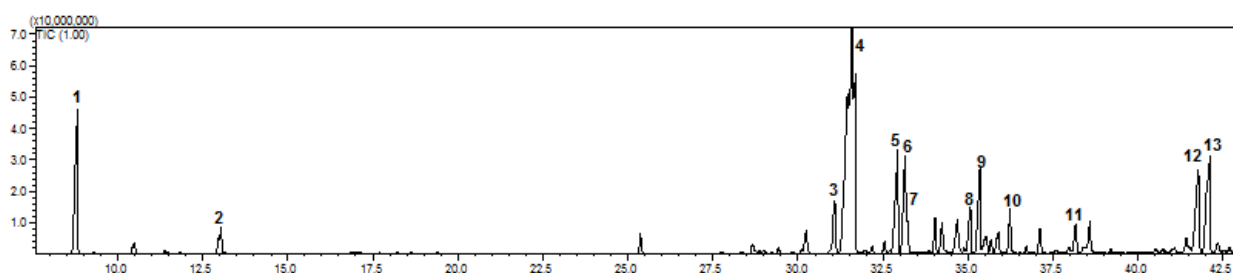


Figura 12- Cromatograma dos principais constituintes do óleo essencial de *V. curassavica*.

Foram identificados 13 compostos com maior relevância no cromatograma. Na Tabela 2 podemos verificar detalhadamente os constituintes químicos encontrados no óleo essencial das folhas de *V. curassavica* nos diferentes tratamentos realizados (três tempos de pré-tratamento com ultrassom e quatro temperaturas do ar de secagem).

Tabela 2- Constituintes químicos do óleo essencial extraído de folhas de *V. curassavica*, submetidas a três tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom e quatro temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C).

Pico	Composto	IK ^c	Tempo de aplicação do ultrassom (min) nas quatro temperaturas											
			40 °C			50 °C			60 °C			70 °C		
			0	5	10	0	5	10	0	5	10	0	5	10
			Composição Relativa (%)											
1	α-pineno	928	12,39	10,24	2,20	6,71	16,57	4,42	4,74	8,10	15,25	-	-	-
2	1,8-cineol	1023	1,41	1,57	0,93	1,03	2,10	1,72	1,23	1,87	1,05	-	-	-
3	α-cis-bergamoteno	1405	2,28	2,18	1,59	2,29	2,00	2,45	2,34	0,92	1,98	2,26	1,90	1,71
4	(E)-cariofileno	1414	28,67	36,62	38,03	39,02	34,01	41,68	41,94	33,76	34,44	42,96	40,68	42,18
5	α-humuleno	1449	7,09	7,39	8,41	7,97	6,05	7,91	7,78	9,01	6,96	9,04	7,24	9,16
6	Alloaromadendreno	1453	3,10	3,16	5,40	3,40	2,56	3,21	3,52	9,95	2,92	4,54	3,00	6,82
7	β-santaleno	1456	3,86	3,67	4,25	3,86	3,62	3,87	4,14	3,35	3,75	4,66	4,10	4,27
8	Germacreno D	1475	2,12	3,04	3,30	1,81	1,49	2,90	3,07	3,96	2,84	3,33	1,94	3,86
9	β-bisaboleno	1505	6,51	7,18	6,49	7,56	7,16	7,86	7,94	2,96	7,20	7,32	5,98	4,86
10	β-felandreno	1520	1,66	1,89	2,42	1,90	1,88	2,12	2,02	2,47	1,75	3,01	2,19	3,04
11	Óxido de cariofileno	1576	2,00	2,35	2,12	2,35	2,09	2,32	2,39	1,25	2,06	2,47	1,82	1,86
12	Z-α-trans-Bergamotol	1668	3,16	4,87	4,57	5,11	4,60	4,11	5,29	1,75	5,46	7,44	6,53	4,43
13	Z-epi-β-Santalol	1676	4,67	7,13	6,23	6,57	5,89	5,98	6,52	1,94	6,71	10,36	8,80	5,76
	Total identificado (%)		78,92	91,29	85,94	89,58	90,02	90,55	92,92	81,29	92,37	97,39	84,18	87,95

IK^c = Índice de Kovats calculado.

O componente majoritário do óleo essencial, extraído das folhas de *V. curassavica*, em todos os tratamentos foi o (*E*)-cariofileno, representando mais de 28% do total de compostos presentes no óleo (Tabela 2), seguido do α -pineno com valores variando entre 0% (nas folhas queimadas) e 16,57%. O α -humuleno, designado como principal marcador químico do óleo dessa espécie, apresentou um teor médio de 7,58%.

O α -pineno por ser um monoterpene apresenta maior volatilidade que o (*E*)-cariofileno (sesquiterpene), por isso a 70 °C e velocidade de 0,25 m s⁻¹ ele não foi identificado devido a alta temperatura que as folhas ficaram expostas.

Na Tabela 3 estão apresentados 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 e temperaturas do ar de secagem.

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 e temperaturas do ar de secagem.

Temperatura (°C)	Tempo de aplicação do Ultrassom (min)	α -pineno	(<i>E</i>)-cariofileno	α -humuleno
40	0	12,39	28,67	7,09
	5	10,24	36,62	7,39
	10	2,20	38,03	8,41
50	0	6,71	39,02	7,97
	5	16,57	34,01	6,05
	10	4,42	41,68	7,91
60	0	4,74	41,94	7,78
	5	8,10	33,76	9,01
	10	15,25	34,44	6,96
70	0	0,00	42,96	9,04
	5	0,00	40,68	7,24
	10	0,00	42,18	9,16

O composto com maior concentração foi o (*E*)-cariofileno (Tabela 3). O α -pineno apresentou valores variados dependendo das temperaturas e tempos de ultrassom e o α -humuleno, em média, teve sua concentração em torno de 7,58%. A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas, estabeleceram-se os modelos de regressão a nível de 5% de significância. Nos modelos completos, eliminaram-se os coeficientes não-significativos, obtendo-se os modelos ajustados (Tabela 4). A adequação dos modelos pode ser verificada pelos coeficientes de determinação (R^2), que explicam entre 36,2% e 50,3% da variância total das respostas. Em razão destes resultados, os modelos podem ser usados para prever o comportamento das respostas dentro do intervalo de variação estudado.

Para a variável resposta concentração de α -humuleno, não foi possível adequar um modelo porque o valor de R^2 foi abaixo de 30% e por essa razão, os dados serão apresentados na forma de média.

Tabela 4. Equações de regressão ajustadas das concentrações de α -pineno, (*E*)-cariofileno e α -humuleno e os respectivos coeficientes de determinação.

Resposta	Modelo	R² (%)
α-pineno	$\hat{Y} = -132,781 + 5,728*X - 0,055*X^2$	50,30
(<i>E</i>)-cariofileno	$\hat{Y} = 80,6994 - 1,8787*X + 0,0191*X^2$	36,21
α-humuleno	$\hat{Y} = 7,58$	-

X= Temperatura ; Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

O efeito das várias temperaturas sobre a concentração de α -pineno está representado na Figura 12 em forma de regressão. Observa-se que a concentração de α -pineno só variou em função da temperatura, mas não em função do ultrassom, alcançando seu maior valor na temperatura de 50 °C.

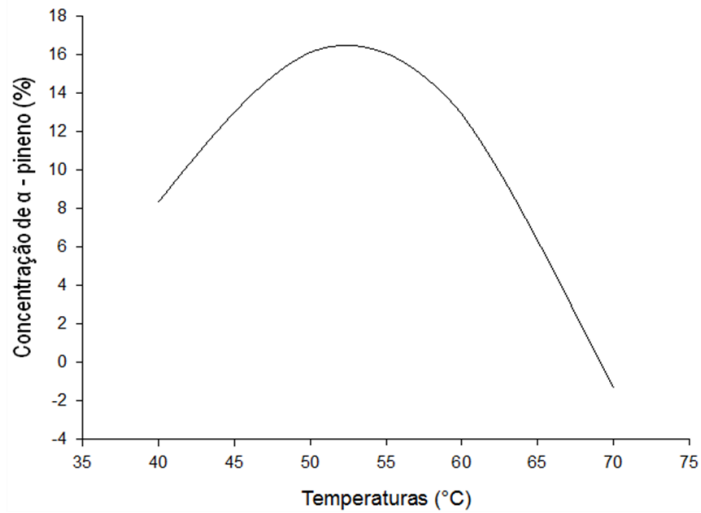


Figura 13. Efeito das temperaturas na concentração de α -pineno presente nas folhas de *V. curassavica*.

Para a concentração do (*E*)-cariofileno, somente as variações de temperaturas influenciaram seu valor enquanto o pré-tratamento com ultrassom não teve efeito significativo. O valor máximo de (*E*)-cariofileno foi à temperatura de 70 °C.

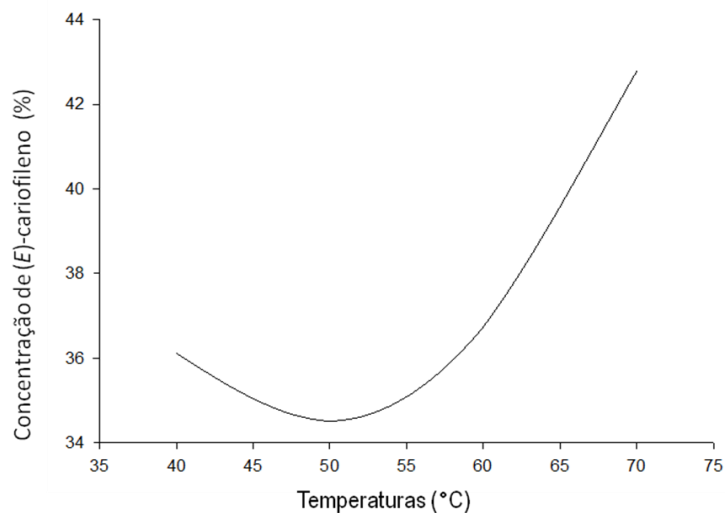


Figura 14. Efeito das temperaturas na concentração de (*E*)-cariofileno presente nas folhas de *V. curassavica*.

Em relação à concentração do α -humuleno, o pré-tratamento com ultrassom e as diferentes temperaturas não tiveram influência significativa nos

valores encontrados. Independente da temperatura ou do tempo de ultrassom, o valor médio do teor de α -humuleno foi de 7,8%.

No trabalho de Souza (2016) as maiores concentrações de α -pineno e menores concentrações de (*E*)-cariofileno foram encontradas nos óleos extraídos das folhas de plantas submetidas ao pré-tratamento de ultrassom. Já a concentração do α -humuleno, principal marcador químico dessa espécie, não variou significativamente quando aplicado o pré-tratamento de ultrassom, corroborando com os resultados aqui encontrados.

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* obteve como principais constituintes, quando as folhas foram secas a 40 °C o α -pineno (32,38%) e o α -santaleno (22,60%). A concentração média de α -humuleno foi de, aproximadamente, 0,15%.

A composição química do óleo essencial de folhas frescas de *V. curassavica* foi estudada por Rodrigues et al. (2011), 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%).

5.3. Secagem a 0,50 m s⁻¹

No Quadro 2 são apresentados os parâmetros avaliados durante a secagem à velocidade de 0,5 m s⁻¹, sendo estas, as temperaturas e tempos de ultrassom, os teores inicial e final de água, o tempo médio de secagem, rendimento médio de óleo, UR do ar de secagem e consumo de energia. A temperatura média e umidade relativa do ar ambiente foram 23,0 °C e 60,3 %, respectivamente.

Quadro 2 – Parâmetros avaliados durante a secagem de *V. curassavica*

Temperaturas (°C)	Tempo de Ultrassom (min)	Teor inicial de água (% b.u.)	Teor final de água (% b.u.)	Tempo médio de secagem (min)	Rendimento médio de óleo (% m.s.)	UR média do ar de secagem (%)	Consumo de Energia (kWh)
40	0	74	9,6	290	0,54	24,0	15,4
	5	77	11,6	400	0,48	23,6	22,9
	10	74	9,8	285	0,26	20,9	19,6
50	0	74	9,0	180	0,42	14,6	14,8
	5	77	11,3	335	0,56	15,0	25,8
	10	74	5,9	185	0,20	8,6	15,8
60	0	74	7,8	120	0,38	9,8	11,4
	5	77	12,8	185	0,38	7,6	20,5
	10	77	12,2	225	0,30	9,5	23,5
70	0	77	11,3	160	0,24	6,1	20,9
	5	77	7,5	85	0,32	5,2	11,3
	10	77	8,0	90	0,34	5,9	11,2

Na Figura 15 são apresentadas as curvas de secagem nos diferentes tempos de pré-tratamento com ultrassom e nas quatro temperaturas do ar de secagem.

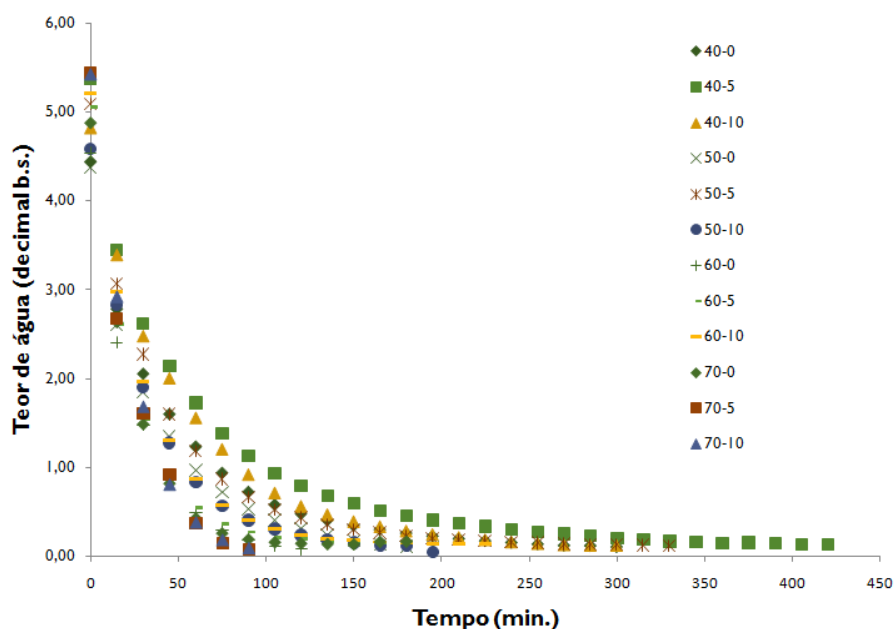


Figura 15 – Curvas de secagem de folhas de *V. curassavica* submetidas a diferentes pré-tratamentos com ultrassom

Novamente, a partir das curvas apresentadas, podemos observar uma queda significativa no teor de água inicial das folhas e no decorrer do tempo, uma retirada de água mais lenta até chegar ao teor de água final requerido. A maior diferença entre as curvas de secagem nas velocidades de $0,25 \text{ m s}^{-1}$ e $0,50 \text{ m s}^{-1}$ se dá pelo menor tempo de secagem apresentado na velocidade de $0,50 \text{ m s}^{-1}$.

A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas, estabeleceram-se os modelos de regressão em nível de 5% de significância. Nos modelos completos, eliminaram-se os coeficientes não-significativos, obtendo-se os modelos ajustados (Tabela 5). Para as variáveis resposta, consumo de energia e rendimento de óleo, não foi possível adequar um modelo porque o R^2 foi abaixo de 60% e por essa razão, os dados serão apresentados na forma de média. Já com relação ao tempo de secagem, foi observado que o ultrassom não teve influência na redução do tempo, como pode ser visto na Figura 14. A adequabilidade do modelo pode ser verificada pelos coeficientes de determinação (R^2), que explica 67% da variância total da resposta. Em razão deste resultado, o modelo pode ser usado para prever o comportamento da resposta dentro do intervalo de variação estudada.

Tabela 5. Equações de regressão ajustadas do tempo de secagem, consumo de energia e rendimento de óleo em função da temperatura e os respectivos coeficientes de determinação.

Resposta	Modelo	R² (%)
Tempo de secagem	$\hat{Y} = 594,833 - 6,9666 * X$	67,06
Consumo de energia	$\hat{Y} = 17,7$	-
Rendimento de óleo	$\hat{Y} = 0,36$	-

X= Temperatura ; Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

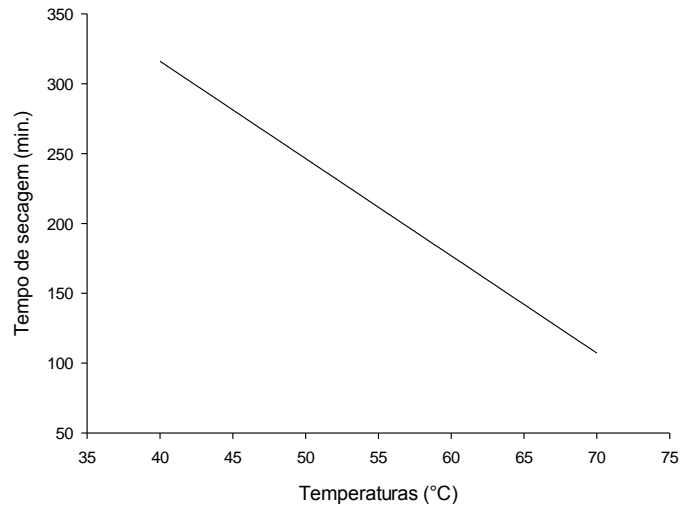


Figura 16. Efeito das temperaturas no tempo de secagem de *V. curassavica*.

Assim como ocorreu com a velocidade de $0,25 \text{ m s}^{-1}$, o pré-tratamento com ultrassom não afetou significativamente o tempo de secagem e o consumo de energia. Para a velocidade de $0,50 \text{ m s}^{-1}$, o tempo de secagem foi menor e consequentemente, o consumo de energia.

O uso do ultrassom é uma tecnologia ainda em expansão. Em relação às espécies medicinais, trabalhos em que essa tecnologia tenha sido testada estão em crescimento. Existem algumas publicações que já comprovaram as vantagens de sua aplicação antes de realizar a secagem, mas não enfatizando a importância da conciliação dos tempos de ultrassom com as variações de temperaturas e velocidades do ar de secagem.

Como exemplo, podemos citar Zotti (2016) que recomenda o tempo de cinco minutos no pré-tratamento com ultrassom para redução do tempo de secagem das folhas de *V. curassavica* utilizando bomba de calor como fonte de aquecimento a 40 °C e velocidade do ar de secagem de $0,8 \text{ m s}^{-1}$.

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 minutos concluíram que as ondas ultrassônicas induzem mudanças nas estruturas desses frutos e aumenta a difusividade da água. Consequentemente, também reduz o tempo de secagem.

Em 2014, Sledz et al. (2014) estudaram o efeito do pré-tratamento de ultrassom, nas frequências de 21 e 35 kHz e nos tempos de 20 ou 30 minutos sobre a cinética de secagem e os parâmetros qualitativos de folhas de salsa secas em microondas convectivo. A aplicação de ultrassom contribuiu para a redução no tempo de secagem. A frequência de 21 kHz foi recomendada como pré-tratamento de secagem para folhas de salsa pela redução no tempo de secagem (47-52%), na preservação do conteúdo fenólico e na manutenção da cor. Já Sledz et al. (2015) avaliaram a influência do pré-tratamento de ultrassom sobre a cinética de secagem, propriedades antioxidantes e microestrutura das folhas de manjeriço, submetidas a secagem em microondas. Os tempos de pré-tratamento foram de 20 e 30 minutos, nas frequências de 21 e 35 kHz. A aplicação de ultrassom reduziu significativamente o tempo de secagem, em até 20% e diminuiu o consumo de energia em 26,2%, no caso de 35 kHz e 20 min.

5.4. Análise química a $0,50 \text{ m s}^{-1}$

Na Figura 17 está apresentado o cromatograma, à velocidade de $0,5 \text{ m s}^{-1}$, para exemplificação de que não foram observadas variações nos constituintes químicos do óleo essencial extraído das folhas de *V. curassavica* ao serem submetidas ao pré-tratamento de ultrassom em relação ao óleo essencial extraído das folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento, variando-se apenas as concentrações.

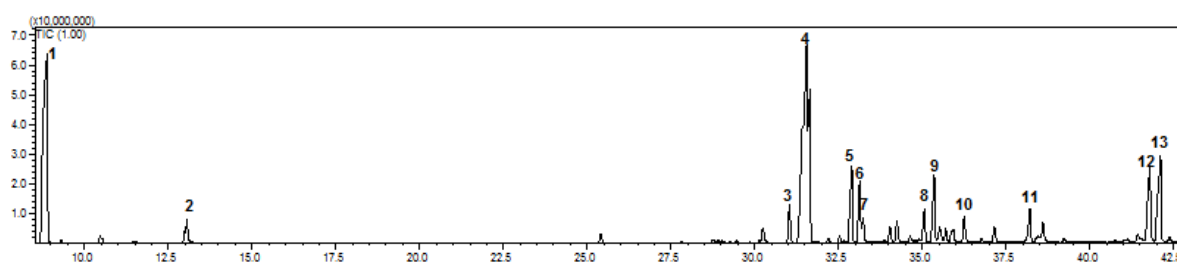


Figura 17- Cromatograma dos principais constituintes do óleo essencial de *V. curassavica*.

Na Tabela 6 são apresentados os principais constituintes químicos encontrados no óleo das folhas de *V. curassavica* submetidas ao pré-tratamento com ultrassom, quatro temperaturas do ar de secagem e a velocidade de $0,50 \text{ m s}^{-1}$.

Tabela 6- Constituintes químicos do óleo essencial extraído de folhas de *V. curassavica* submetidas a três tempos de aplicação do pré-tratamento de ultrassom e quatro temperaturas do ar de secagem (40, 50, 60 e 70 °C).

Pico	Composto	IK ^c	Tempo de aplicação do ultrassom (min) nas quatro temperaturas											
			40 °C			50 °C			60 °C			70 °C		
			0	5	10	0	5	10	0	5	10	0	5	10
Composição Relativa (%)														
1	α-pineno	928	10,97	33,49	15,01	12,27	13,75	2,48	21,48	23,42	1,06	3,50	35,50	6,17
2	1,8-cineol	1023	1,38	1,84	1,22	1,32	1,03	0,65	1,49	1,43	0,50	0,85	2,37	0,96
3	α-cis-bergamoteno	1405	1,41	0,94	1,27	1,54	1,37	1,10	1,01	1,09	0,80	1,50	0,91	1,37
4	(E)-cariofileno	1414	33,76	25,35	30,65	24,11	29,80	24,25	26,82	27,52	34,85	27,94	25,79	37,13
5	α-humuleno	1449	6,16	4,73	5,36	9,54	7,70	8,89	5,62	5,66	2,48	9,03	5,81	6,73
6	Alloaromadendreno	1453	2,62	1,83	3,46	5,68	3,12	5,30	3,11	3,24	22,10	6,35	2,34	2,73
7	β-santaleno	1456	3,77	2,75	3,91	3,26	3,71	4,44	3,70	3,13	2,90	4,40	2,89	3,93
8	Germacreno D	1475	2,81	2,14	3,82	5,44	1,22	6,29	4,59	2,92	5,58	4,57	2,34	3,37
9	β-bisaboleno	1505	7,75	5,31	6,61	2,99	7,25	5,92	5,54	4,87	2,46	4,80	4,06	6,64
10	β-felandreno	1520	1,88	1,43	2,12	2,44	1,63	3,71	1,99	1,64	2,89	2,79	1,38	2,23
11	Óxido de cariofileno	1576	2,23	1,53	2,17	1,08	2,06	2,04	1,88	1,50	0,95	1,82	1,18	2,06
12	Z-α-trans-bergamotol	1668	5,18	3,17	4,77	1,25	3,30	3,13	3,70	3,92	1,35	3,11	3,01	5,48
13	Z-epi-β-Santalol	1676	6,34	3,90	6,20	1,90	4,97	4,44	4,73	4,88	1,55	4,54	3,79	6,75
Total identificado (%)			86,26	88,41	86,57	72,82	80,91	72,64	85,66	85,22	79,47	75,2	91,37	85,55

IK^C = Índice de Kovats calculado.

Tabela 7- 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 e temperaturas do ar de secagem.

Temperatura (°C)	Tempo de aplicação do Ultrassom (min)	α -pineno	(<i>E</i>)-cariofileno	α -humuleno
40	0	10,97	33,76	6,16
	5	33,49	25,35	4,73
	10	15,01	30,65	5,36
50	0	12,27	24,11	9,54
	5	13,75	29,80	7,70
	10	2,48	24,25	8,89
60	0	21,48	26,82	5,62
	5	23,42	27,52	5,66
	10	1,06	34,85	2,48
70	0	3,50	27,94	9,03
	5	35,50	25,79	5,81
	10	6,17	37,13	6,73

De acordo com os dados da Tabela 7, o composto com maior concentração foi o (*E*)-cariofileno. O α -pineno apresentou diferentes concentrações dependendo das temperaturas e tempos de ultrassom. O α -humuleno, em média, teve sua concentração em torno de 6,51%. A partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas, estabeleceram-se os modelos de regressão a nível de 5% de significância. Nos modelos completos, eliminaram-se os coeficientes não-significativos, obtendo-se os modelos ajustados (Tabela 8). Não foi possível adequar modelos para as variáveis resposta α -pineno, (*E*)-cariofileno e α -humuleno. Sendo assim, os dados serão apresentados com os valores da média.

Tabela 8. Equações de regressão ajustadas das concentrações de α -pineno, (*E*)-cariofileno e α -humuleno.

Resposta	Modelo	R² (%)
α-pineno	$\hat{Y} = 18,83$	-
(<i>E</i>)-cariofileno	$\hat{Y} = 27,37$	-
α-humuleno	$\hat{Y} = 6,51$	-

X= Temperatura ; Significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

Em relação às concentrações do α -pineno, (*E*)-cariofileno e α -humuleno, o pré-tratamento com ultrassom e as diferentes temperaturas não tiveram influência significativa nos valores encontrados. Independente da temperatura ou do tempo de ultrassom, os valores médios das concentrações de α -pineno, (*E*)-cariofileno e α -humuleno foram de 18,83%, 27,37% e 6,51%, respectivamente.

A Figura 18 demonstra como as velocidades interferiram no tempo de secagem das folhas de *V. curassavica* o que nos leva a predizer que o efeito do pré-tratamento com ultrassom pode ter sido afetado pelas baixas velocidades do ar de secagem.

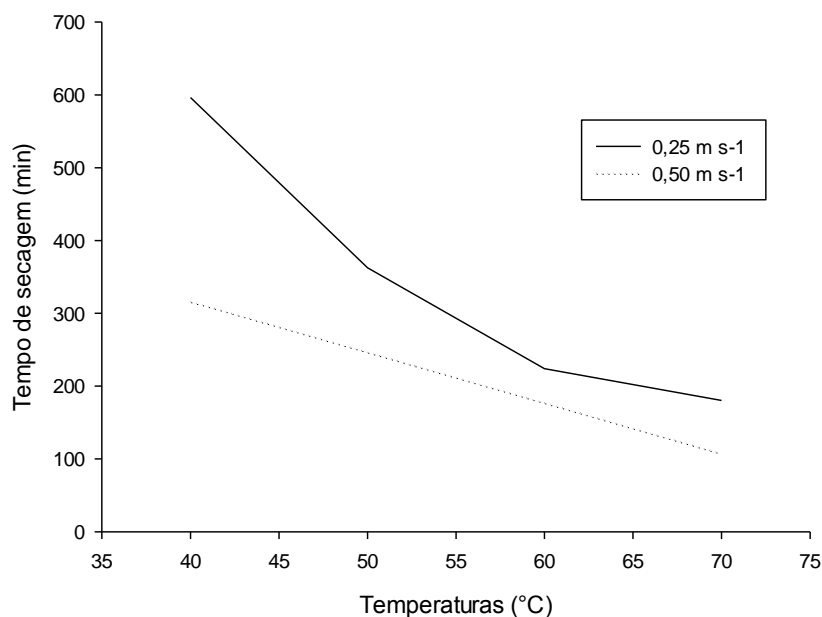


Figura 18. Efeito das temperaturas no tempo de secagem de *V. curassavica* nas velocidades de $0,25 \text{ m s}^{-1}$ e $0,50 \text{ m s}^{-1}$.

CONCLUSÕES

Os pré-tratamentos com ultrassom, nas velocidades de $0,25$ e $0,5 \text{ m s}^{-1}$ e nas quatro temperaturas estudadas não influenciaram significativamente no rendimento de óleo essencial das folhas de *V. curassavica*.

O melhor rendimento de óleo essencial foi obtido com a velocidade de $0,25 \text{ m s}^{-1}$ a temperatura de $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Quanto à composição química: o α -humuleno (marcador químico), independente dos tratamentos (ultrassom e temperaturas) resultaram em uma concentração média de 7,58%.

Os principais compostos químicos α -pineno, (*E*)-cariofileno e α -humuleno tiveram seus valores, em média, de 18,83%, 27,37% e 6,51%, respectivamente.

Velocidades baixas e variação de temperaturas suprimiram o efeito do pré-tratamento com ultrassom para a espécie *Varronia curassavica*.

Diante do apresentado, pode-se concluir que o efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem suplantou o possível efeito do pré-tratamento com ultrassom sobre o rendimento de óleo essencial. Portanto, para estudos futuros, faz-se necessário ampliar os valores de frequência do ultrassom e

aumento das velocidades, combinadas a esses mesmos valores de temperatura do ar de secagem já estudados.

REFERÊNCIAS

ADAMS, R.P. 2007. **Identification of essential oil components by Gas Chromatography mass spectroscopy**. DuPage: Allured Publishing Corporation, 469 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITÁRIA - ANVISA. Fitoterápicos. Gerência de Medicamentos Isentos, Específicos, Fitoterápicos e Homeopáticos GMEFH Gerência Geral de Medicamentos – GGMED. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/medicamentos/fitoterapicos/poster_fitoterapicos.pdf. Acesso em 06 de março de 2017.

AMARAL, C.L.; OLIVEIRA, J. E. Z.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1999, 153p.

ANDRADE, R.M.; ZANELLA, M.S.; JESUS, E.M.; REIS, R.C.; AMARAL, A.R.; BORSATO, A.V.; **Rendimento de óleo essencial de folhas de *Cordia verbenacea* DC. expostas ao sol, à sombra e ao ambiente natural**. Em: IV SEMINÁRIO DE AGRO ECOLOGIA –16-18 oct, 2012 MATO GROSSO DO SUL, Gloria dos Dourados, MS - Brasil - Cadernos de Agroecologia. Vol. 7, No. 2, Dez 2012.

ARABHOSSEINI A.; HUISMAN, W.; BOXTEL, A. VAN; MULLER J. Long-term effects of drying conditions on the essential oil and color of tarragon leaves during storage. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p.561–566, 2007.

ARAÚJO, A.C. et al. Caracterização sócio-econômico-cultural de raizeiros e procedimentos pós-colheita de plantas medicinais comercializadas em Maceió, AL. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.11, n.1, p.84-91, 2009.

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.** St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 78 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.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – a review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 446-475, 2008.

BARBOSA, F.F. **Avaliação do tempo de residência no campo e da temperatura do ar de secagem sobre o teor e sobre a composição química do óleo essencial de erva-cidreira-brasileira (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown).** 2005. 76 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. 2005.

BARBOSA, F.F.; BARBOSA, L.C.A.; MELO, E.C.; BOTELHO, F.M.; SANTOS, R. H. S. Influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. **Química Nova**, v.29, p.1221-1225, 2006.

BATALHA, M. O.; NANTES, J. F. D.; ALCÂNTARA, R. L. C.; MING, L. C.; CASTRO, D. M. de; LOURENZANI, A. E. B. S; MACHADO, J. G. de C. F.; RIBEIRO, P. M. T. Plantas medicinais no Estado de São Paulo: Situação atual,

perspectivas e entraves ao desenvolvimento. **Florestar Estatístico**, v. 6, n. 15, 2003.

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

BRASIL. **Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015**. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 mai. 2015. Seção 1, p. 1, 2015.

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.

BUGGLE, V., L.C. MING, FURTADO, E.L., ROCHA, S.F.R. Influence of different drying temperatures on the amount of essential oils and citral content in *Cymbopogon citratus* (D.S.) Stapf. Proceedings of the second world congress on medicinal and aromatic plants. **Acta Horticulturae**, n. 500, p. 71 - 74, 1999.

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.; 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, 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, JR. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* D.C. **Journal of Ethnopharmacology**, 95, 297–301, 2004.

CASTRO, H.G.; FERREIRA, F.A.; SILVA, D.J.H.; MOSQUIM, P.R. **Contribuição ao estudo de plantas medicinais metabólitos secundários.** Viçosa – MG, 2ed., 2004, 113p.

CHARLES, D.J.; SIMON, J.E. Comparison of extraction methods for the rapid determination of essential oil content and composition of basil. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 115, n. 3, p. 458-462, 1990.

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

COSTA, L.C.B.; CORRÊA, R. M.; CARDOSO, J. C. W.; PINTO, J. E. B. F.; BERTOLUCCI, K. V.; FERRI, P. H. Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim limão. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 23, n. 4, p. 956 – 959, 2005.

COSTA, M.A.C.; JESUS, J.G.; FARIAS, J.G.; NOGUEIRA, J.C.M.; OLIVEIRA, A.L.R.; FERRI, P.H.,. Variação estacional do óleo essencial em arnica (*Lychnofora ericoides* Mart.) [Season time scale shifts on arnica's essential oil (*Lychnofora ericoides* Mart.)]. **Revista de Biologia Neotropical**, v.5, p. 53-65, 2008.

DAL AGNOL, L. Palestra: **A indústria brasileira de fitoterápicos: desafios e perspectivas**. In: Estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas: Resultados da 1a Reunião Técnica/ Roberto Fontes Vieira.[et al.] – Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama)/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), 2002, 184 p.

DE 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.

DEFRAEYE, T. Advanced computational modelling for drying processes - A review. **Applied Energy**, 131, 323 – 344, 2014.

DIAS R.A.L.; SOUZA P. S.; OLDESIA L.S.A. Efeito da temperatura de secagem sobre o rendimento na extração de taninos totais e óleos essenciais da hortelã (*Mentha x vilosa* Hudson) **Revista Brasileira de Farmácia** 93(4): 431-438, 2012.

ERTEKIN, C., & YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, 63, 349 – 359, 2004.

FENNELL, C.W.; LIGHT, M.E.; SPARG, S.G.; STAFFORD, G.I.; STADEN, J.V. Assessing African medicinal plants for efficacy and safety: agricultural and storage practices. **Journal of Ethnopharmacology**, v.9, p.113-121, 2004.

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**, 569, 228–236, 2007.

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.

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.

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.

FUENTE-BLANCO; S. de la; RIERA-FRANCO de SARABIA, E.; ACOSTA-APARICIO, V. M.; BLANCO-BLANCO, A.; GALLEGO-JUÁREZ, J. A. Food drying process by power ultrasound. **Ultrasonics**, v. 44, p.e523-e527, 2006.

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

GONZAGA, D.A. **Controle multivariável utilizando plataforma Arduino 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.

HENRIQUES, L.D.R. 2008. **Influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel**. 55f. tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

ISENBERG, C., NOZAKI, M.H. Influência da temperatura e das posições na secagem de plantas medicinais em um secador a base de energia solar. **Revista Acadêmica**, Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 57-64, 2011.

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

KROKIDA, M.K., KARATHANOS, V. MAROULIS, Z., KOURIS, D.M.. Drying kinetics os some vegetables. **Journal of food engineering**, v.59, n.4, p.391-403, 2003.

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

LADEIRA, S.R. **Preparação do Extrato Seco de *Cordia verbenacea***. Monografia (Fitoterapia) - Porto Alegre – RS, Instituto Brasileiro de Estudos Homeopáticos - Faculdade de Ciências da Saúde de São Paulo - IBEHE/FACIS, 31p, 2002.

LEMOS, D.R.H. **Influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel**. Viçosa, MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.

LEMOS, D.R.H.; MELO, E.C.; ROCHA, R.P.; BARBOSA, L.C.A., PINHEIRO, A. L. Influence of drying air temperature on the chemical composition of the essential oil of melaleuca. **Engenharia na Agricultura** v.20 n.1, 2012.

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

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.

LORENZI, H., MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil. Nativas e Exóticas**. Nova Odessa - Instituto Plantarum, São Paulo, 502p. 2002.

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.

MACIEL, M.A.M. et al. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.3, p.429- 438, 2002.

MAHANOM, H. Jr; AZIZAH, A; DZULKIFLY, M. Effect of different drying methods on concentration of several phytochemicals in herbal preparation of 8 medical plants leaves. **Malays J Nutr.**, v.5, n.1, p.47-54, 1999.

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, E. R., CASTRO, D. M., CASTELLANI, D. C., DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. 1.ed. Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 220 p.

MARTINS, E. R., CASTRO, D. M., CASTELLANI, D. C., DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa: UFV, 1994. 220p.

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

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.

MASON, T.J. Power ultrasound in food processing. The way forward. **En Ultrasound in Food Processing**. Eds. Povey, M.J.W., Mason, T.J., Chapman & Hall, Londres, Reino Unido. 1998.

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.

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, E.C.; LOPES, D.C.; CORRÊA, P. C. GRAPSI – **Programa Computacional para o cálculo das propriedades psicrométricas do ar**. Engenharia na Agricultura, vol.12, p.154-162, 2004.

MINEA, V. Drying heat pumps e Part II: Agro-food, biological and wood products. International. **Journal of Refrigeration**, 36, 659 – 673, 2013.

MONTES, E.J.M., PIZARRO, R.T.G.R.D. A., SIERRA, O.A.P., ESCOBAR, J.L.M., & HERAZO, I.I.M. Modelado de la cinetica de secado de name (*Dioscorea rotundata*) en capa delgada. **Revista Ingeniería e Investigacion**, v.28, p.45 – 52, 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). **MS elabora Relação de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS**, 2009. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms_relacao_plantas_medicinais_sus_0603.pdf> Acesso em 07 de julho de 2015.

MS (**Ministério da Saúde**). Portaria nº 6 de 31 de janeiro. São Paulo: Informativo SBF, mai/jun, 1995. Secretaria de Vigilância Sanitária.

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.

OLIVEIRA, J.E.Z. (1997). **Variabilidade isozimática e do teor de óleo essencial em acessos de *Bidens pilosa* L.** Viçosa-MG:UFV, 1997. 72p. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

OLIVEIRA, M.T.R. ; BERBERT, P.A. Efeito da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Pectis brevipedunculata*. **Química Nova**. Vol. 34, No. 7, 1200-1204, 2011.

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

OTI-BOATENG, P.; AXTELL, B. (1998). Técnicas de secado. Livro de consulta sobre tecnologias aplicadas al ciclo alimentario (2nd ed., p. 70). Peru: **Intermédiante Technology Development Group**.

PANIZZA, S. **Plantas que curam: cheiro de mato.** 25^a ed. São Paulo – SP, IBRASA, Instituição Brasileira de Difusão Cultural LTDA, 280 p. 1997.

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.

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

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.

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.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; ROCHA, P. P.; BERBERT, P. A.; GRACIA, L. M. N. Study of essential oil from guaco leaves submitted to different drying air temperature. **Engenharia na Agricultura**, v.18, n.3, p.241-247, 2010.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BARBOSA, L. C. A.; SANTOS, R. H. S.; BARBOSA, F. F.; MARTINAZZO, A. P. Influência da temperatura do ar secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14, p.250-257, 2006.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; MARTINS, P. M. Secagem de alecrim pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.5, p.79-82, 2002.

RADÜNZ, L.R. **Efeito da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos óleos essenciais de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) e hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds)**. 2004. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2004.

REIS, M.S.; MARIOT, A. Diversidade natural e aspectos agronômicos de plantas medicinais. In: SIMÕES, C.M. et al. (Orgs.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre/Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2002. p.41-62.

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.

ROCHA, R. P. da. **Avaliação do teor e da composição do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* e *Thymus vulgaris* submetidos a processos de secagem e armazenamento**. 2011. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2011.

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.

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.

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.

SANTOS, R.T., MARTINS, R. C. C. Variação química da constituição do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (capim limão). **Revista PIBIC**, Osasco, 4 v.1, p.63-70, 2007.

SERTIÉ, J.A.A. et al. Pharmacological assay of *Cordia verbenacea* III: oral and topical antiinflammatory activity and gastrotoxicity of a crude leaf extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v.31, n.2, p.239-247, Feb. 1991.

SILVA, F.; CASALI, V.W.D.; LIMA, R.R.; ANDRADE, N.J. Qualidade pós colheita de *Achillea millefolium* L., *Origanum vulgare* L. e *Petroselinum crispum* (Miller) A. W. Hill em três embalagens. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 2, n. 1, p. 37 – 41, 1999.

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, 2012.

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

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**, ISSN 1745-4530, 2015.

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

SORIA, A. C.; VILLAMIEL M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n.7, p. 323–331, 2010.

SOUZA, M.I.L. **Influência do pré-tratamento com ultrassom na quantidade e qualidade do óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L.** 2016. 82 f. Tese (*Doctor Scientiae*). Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

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 Mediciniais**, v. 14, p. 242-245, 2012.

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

VEIGA-JUNIOR, V.F. 2008. Estudo do consumo de plantas medicinais na Região Centro-Norte do Estado do Rio de Janeiro: aceitação pelos profissionais de saúde e modo de uso pela população. **Revista Brasileira de Farmacognosia** 18: 308-313.

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

VERLET, N. Overview of the essential oils economy. **Acta Horticulturae.**, v. 333, p.65-67, 1993.

WITROWA-RAJCHERT D.; WIKTOR A.; SLEDZ M.; NOWACKA, M. Selected emerging technologies to enhance the drying process: A review. **Drying Technology**, v. 32, n. 11, p. 1386–1396, 2014.

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.