

NAIARA CRISTINA ZOTTI SPEROTTO

**SECAGEM INTERMITENTE DE *Lippia origanoides* H.B.K. e
Schinus terebinthifolius Raddi: INFLUÊNCIA NA SECAGEM E
NOS PARÂMETROS DE QUALIDADE**

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*.

Orientador: Evandro de Castro Melo

Coorientadores: Maira C. M. Fonseca
Antônio J. Demuner
Antônio P. S. Carneiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2020**

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

T

S749s
2020 Sperotto, Naiara Cristina Zotti, 1988-
Secagem intermitente de *Lippia origanoides* H.B.K. e
Schinus terebinthifolius Raddi : influência na secagem e nos
parâmetros de qualidade / Naiara Cristina Zotti Sperotto. –
Viçosa, MG, 2020.

86f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Evandro de Castro Melo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Lippia origanoides* - Secagem. 2. *Schinus terebinthifolius*
- Secagem. 3. Repouso. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Doutorado em
Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22 ed. 633.88

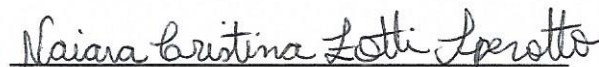
NAIARA CRISTINA ZOTTI SPEROTTO

SECAGEM INTERMITENTE DE *Lippia origanoides* H.B.K. E *Schinus terebinthifolius* Raddi: INFLUÊNCIA NA SECAGEM E NOS PARÂMETROS DE QUALIDADE

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: 19 de fevereiro de 2020.

Assentimento:


Naiara Cristina Zotti Sperotto
Autora


Evandro de Castro Melo
Orientador

Ao meu esposo Renato e à minha família.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sempre guiar e iluminar meu caminho, sempre me amparando nos momentos de aflição.

Ao meu esposo Renato, por seu amor e apoio incondicionais, pelo companheirismo e paciência nesta fase de desafios e conquistas e por sempre acreditar em mim.

Aos meus pais, Wilson e Zenilde e ao meu irmão Raul, por todo o amor e carinho, pelo apoio e incentivo em todos os momentos de minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Finance Code 001 e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão das bolsas de estudo.

À empresa AGROROSA pela concessão dos frutos de pimenta rosa.

Ao Professor Evandro de Castro Melo, pela orientação, confiança, pelos ensinamentos e pelas oportunidades concedidas.

Aos professores e pesquisadores Maira Christina Marques Fonseca, Antônio Jacinto Demuner e Antônio Policarpo de Souza Carneiro, por toda a ajuda, pelos ensinamentos e momentos de descontração.

Aos amigos Mariane, Raiane, Júlia, Diego, Michelle e Juliana pelo apoio, amizade, pela ajuda na execução dos experimentos e pelos impagáveis momentos que passamos juntos. Vocês foram muito importantes para nessa etapa e tornaram a caminhada mais leve e divertida.

Aos funcionários do Setor de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Edson e José Geraldo pelo apoio e pela disponibilidade em ajudar.

A todos que, de alguma forma, colaboraram com a realização deste trabalho e que torceram por mim.

BIOGRAFIA

NAIARA CRISTINA ZOTTI SPEROTTO, filha de Wilson Jesuino e Zenilde Gratieri Zotti, nasceu em Tapejara, Rio Grande do Sul, em 23 de março de 1988.

Em março de 2008, ingressou no curso de Engenharia Agrícola, na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Campus Erechim/RS. De agosto de 2008 a julho de 2011, foi bolsista de Iniciação Científica na mesma Universidade.

Em fevereiro de 2013 graduou-se em Engenharia Agrícola pela URI-Erechim. Neste mesmo ano, iniciou a vida profissional na empresa Agros-Assessoria e Consultoria Agropecuária.

Em agosto de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, na área de Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, na Universidade Federal de Viçosa sob orientação do Professor Evandro de Castro Melo, tornando-se mestre em Engenharia Agrícola em julho de 2016.

Em agosto de 2016, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Doutorado, na área de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, na Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Professor Evandro de Castro Melo, submetendo à defesa de tese em fevereiro de 2020.

RESUMO

ZOTTI-SPEROTTO, Naiara Cristina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2020. **Secagem intermitente de *Lippia origanoides* H.B.K. e *Schinus terebinthifolius* Raddi: influência do método na secagem e nos parâmetros de qualidade das plantas medicinais secas.** Orientador: Evandro de Castro Melo. Coorientadores: Maira Christina Marques Fonseca Antônio Jacinto Demuner e Antônio Policarpo de Souza Carneiro.

Após a colheita, as plantas medicinais precisam ser secas, visando preservar a qualidade dos constituintes químicos por longos períodos e manter sua ação terapêutica. No entanto, apesar de ser uma etapa essencial para a conservação, pode levar a degradação dos compostos de interesse medicinal, além de demandar alto consumo energético. Uma alternativa para otimizar a secagem de plantas medicinais é a utilização da secagem intermitente, por possibilitar o aumento da taxa de secagem, promover redução do tempo de secagem e, conseqüentemente, reduzir os danos e os custos operacionais do processo. O presente trabalho está dividido em dois capítulos. No primeiro avaliou-se a influência da aplicação de diferentes relações de intermitência no tempo efetivo de secagem e no consumo específico de energia durante a secagem de folhas de *Lippia origanoides* e de frutos de *Schinus terebinthifolius*. As folhas e os frutos foram submetidos a quatro formas de secagem: secagem sem intermitência e 3 relações de intermitência (10:20; 15:15 e 20:10) e secos a 50, 60 e 70 °C, em secador de leito fixo, com fluxo de ar de 1 m s⁻¹ para as folhas e 2 m s⁻¹ para os frutos. A relação de intermitência 10:20 reduziu significativamente o tempo efetivo de secagem e o consumo específico de energia durante a secagem das folhas de *L. origanoides* a 50 e 70 °C e dos frutos de *S. terebinthifolius* a 50 e 60 °C. No segundo capítulo, avaliou-se a influência da aplicação de diferentes relações de intermitência no rendimento da extração e na qualidade do óleo essencial das folhas de *L. origanoides* e dos frutos de *S. terebinthifolius* e na cor das folhas de *L. origanoides*. Os óleos essenciais de ambas as espécies foram extraídos por hidrodestilação e seus constituintes foram identificados e quantificados por cromatografia gasosa. A cor das folhas de *L. origanoides* foi determinada por leitura direta de reflectância das coordenadas L*, a* e b*, na face adaxial das folhas antes e após a secagem. As formas de secagem empregadas e as temperaturas do ar de secagem utilizadas interferiram no rendimento do óleo essencial, na

concentração do componente majoritário do óleo essencial de *L. origanoides* e *S. terebinthifolius* e na coloração das folhas de *L. origanoides*.

Palavras-chave: Intermitência. Alecrim pimenta. Pimenta rosa. Princípio Ativo. Qualidade.

ABSTRACT

ZOTTI-SPEROTTO, Naiara Cristina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2020. **Intermittent drying of *Lippia origanoides* H.B.K. and *Schinus terebinthifolius* Raddi: influence of the method on drying and quality parameters of dried medicinal plants.** Adviser: Evandro de Castro Melo. Co-advisers: Maira Christina Marques Fonseca, Antônio Jacinto Demuner and Antônio Policarpo de Souza Carneiro.

After harvesting, medicinal plants need to be dried, in order to preserve the chemical quality of constituents for long periods and maintain therapeutic action. However, despite being an essential step for conservation, it can lead to the degradation of compounds of medicinal interest, in addition to requiring high energy consumption. An alternative to optimize the drying of medicinal plants is the use of intermittent drying, as this is able to increase the drying rate, promoting a reduction in drying time and consequent reduction in damages and in the operational costs of the process. The present work is divided into two chapters. In the first one, the influence of the application of different intermittency ratios on the effective drying time and on the specific energy consumption during the drying of leaves of *L. origanoides* and fruits of *S. terebinthifolius* was evaluated. The leaves and fruits were subjected to 4 drying forms: without intermittence drying and 3 intermittent ratios (10:20; 15:15 and 20:10) and dried at 50, 60 and 70 °C, in a fixed bed dryer, with air flow of 1 m s⁻¹ for leaves and 2 m s⁻¹ for fruits. The 10:20 intermittent ratio significantly reduced the effective drying time and specific energy consumption during drying of the leaves of *L. origanoides* at 50 and 70 °C and of the fruits of *S. terebinthifolius* at 50 and 60 °C. In the second chapter, the influence of the application of different intermittence ratios on the yield and quality of the essential oil of *L. origanoides* leaves and of *S. terebinthifolius* fruits and on the color of *L. origanoides* leaves was evaluated. The essential oils of both species were extracted by hydrodistillation and their constituents were identified and quantified by gas chromatography. The color of the leaves of *L. origanoides* was determined by direct reading of reflectance from the coordinates L*, a* and b*, on the adaxial face of the leaves before and after drying. The drying forms applied and the drying air temperatures used interfered in the essential oil yield, in the concentration of the major component of the essential oil of *L.*

origanoides and *S. terebinthifolius* and in the coloring of the leaves of *L. organoides*.

Keywords: Intermittence. Rosemary pepper. Rose pepper. Active principle. Quality.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	15
Capítulo 1	21
RESUMO	21
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1 Material Vegetal	23
2.2 Secagem.....	24
2.3 Consumo específico de energia	27
2.4 Análises estatísticas	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.1 Tempo efetivo de secagem.....	28
3.2 Consumo específico de energia	35
4 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39
MATERIAL SUPLEMENTAR	44
Capítulo 2	45
RESUMO	45
ABSTRACT	45
1 INTRODUÇÃO	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1 Material vegetal	48
2.2 Secagem.....	49
2.3 Extração do óleo essencial	51
2.4 Análise qualitativa e quantitativa dos constituintes do óleo essencial	52
2.5 Análise da cor das folhas de <i>L. origanoides</i>	54
2.6 Análises estatísticas	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1 Rendimento do óleo essencial.....	56
3.1.1 <i>L. origanoides</i>	56
3.1.2 <i>S. terebinthifolius</i>	57
3.2 Análise qualitativa e quantitativa do óleo essencial	62
3.2.1 <i>L. origanoides</i>	62
3.2.2 <i>S. terebinthifolius</i>	67

3.3 Análise da cor das folhas de L. organoides.....	71
4 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	77
MATERIAL SUPLEMENTAR	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86

INTRODUÇÃO GERAL

As plantas medicinais são um recurso terapêutico importante desde o início dos tempos (Cole et al., 2014; Patocka e Almeida, 2017; Wachtel-Galor e Benzie, 2011). Aproximadamente 25% dos medicamentos prescritos em todo o mundo são derivados de plantas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a grande utilização desses medicamentos é devido a sua facilidade de acesso pela população. Além disso, estes também apresentam menos efeitos colaterais que os medicamentos sintéticos (Wachtel-Galor e Benzie, 2011) e se destacam como uma alternativa para o problema da resistência a medicamentos contra patógenos humanos, bem como para o tratamento de doenças crônicas não transmissíveis (Cole et al., 2014; Dutra et al., 2016; OMS, 2013; Wachtel-Galor e Benzie, 2011).

O uso de plantas nos cuidados com a saúde se disseminou através do conhecimento popular e indígena, transmitido entre as gerações. Neste sentido, o conhecimento empírico da ação terapêutica das plantas medicinais incentiva os estudos acadêmicos para comprovação científica das propriedades medicinais de plantas que já são popularmente utilizadas e de plantas que ainda podem ser descobertas.

O Brasil possui um terço da flora mundial, pois a Amazônia representa a maior reserva de flora com ação medicinal e é a maior biodiversidade do planeta (Brasil, 2006). Essa riqueza é uma grande oportunidade para o desenvolvimento de fitoterápicos e a inclusão de plantas medicinais no Sistema Único de Saúde (SUS) para atender a população com menos recursos financeiros (Lima-Saraiva et al., 2015; Lopes e Nascimento, 2017; Santos et al., 2011; Brasil, 2006)

Dentre as 71 espécies listadas na Relação de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS) (Brasil, 2009), encontram-se duas espécies com grande utilização popular no Brasil, a espécie *Lippia origanoides* Humboldt, Bonpland e Kunth (H.B.K) e a espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi. ANO.

A espécie *L. origanoides* pertence à família Verbenaceae e é conhecida popularmente como alecrim-pimenta. (Lorenzi e Matos, 2008). É nativa do Nordeste do Brasil, apresenta porte arbustivo, ereto, com muitas ramificações, podendo atingir até três metros de altura (Lorenzi e Matos, 2008). De acordo

com o Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira, o farmacógeno da espécie é a folha (Brasil, 2011). Seu óleo essencial possui elevado valor comercial, devido à alta concentração de timol ou uma mistura de timol e carvacrol (Costa et al., 2007), conferindo grande potencial antimicrobiano na indústria de alimentos (Veras et al., 2012; Lorenzi e Matos, 2008). Na medicina popular, o alecrim-pimenta é utilizado como antisséptico tópico na pele e no tratamento de resfriados, gripes, bronquites e tosse (Veras et al., 2012; Lorenzi e Matos, 2008). E ainda foi uma das espécies precursoras das Farmácias Vivas, projeto idealizado a mais de 30 anos pelo professor Francisco José de Abreu Matos no estado do Ceará (Prado et al., 2018).

A espécie *S. terebinthifolius* pertence à família Anacardiaceae e é nativa da América do Sul (Lenzi e Orth, 2004; Lorenzi e Matos, 2008). Pode atingir 10 m de altura e é conhecida como aroeira, aroeirinha, aroeira da praia, aroeira-vermelha, aroeira-pimenteira, pimenta rosa (Lenzi e Orth, 2004; Lorenzi e Matos, 2008). As aplicações biológicas desta planta são conhecidas há muitos anos e suas propriedades foram descritas desde a primeira edição da Farmacopeia Brasileira, publicada em 1926 (Carvalho et al., 2013) e está presente na Relação Nacional de Medicamentos Essenciais (RENAME) (Brasil, 2019). É matéria-prima de fitoterápico disponível no SUS, o qual apresenta ação cicatrizante, anti-inflamatória e antisséptica tópica para uso ginecológico (Brasil, 2019). De acordo com o Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira, o farmacógeno da espécie é a casca do caule seca (Brasil, 2011). No entanto, outras partes como folhas, frutos e raízes também são utilizadas como agente antibacteriano (Dannenberg et al., 2016; Melo-Júnior et al., 2002), cicatrizador de feridas (Melo-Júnior et al., 2002), alívio de dores reumáticas, artrite e nas costas (Rosas et al., 2015), tratamento de infecções urinárias (Uliana et al., 2016), ginecológicas (Lorenzi e Matos, 2008), respiratórias e úlceras (Carlini et al., 2010).

Apesar da ampla ação terapêutica das espécies medicinais, para que estejam constantemente disponíveis para a população e com suas características terapêuticas preservadas, elas precisam ser processadas antes de serem distribuídas. Portanto, as plantas medicinais são comercializadas, geralmente, de forma seca. A secagem propicia a redução de volumes de transporte e armazenamento e resulta em um produto estável, com vida de prateleira prolongada, podendo ser comercializado ao longo do ano, evitando,

portanto, o problema de baixa oferta com a sazonalidade (Chin e Law, 2011; Jin et al., 2017; Pham et al., 2019).

A secagem é caracterizada como um fenômeno de transferência simultânea de calor e massa (Chin e Law, 2011; Mujumdar e Law, 2010; Orphanides et al., 2015). O calor é transferido ao material vegetal, resultando na evaporação da água que se encontra disponível na superfície e do vapor que é evaporado internamente e, subsequentemente, transportado para a superfície (Orphanides et al., 2015b). Logo, o principal objetivo do processo é reduzir o teor de água para valores seguros (entre 8 e 12%), que inibem o crescimento microbiano e as reações bioquímicas deteriorantes (Chin e Law, 2011; Mujumdar e Law, 2010; Park et al., 2014).

No entanto, durante a secagem, a exposição contínua ao ar de secagem pode causar modificações físicas no produto, alterando características organolépticas, como cor, sabor e aroma e ainda aumentar a volatilização dos óleos essenciais e/ou alterar a composição química (Argyropoulos e Müller, 2014; Chin e Law, 2011; Jin et al., 2017; Mujumdar e Law, 2010; Orphanides et al., 2015). O efeito negativo da secagem nos atributos de qualidade do produto seco resulta em perdas significativas nas propriedades medicinais, bem como na aceitação de compra pelos consumidores (Kowalski e Szadzińska, 2014; Orphanides et al., 2015). Além disso, um período longo de secagem leva ao maior consumo de energia térmica e elétrica (Kowalski e Pawłowski, 2011; Kumar et al., 2014; Orphanides et al., 2015). Logo, a eficiência energética do processo e a qualidade do produto seco são duas importantes variáveis na secagem de plantas medicinais.

As atribuições qualitativas das plantas medicinais (características físicas e químicas) e a eficiência do processo dependem da metodologia de secagem aplicada e dos parâmetros do ar de secagem utilizados (temperatura, velocidade), tornando imprescindível a otimização desse processo (Kowalski e Szadzińska, 2014; Kumar et al., 2014; Orphanides et al., 2015). Nesse contexto, a secagem intermitente é uma alternativa para a secagem de produtos termolábeis.

A secagem intermitente é um método em que as condições de secagem são alteradas com o tempo (Chua et al., 2003; Kowalski e Pawłowski, 2011; Kumar et al., 2014). Isso pode ser alcançado alterando a temperatura do ar de secagem, a umidade relativa, a pressão ou o modo de transferência de calor

(por exemplo, convecção, condução, radiação, microondas, infravermelho ou ultravioleta) (Chua et al., 2003; Kumar et al., 2014).

O tipo mais comum de intermitência investigada é a estratégia de ligar/desligar a fonte de calor, alternando períodos de secagem com períodos de repouso (Kumar et al., 2014). Ao longo do processo de secagem, a taxa de secagem diminui, pois as amostras contêm pouca água para ser removida (Kowalski e Pawłowski, 2011; Kumar et al., 2014). Assim, a estratégia de utilizar períodos de repouso, permite a migração da água do interior para a superfície do produto, até que o teor de água seja quase uniforme em todo o produto (Barbosa de Lima et al., 2015; Kumar et al., 2014). Essa redistribuição da água facilita a secagem com a retomada do processo, pois reduz os gradientes de água e temperatura do produto. A redução nesses gradientes reduz o gasto energético devido à redução do tempo efetivo de secagem e evita o superaquecimento da superfície das amostras, minimizando a degradação da qualidade dos produtos secos (Barbosa de Lima et al., 2015; Kowalski e Pawłowski, 2011).

Entretanto, nenhuma regra geral deve ser aplicada quando se trata de secagem de plantas medicinais. Os métodos e parâmetros de secagem devem ser otimizados para cada espécie, uma vez que estas são diferentes quanto ao teor de água, composição fitoquímica e características morfológicas (Orphanides et al., 2015b). Assim, devido às características termolábeis e ao potencial de uso terapêutico de *L. origanoides* e *S. terebinthifolius* são necessários novos estudos quanto à otimização das etapas pós-colheita dessas espécies, visando à maximização da qualidade das plantas secas, no que diz respeito à produção e integridade química dos óleos essenciais e retenção da cor da folha.

REFERÊNCIAS

- Aquerreta, J., Iguaz, A., Arroqui, C., Vírseda, P., 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. *J. Food Eng.* 80, 611–618. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.012>
- Arabhosseini, A., Padhye, S., Beek, T.A. van, Boxtel, A.J. van, Huisman, W., Posthumus, M.A., Müller, J., 2006. Loss of essential oil of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) due to drying. *J. Sci. Food Agric.* 86, 2543–2550. <https://doi.org/10.1002/jsfa>
- Argyropoulos, D., Müller, J., 2014a. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L

- .). Ind. Crop. Prod. 52, 118–124.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.020>
- Argyropoulos, D., Müller, J., 2014b. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Ind. Crops Prod. 52, 118–124.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.020>
- Barbosa de Lima, A.G., Delgado, J.M.P.Q., Neto, S.R.F., Franco, C.M.R., 2015. Intermittent Drying: Fundamentals, Modeling and Applications, in: Delgado, J.M.P.Q., Barbosa de Lima, A.G. (Eds.), *Drying and Energy Technologies*. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 1–228.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-19767-8>
- Barbosa, F.D.F., Barbosa, L.C.A., Melo, E.C., Botelho, F.M., Santos, R.H.S., 2006. Influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. Quim. Nova 29, 1221–1225. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422006000600014>
- Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Clemente, A.D., Paula, V.F. de, Ismail, F.M.D., 2007. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* RADDI. Quim. Nova 30, 1959–1965.
- Botelho, M.A., Nogueira, N.A.P., Bastos, G.M., Fonseca, S.G.C., Lemos, T.L.G., Matos, F.J.A., Montenegro, D., Heukelbach, J., Rao, V.S., Brito, G.A.C., 2007. Antimicrobial activity of the essential oil from *Lippia sidoides*, carvacrol and thymol against oral pathogens. Brazilian J. Med. Biol. Res. 40, 349–356. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2007000300010>
- Carlini, E.A., Duarte-almeida, J.M., Rodrigues, E., Tabach, R., 2010. Artigo Antiulcer effect of the pepper trees *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão ,. Rev. Bras. Farmacogn. 20, 140–146.
- Carvalho, M.G., Melo, A.G.N., Aragão, C.F.S., Raffin, F.N., Moura, T.F.A.L., 2013. *Schinus terebinthifolius* Raddi : chemical composition , biological properties and toxicity. Rev. Bras. Plantas Med. 15, 158–169.
- Chen, X.D., Mujumdar, A.S., 2008. Drying technologies in food processing, 1 ed. ed, International Journal of Food Microbiology. Blackwell Publishing.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.004>
- Chin, S.K., Law, C.L., 2010. Product quality and drying characteristics of intermittent heat pump drying of *Ganoderma tsugae* Murrill. Dry. Technol. 28, 1457–1465. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.482707>
- Chin, S.K., Law, Chung Lim, 2011. Drying of medicinal plants, in: Jangam, S. V., Law, C. L., Mujumdar, A.S. (Eds.), *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Singapore, pp. 105–136.
- Chou, S.K., Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C., 2000. On the intermittent drying of an agricultural product. Food Bioprod. Process. Trans. Inst. Chem. Eng. Part C 78, 193–203.
<https://doi.org/10.1205/09603080051065296>
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K., 2003. Intermittent drying of bioproducts - An overview. Bioresour. Technol. 90, 285–295.
[https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00133-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00133-0)
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C., 2000. Convective drying of banana, guava and potato pieces : Effect of cyclical variations of air temperature on drying kinetics and color change. Dry. Technol. An Int. J. 18, 907–936.
<https://doi.org/10.1080/07373930008917744>

- Cole, E.R., Santos, R.B., Lacerda Júnior, V., Martins, J.D.L., Greco, S.J., Cunha Neto, A., 2014. Chemical composition of essential oil from ripe fruit of *Schinus terebinthifolius* Raddi and evaluation of its activity against wild strains of hospital origin. *Brazilian J. Microbiol.* 45, 821–828.
- Costa, A.S. da, Arrigoni-Blank, M.D.F., Blank, A.F., Mendonça, A.B. de, Amancio, V.F., Ledo, A. da S., 2007. Estabelecimento de alecrim-pimenta in vitro. *Hortic. Bras.* 25, 68–72. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362007000100013>
- Dannenberg, G. da S., Funck, G.D., Mattei, F.J., Silva, W.P. da, Fiorentini, Â.M., 2016. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 36, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.009>
- Demirhan, E., Özbek, B., 2009. Color change kinetics of microwave-dried basil. *Dry. Technol.* 27, 156–166. <https://doi.org/10.1080/07373930802566101>
- Dutra, R.C., Campos, M.M., Santos, A.R.S., Calixto, J.B., 2016. Medicinal plants in Brazil: Pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. *Pharmacol. Res.* 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2016.01.021>
- El-Massry, K.F., El-Ghorab, A.H., Shaaban, H.A., Shibamoto, T., 2009. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. *J. Agric. Food Chem.* 57, 5265–5270. <https://doi.org/10.1021/jf900638c>
- Ennigrou, A., Casabianca, H., Laarif, A., Hanchi, B., Hosni, K., 2017. Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. *South African J. Bot.* 108, 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.09.005>
- Esturk, O., 2012. Intermittent and Continuous Microwave-Convective Air-Drying Characteristics of Sage (*Salvia officinalis*) Leaves. *Food Bioprocess Technol.* 5, 1664–1673. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0462-x>
- Fontenelle, R.O.S., Morais, S.M., Brito, E.H.S., Kerntopf, M.R., Brilhante, R.S.N., Cordeiro, R.A., Tomé, A.R., Queiroz, M.G.R., Nascimento, N.R.F., Sidrim, J.J.C., Rocha, M.F.G., 2007. Chemical composition, toxicological aspects and antifungal activity of essential oil from *Lippia sidoides* Cham. *J. Antimicrob. Chemother.* 59, 934–940. <https://doi.org/10.1093/jac/dkm066>
- Gan, S.H., Ong, S.P., Chin, N.L., Law, C.L., 2016. A comparative quality study and energy saving on intermittent heat pump drying of Malaysian edible bird's nest. *Dry. Technol.* 35, 4–14. <https://doi.org/10.1080/07373937.2016.1155053>
- Holowaty, S.A., Ramallo, L.A., Schmalko, M.E., 2012. Intermittent drying simulation in a deep bed dryer of yerba maté. *J. Food Eng.* 111, 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.019>
- Hussein, H.S., Salem, M.Z.M., Soliman, A.M., 2017. Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 216, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.004>
- Jin, W., Mujumdar, A.S., Zhang, M., Shi, W., 2017. Novel Drying Techniques for Spices and Herbs: a Review. <https://doi.org/10.1007/s12393-017-9165-7>
- Khangholil, S., Rezaeinodehi, A., 2008. Effect of drying temperature on essential oil content and composition of sweet wormwood (*Artemisia annua*) growing wild in Iran. *Pakistan J. Biol. Sci.* 11, 934–937.

- <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.934.937>
- Kowalski, S.J., Pawłowski, A., 2011. Energy consumption and quality aspect by intermittent drying. *Chem. Eng. Process. Process Intensif.* 50, 384–390. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2011.02.012>
- Kowalski, S.J., Szadzińska, J., 2014. Convective-intermittent drying of cherries preceded by ultrasonic assisted osmotic dehydration. *Chem. Eng. Process.* 82, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2014.05.006>
- Kumar, C., Karim, M.A., Joardder, M.U.H., 2014. Intermittent drying of food products: A critical review. *J. Food Eng.* 121, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.014>
- Leal, A.L.A.B., Braga, A.L., Barbosa, B. de A., Rodrigues, A.M.X., Teixeira, F.A.F. de C., Silva, K.M.R. da, Júnio, E.C., Leite, T.R. de S., Amorim, M.S., 2019. Antimicrobial action of essential oil of *Lippia organoides* H.B.K. *J. Clin. Microbiol. Biochem. Technol.* 5, 7–12. <https://doi.org/10.17352/jcmbt.000032>
- Lenzi, M., Orth, A.I., 2004. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. *Rev. Bras. Frutic.* 26, 198–201. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452004000200004>
- Lide, D.R., 2005. CRC Handbook of chemistry and physics, 86th ed, Choice Reviews Online. CRC Press. <https://doi.org/10.5860/choice.41-4368>
- Lima-Corrêa, R. de A.B., Andrade, M. dos S., Silva, M.F. das G.F. da, Freire, J.T., Ferreira, M. do C., 2017. Thin-layer and vibro fluidized drying of basil leaves (*Ocimum basilicum* L.): analysis of drying homogeneity and influence of drying conditions on the composition of essential oil and leaf colour. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants.* <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.05.001>
- Lima-saraiva, S.R.G. de, Saraiva, C.H.C., Oliveira-júnior, R.G. de, Silva, J.C., Damasceno, C.M.D., Almeida, J.R.G.S., Amorim, E.L.C., 2015. A IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE PLANTAS MEDICINAIS E FITOTERÁPICOS NO SISTEMA PÚBLICO DE SAÚDE NO BRASIL: UMA REVISÃO DE LITERATURA. *Rev. Interdiscip. Pesqui. e Inovação* 1, 1–11.
- Lopes, K.M.T., Nascimento, P.R. do, 2017. Cultura Popular e Ciência no Registro de Fitoterápicos. *Revinter* 10, 122–133.
- Machado, S.R., Carmello-Guerreiro, S.M., 2001. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). *Acta Bot. Brasilica* 15, 189–195. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000200005>
- Martynenko, A., Kudra, T., 2015. Drying Technology: An International Journal Non-Isothermal Drying of Medicinal Plants 37–41. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1010209>
- Medeiros, K.C.P., Monteiro, J.C., Diniz, M.F.F.M., Medeiros, I.A., Silva, B.A., Piuvezam, M.R., 2007. Effect of the activity of the Brazilian polyherbal formulation: *Eucalyptus globulus* Labill, *Peltodon radicans* Pohl and *Schinus terebinthifolius* Radd in inflammatory models. *Rev. Bras. Farmacogn.* 17, 23–28.
- Melo-Júnior, E.J.M. de, Raposo, M.J., Lisboa Neto, J.A., Diniz, M.F.A., Marcelino Júnior, C.A.C., Sant’Ana, A.E.G., 2002. Medicinal plants in the healing of dry socket in rats: Microbiological and microscopic analysis. *Phytomedicine* 9, 109–116. <https://doi.org/10.1078/0944-7113-00087>
- Mujumdar, A.S., 2015. Handbook of Industrial Drying, Fourth. ed. CRC Press, New York.

- Mujumdar, A.S., Law, C.L., 2010. Drying Technology : Trends and Applications in Postharvest Processing 843–852. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0353-1>
- Ng, M.X., Tham, T.C., Gan, S.H., Chua, L.S., Aziz, R., Baba, M.R., Abdullah, L.C., Chin, N.L., Ong, S.P., Law, C.L., 2017. *Clinacanthus nutans* Lindau: Effects of drying methods on the bioactive compounds, color characteristics, and water activity. *Dry. Technol.* 36, 146–159. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1304410>
- Orphanides, A., Goulas, V., Botsaris, G., Gekas, V., 2015a. Influence of air-drying on the quality characteristics of spearmint : effects of air temperature and velocity. *J. Food Process. Preserv.* 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12817>
- Orphanides, A., Goulas, V., Gekas, V., 2015b. Drying Technologies : Vehicle to High-Quality Herbs. *Food Eng. Rev.* <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9128-9>
- Park, K.J.B., Park, K.J., Alonso, L.F.T., Cornejo, F.E.P., Dal Fabbro, I.M., 2014. Secagem: fundamentos e equações. *Rev. Bras. Prod. Agroindustriais* 16, 93–127.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.-J., 2012. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food Bioprocess Technol.* 6, 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Patocka, J., Almeida, J.D. de, 2017. Brazilian Pepper Tree : Review of pharmacology. *Mil. Med. Sci. Lett.* 86, 32–41.
- Pham, N.D., Khan, M.I.H., Joardder, M.U.H., Rahman, M.M., Mahiuddin, M., Abesinghe, A.M.N., Karim, M.A., 2019. Quality of plant-based food materials and its prediction during intermittent drying. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59, 1197–1211. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1399103>
- Prado, M.A.S. dos A., Matsuok, J.T., Giotto, A.C., 2018. A importância das farmácias vivas no âmbito da produção dos medicamentos fitoterápicos. *Rev. Iniciação Científica e Extensão-REIcEn* 1, 32–37.
- Ramallo, L.A., Lovera, N.N., Schmalko, M.E., 2010. Effect of the application of intermittent drying on *Ilex paraguariensis* quality and drying kinetics. *J. Food Eng.* 97, 188–193. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.008>
- Rocha, R.P., Melo, E.C., Radünz, L.L., 2011. Influence of drying process on the quality of medicinal plants : A review. *J. Med. Plants Res.* 5, 7076–7084. <https://doi.org/10.5897/JMPRx11.001>
- Rosas, E.C., Correa, L.B., Pádua, T. de A., Costa, T.E.M.M., Mazzei, L.J., Heringer, A.P., Bizarro, C.A., Kaplan, M.A.C., Figueiredo, M.R., Henriques, M.G., 2015. Anti-inflammatory effect of *Schinus terebinthifolius* Raddi hydroalcoholic extract on neutrophil migration in zymosan-induced arthritis. *J. Ethnopharmacol.* 175, 490–498. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.10.014>
- Santos, R.L., Guimaraes, G.P., Nobre, M.S.C., Portela, A.S., 2011. Análise sobre a fitoterapia como prática integrativa no Sistema Único de Saúde. *Rev. Bras. Plantas Med.* 13, 486–491.
- Schimitberger, V.M.B., Pratti, D.L. de A., Cavalcanti, L.C., Ramalho, V.F., Costa, A.P.F. da, Scherer, R., Kuster, R.M., Ramos, A.C., Silva, A.G. da, 2018. Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolia* Raddi). *Ind. Crops Prod.* 119, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.011>
- Souza, R.A. de, Melo, E. de C., de Ávila, M.B.R., Gonzaga, D.A., Sperotto, N.C.Z., Carneiro, A.P.S., 2020. Intermittent drying of clove basil leaves:

- process optimization and essential oil yield. *Rev. Bras. Eng. Agric. e Ambient.* 24, 209–215. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p209-215>
- Soysal, Y., Arslan, M., Keskin, M., 2009a. Intermittent microwave-convective air drying of oregano. *Food Sci. Technol. Int.* 15, 397–406. <https://doi.org/10.1177/1082013209346588>
- Soysal, Y., Ayhan, Z., Eştürk, O., Arikan, M.F., 2009b. Intermittent microwave-convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality. *Biosyst. Eng.* 103, 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.05.010>
- Uliana, M.P., Fronza, M., Silva, A.G. da, Vargas, T.S., Andrade, T.U. de, Scherer, R., 2016. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. *Ind. Crop. Prod.* 83, 235–240. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.077>
- Veras, H.N.H., Rodrigues, F.F.G., Colares, A. V., Menezes, I.R.A., Coutinho, H.D.M., Botelho, M.A., Costa, J.G.M., 2012. Synergistic antibiotic activity of volatile compounds from the essential oil of *Lippia sidoides* and thymol. *Fitoterapia* 83, 508–512. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.12.024>
- Vicuña, G.C., Stashenko, E.E., Fuentes, J.L., 2010. Chemical composition of the *Lippia organoides* essential oils and their antigenotoxicity against bleomycin-induced DNA damage. *Fitoterapia* 81, 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.10.008>
- Wachtel-Galor, Sissi, Benzie, F.F., 2011. Herbal Medicine: An Introduction to Its History, Usage, Regulation, Current Trends, and Research Needs, in: Benzie, I.F.F., Wachtel-Galor, S. (Eds.), *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. CRC Press/Taylor & Francis, pp. 1–9.

SECAGEM INTERMITENTE DE PLANTAS MEDICINAIS: INFLUÊNCIA DO MÉTODO NO TEMPO DE SECAGEM E NO CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência da aplicação de diferentes relações de intermitência no tempo efetivo de secagem e no consumo específico de energia durante a secagem de folhas de *Lippia origanoides* e de frutos de *Schinus terebinthifolius*. As folhas e os frutos foram submetidos a 4 formas de secagem: secagem sem intermitência e 3 relações de intermitência (10:20; 15:15 e 20:10) e secos a 50, 60 e 70 °C, em secador de leito fixo, com fluxo de ar de 1 m s⁻¹ para as folhas e 2 m s⁻¹ para os frutos. As formas de secagem aplicadas e as temperaturas do ar de secagem utilizadas interferiram no tempo efetivo de secagem e no consumo energético durante a secagem das folhas e dos frutos. A relação de intermitência 10:20 reduziu significativamente o tempo efetivo de secagem e o consumo específico de energia durante a secagem das folhas de *L. origanoides* a 50 e 70 °C e dos frutos de *S. terebinthifolius* a 50 e 60 °C.

Palavras-chave: Pós-colheita, Tempo de repouso, Tempo efetivo de secagem, Energia

INTERMITTENT DRYING OF MEDICINAL PLANTS: INFLUENCE OF THE METHOD ON THE DRYING TIME AND SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION

ABSTRACT

The objective was to evaluate the influence of the application of different intermittent ratios on the effective drying time and on the specific energy consumption during the drying of *L. origanoides* leaves and *S. terebinthifolius* fruits. The leaves and fruits were subjected to 4 drying forms: without intermittence drying and 3 intermittent ratios (10:20; 15:15 and 20:10) and dried at 50, 60 and 70 °C, in a fixed bed dryer, with air flow of 1 m s⁻¹ for leaves and 2 m s⁻¹ for fruits. The drying formss applied and the drying air temperatures used interfered with the effective drying time and energy consumption during the drying of leaves and fruits. The 10:20 intermittent ratio significantly reduced the effective drying time and specific energy consumption during the drying of *L. origanoides* leaves at 50 and 70 °C and of *S. terebinthifolius* fruits at 50 and 60 °C.

Keywords: Post-harvest, Tempering time, Effective drying time, Energy

1 INTRODUÇÃO

A secagem é umas das mais antigas técnicas de conservação de alimentos e produtos agrícolas (Kumar et al., 2014; Mujumdar, 2015; Mujumdar e Law, 2010) e tem como objetivo a redução do teor de água do produto (Mujumdar, 2015; Park et al., 2014). A redução do teor de água é uma maneira eficaz para inibir o crescimento microbiano e retardar o aparecimento de reações bioquímicas deteriorantes, reduzindo as perdas e garantindo um armazenamento seguro por maiores períodos (Esturk, 2012; Kowalski e Szadzińska, 2014; Mujumdar e Law, 2010; Park et al., 2014; Rocha et al., 2011). Portanto, a secagem é uma etapa importante para garantir a oferta regular de produtos de qualidade aos consumidores e indústria.

Entretanto, apesar de a secagem ser essencial para a conservação, armazenamento e logística dos produtos agrícolas após a colheita, o uso do método de secagem artificial é uma operação que demanda alto consumo energético e, conseqüentemente, gera alto custo operacional, uma vez que grandes quantidades de água necessitam ser removidas do produto, levando a um longo tempo de secagem, mesmo quando altas temperaturas são utilizadas (Esturk, 2012; Kowalski e Pawłowski, 2011).

No intuito de reduzir os custos operacionais do processo de secagem, há a necessidade de desenvolvimento e de utilização de técnicas que aprimorem a transferência de calor e massa, a fim de otimizar a eficiência energética (Kowalski e Pawłowski, 2011). Uma abordagem mais eficiente para a otimização desse processo é a combinação de mais de uma técnica de secagem, tais como secagem a altas temperaturas e secagem intermitente (Kowalski e Pawłowski, 2011).

A secagem intermitente é um método em que se alternam períodos de secagem com períodos de repouso (Barbosa de Lima et al., 2015; Kowalski e Szadzińska, 2014; Kumar et al., 2014). Isso pode ser alcançado variando-se a temperatura do ar de secagem, a sua umidade relativa, a sua vazão de ar ou até mesmo o modo de troca de calor (Kowalski e Szadzińska, 2014). Durante o período de repouso (sem fornecimento de calor), ocorre a redistribuição da água da parte interna para a superfície do material que está sendo seco, fator este que diminui o gradiente de teor de água, minimizando os possíveis defeitos que a secagem com o ar aquecido provoca no produto (Barbosa de Lima et al., 2015; Kowalski e Szadzińska, 2014; Kumar et al., 2014; Pham et

al., 2019). A diminuição do gradiente de água acelera a transferência de calor e massa, reduz o tempo necessário para atingir o teor final de água desejado e, assim, minimiza o consumo de energia, otimizando o processo de secagem (Chua et al., 2003; Kumar et al., 2014).

Devido a sua eficácia comprovada, a intermitência é utilizada para a secagem de diversos produtos agrícolas sensíveis ao calor, como banana, goiaba, batata (Chou et al., 2000), arroz (Aquerreta et al., 2007) e erva mate (Holowaty et al., 2012; Ramallo et al., 2010). Esses trabalhos evidenciam as vantagens em relação à secagem sem intermitência, quanto ao tempo de secagem e ao consumo energético. Apesar de vantajoso, é incipiente o estudo deste método na secagem de plantas medicinais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de diferentes relações de intermitência no tempo efetivo de secagem e no consumo específico de energia durante a secagem de folhas de *Lippia origanoides* e de frutos de *Schinus terebinthifolius*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Vegetal

As folhas de *Lippia origanoides* HBK foram cultivadas em sistema orgânico na Área Experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa-MG/Brasil; 20° 46' 13" S; 42° 52' 23" W). A exsicata da espécie foi depositada no Herbário da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) (PAMG 57975) e possui registro no SISGEN (AB395E2). As folhas foram colhidas entre 8 e 9 h, no mês de junho de 2019. Posteriormente estas foram homogeneizadas e armazenadas em câmara climática, tipo B.O.D. a 3,5 °C, por um período máximo de 3 dias, antes do início dos ensaios de secagem.

Os frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi foram provenientes da cidade de São Mateus/ES (18° 43' 51"S e 39° 48' 28"W), cedidos pela empresa AgroRosa, com registro no SISGEN (AB395E2). Os frutos foram coletados entre 8 e 9h, no mês de maio de 2018, limpos, homogeneizados e armazenados em câmara climática, tipo B.O.D. a 3,5 °C até o início dos ensaios de secagem, por um período máximo de 20 dias.

O teor inicial de água de ambas as espécies foi determinado pelo método gravimétrico, usando 10 g do material vegetal, em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 103 ± 2 °C, até atingir massa constante (ANVISA, 2010).

2.2 Secagem

As folhas e os frutos foram submetidos a 4 formas de secagem: secagem sem intermitência e 3 relações de intermitência (1:2; 1:1 e 2:1), conforme Tabela 1. Considerou-se como período de repouso o tempo em que as amostras ficaram fora do secador, interrompendo, portanto, sua exposição ao ar aquecido.

Tabela 1 – Formas de secagem utilizadas para a secagem de *L. origanoides* e *S. terebinthifolius*.

Forma de secagem	Tempo secando (min)	Tempo em repouso (min)
Sem intermit. (1:0)	Contínuo	0
Intermit. 10:20 (1:2)	10	20
Intermit. 15:15 (1:1)	15	15
Intermit. 20:10 (2:1)	20	10

Para cada tratamento, 350 g de frutos ou folhas frescos foram secos em secadores constituídos de bandejas removíveis, de fundo telado, de tamanho adaptável para cada produto, de acordo com as características físicas das folhas e frutos (Figura 1).



Figura 1 - Secadores utilizados na secagem de *Lippia origanoides* e *Schinus terebinthifolius* (UFV, 2019).

As temperaturas do ar de secagem foram 50, 60 e 70 °C e as velocidades do ar foram de 1,0 m.s⁻¹ para *L. origanoides* e 2,0 m.s⁻¹ para *S. terebinthifolius*. A velocidade do ar de secagem foi definida a partir de testes preliminares e foi diferente entre as espécies estudadas visando superar a velocidade estática devido às propriedades físicas das folhas e dos frutos. Os secadores possuíam sistema de aquecimento do ar por resistências elétricas (7,5 kW) e movimentação do ar feita por ventilador axial (48 W).

O controle da temperatura nos secadores foi automático e a velocidade ajustada manualmente, permanecendo fixa durante todo o ensaio. A medição da velocidade do ar de secagem foi realizada com o auxílio de um anemômetro digital (Prova Instruments Inc, AVM-07, New Taipei City, Taiwan), com sensor de pás rotativas, tendo faixa de leitura de 0,05 a 25 m s⁻¹ e sensibilidade de 0,01 m s⁻¹. A temperatura e a umidade relativa do ar ambiente foram registradas com um termohigrômetro digital (HOBO datalogger, Onset, Bourne, USA) e a umidade relativa do ar de secagem foi obtida por meio do programa GRAPSI 7.0[®] (Melo et al., 2004), considerando-se razão de mistura constante durante o aquecimento para calcular as propriedades termodinâmicas desse ponto de estado.

Para acompanhar a redução do teor de água, foram realizadas pesagens regulares a cada cinco minutos em balança semi-analítica e a

secagem foi finalizada ao atingir a massa equivalente ao teor de água de 0,11 b.s.

As Figuras 2 e 3 mostram as folhas e os frutos durante os períodos de repouso dos tratamentos de secagem intermitente.



Figura 2 – Período de repouso para a secagem intermitente das folhas de *L. organoides*, com as repetições 1, 2 e 3.



Figura 3 – Período de repouso para a secagem intermitente dos frutos de *S. terebinthifolius*, com as repetições 1, 2 e 3.

Finalizada a secagem, as folhas e os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno e envoltos em embalagens de papel Kraft (Figura 4), identificados e armazenados em temperatura ambiente.



Figura 4 – Frutos de *S. terebinthifolius* secos e acondicionados em embalagens de polietileno (A) e envoltos em embalagens de papel Kraft (B), prontos para ser armazenados.

2.3 Consumo específico de energia

O consumo específico de energia, ou seja, a quantidade de energia necessária para evaporar uma unidade de massa de água do produto, foi obtida pela Equação 1.

$$CEE = \frac{[(V_{ar} \rho_{ar} C_{p_{ar}} \Delta T) + Ev] t}{(m_{ev})}$$

Em que:

CEE- consumo específico de energia, (MJ kg⁻¹ de água evaporada);

V_{ar} – vazão de ar (m³ s⁻¹);

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

C_{p_{ar}} – calor específico do ar a pressão constante (kJ kg⁻¹ °C⁻¹);

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

Ev – energia elétrica necessária para movimentar o ventilador (0,048 kJ s⁻¹);

t – tempo de operação do secador (s);

m_{ev} – massa de água evaporada (kg).

2.4 Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 × 4 (3 temperaturas do ar de secagem: 50, 60 e 70 °C; e 4 formas de secagem: secagem sem

intermitência e 3 relações de intermitência), no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais para cada espécie.

A interação entre os fatores foi testada pela Análise de Variância (ANOVA). O efeito do fator qualitativo, forma de secagem, foi avaliado através de comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O efeito do fator quantitativo, temperatura do ar de secagem, foi analisado por regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa SAS, versão 9.4 (SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tempo efetivo de secagem

Na Tabela 2 constam os valores médios do tempo efetivo de secagem das folhas de *L. origanoides* e dos frutos de *S. terebinthifolius*. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das formas de secagem em cada temperatura, uma vez que a interação entre os fatores estudados foi significativa ($p < 0,05$). O tempo efetivo de secagem refere-se ao tempo em que as folhas e os frutos ficaram expostos ao ar de secagem, ou seja, quando estavam dentro do secador. A análise de variância (ANOVA) consta no material suplementar como Tabela S1 e S3, para *L. origanoides* e *S. terebinthifolius*, respectivamente.

Tabela 2 - Tempo efetivo de secagem em função das formas de secagem em cada temperatura.

Forma de Secagem	Tempo efetivo de secagem (min)					
	<i>L. origanoides</i>			<i>S. terebinthifolius</i>		
	50 °C	60 °C	70 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Sem intermit.	83,33 b	46,67 a	35,00 a	108,33 a	71,67 a	45,00 a
Interm. 10:20	65,00 c	45,00 ab	26,67 c	76,67 c	55,00 c	43,33 a
Interm. 15:15	81,67 b	46,67 a	31,67 b	83,33 bc	56,67 bc	40,00 a
Interm. 20:10	86,67 a	43,33 b	31,67 b	90,00 b	65,00 ab	43,33 a
DMS		2,20			9,40	
CV (%)		7,35			6,42	

Notas:

DMS- Diferença mínima significativa; CV- Coeficiente de variação.

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Conforme observado na Tabela 2, as formas de secagem aplicadas tiveram efeito no tempo efetivo de secagem para ambas as espécies estudadas.

Para a espécie *L. origanoides*, durante a secagem a 50 e 70°C, a relação de intermitência 10:20 resultou no menor tempo efetivo de secagem. Em relação à secagem sem intermitência, esta promoveu uma redução no tempo efetivo de secagem de 22 e 23,8%, respectivamente. Na secagem a 60°C, o menor tempo efetivo de secagem foi observado com a aplicação da relação de intermitência 20:10, porém, foi igual, estatisticamente, ao tempo efetivo de secagem resultante de intermitência 10:20.

Para a espécie *S. terebinthifolius*, durante a secagem a 50 e 60 °C, a relação de intermitência 10:20 também resultou em menor tempo efetivo de secagem, reduzindo-o em 29,2 e 23,3%, respectivamente, em relação a secagem sem intermitência. No entanto, na secagem a 70 °C, o tempo efetivo não diferiu entre as formas de secagem avaliadas. Com a temperatura do ar de secagem mais elevada, quando o primeiro período de repouso é aplicado, o teor de água já é menor que nas temperaturas de 50 e 60 °C (Figura 5), fazendo com que a aplicação da intermitência não apresentasse efeito na redução do tempo efetivo de secagem. Além disso, o teor inicial de água de *S. terebinthifolius* (38,2% b.u.) é menor que o teor inicial de água de *L. origanoides* (69,9% b.u.). Assim, para *S. terebinthifolius* houve a mesma dificuldade em remover a água durante a secagem com e sem intermitência, porque quanto menor a quantidade de água, mais difícil é a evaporação (Park et al., 2014). Portanto, o efeito da intermitência é mascarado com o uso da temperatura do ar mais alta.

Ramallo et al. (2010) também observaram que a aplicação da intermitência não teve efeito na redução do tempo efetivo de secagem de erva mate quando utilizada uma temperatura do ar mais alta.

Em geral, o maior período de repouso, causado pela relação de intermitência 10:20, resultou em uma maior redução no tempo efetivo de secagem.

Durante o período de repouso, a água que está no interior do produto migra, por difusão, para a superfície. Assim, durante o período de secagem efetivo, a água é facilmente evaporada, aumentando a taxa de secagem, pois sempre haverá água disponível na superfície do material vegetal para ser

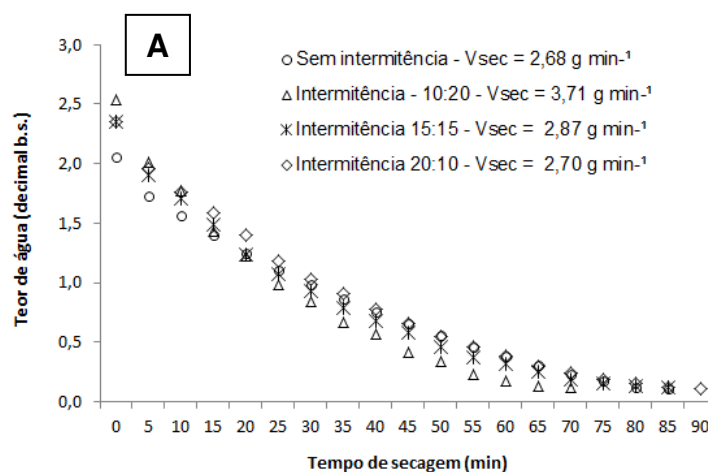
evaporado (Chua et al., 2003; Holowaty et al., 2012; Kumar et al., 2014; Pham et al., 2019). Por essa razão, o tempo efetivo de secagem diminuiu com a aplicação da intermitência.

Ramallo et al. (2010) observaram redução no tempo de secagem de galhos de erva mate após a aplicação de intermitência de 15 e 30 min a 60 e 80 °C, quando comparados com a secagem sem intermitência. Os autores observaram que a intermitência levou à melhores resultados quando aplicada à secagem em temperaturas mais baixas ou no início da secagem, quando são utilizadas temperaturas mais altas.

Gan et al. (2016) investigaram o efeito da secagem intermitente com bomba de calor no tempo de secagem de ninho de pássaro comestíveis, considerado um medicamento tradicional altamente estimado e utilizado na China, Indonésia e Japão. Os autores concluíram que o tempo efetivo de secagem diminuiu em até 66,7% quando foi aplicado um período maior de repouso.

Souza et al. (2020) também observaram que um maior período de repouso resultou em maior redução no tempo efetivo de secagem de *Ocimum gratissimum*.

As Figuras 5 e 6 que ilustram a redução do teor de água em função do tempo efetivo de secagem a 50 (A), 60 (B) e 70 °C (C) para *L. origanoides* e *S. terebinthifolius*, respectivamente.



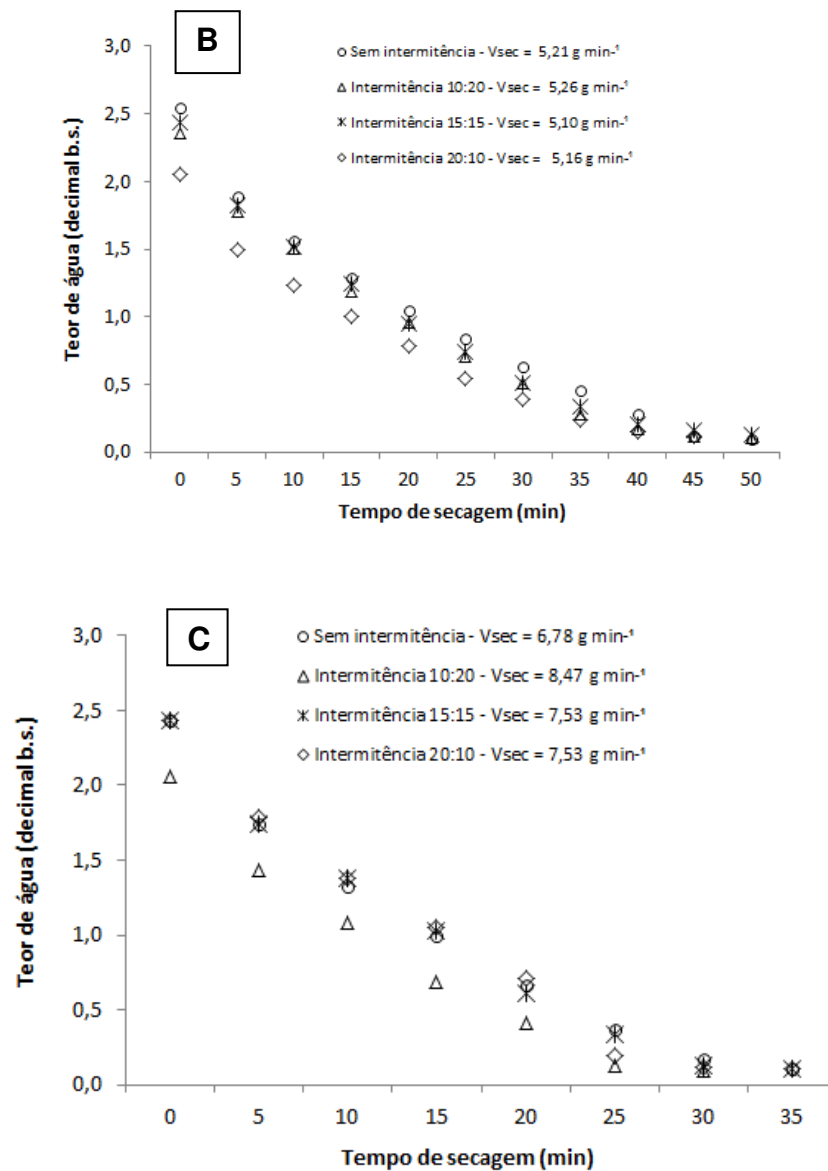
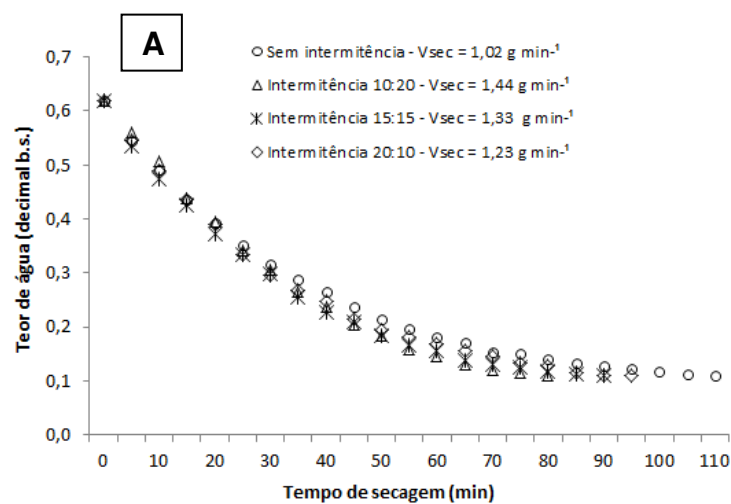


Figura 5 - Redução do teor de água das folhas de *Lippia origanoides* em função do tempo efetivo de secagem a (A) 50 °C, (B) 60 °C e (C) 70 °C. V_{sec} = velocidade de secagem ($\text{g de água removida min}^{-1}$).



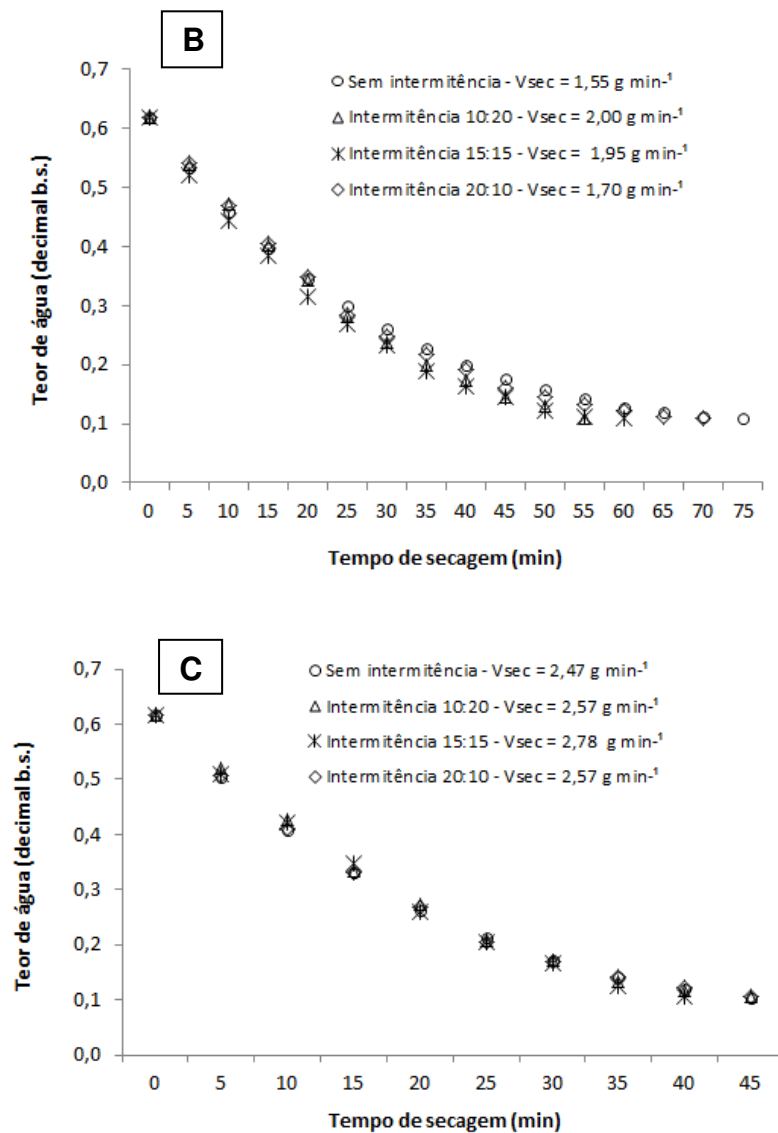


Figura 6 - Redução do teor de água dos frutos de *Schinus terebinthifolius* em função do tempo efetivo de secagem a (A) 50 °C, (B) 60 °C e (C) 70 °C. V_{sec} = velocidade de secagem ($\text{g de água removida min}^{-1}$).

As curvas de secagem demonstram, para ambas as espécies e em todas as condições de secagem, a redução exponencial do teor de água ao longo do tempo e apenas com o período de taxa de secagem decrescente, o que é característico da secagem de plantas medicinais (Ali et al., 2014; Gasparin et al., 2017; Lima-Corrêa et al., 2017; Martinazzo et al., 2010; Martins et al., 2015; Mghazli et al., 2017).

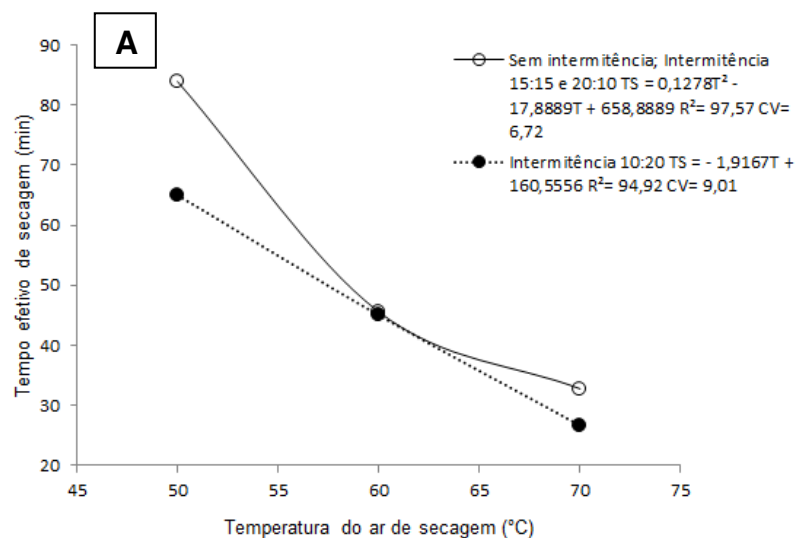
Conforme observado, as taxas de secagem foram mais altas no início da secagem, pois há maior quantidade de água para ser removida. No decorrer do processo de secagem, há maior dificuldade na remoção, pois, apesar da menor quantidade, há um aumento na resistência da migração da água do interior

para superfície, pois esta fica ligada à constituição das estruturas do produto (matéria seca) (Park et al., 2014).

O maior tempo efetivo necessário para a secagem de *S. terebinthifolius* é devido ao seu menor teor de água que *L. origanoides* (38,2% e 69,9% b.u., respectivamente). Pela mesma razão relatada anteriormente, durante a secagem, quanto menor a quantidade de água a ser evaporada, maior a dificuldade de removê-la, o que prolonga o processo.

A aplicação da intermitência alterou a cinética do processo, pois ocorreu maior velocidade de secagem, o que reduziu o tempo necessário para atingir o teor de água predeterminado. A aplicação da relação de intermitência 10:20 aumentou a taxa de secagem de *L. origanoides* a 50, 60 e 70 °C e de *S. terebinthifolius* a 50 e 60 °C, quando comparada com a secagem sem intermitência, o que proporcionou a redução do tempo efetivo de secagem.

Na Figura 7 têm-se as equações e as curvas de regressão ajustadas para o tempo efetivo de secagem de *L. origanoides* e *S. terebinthifolius*, em função da temperatura do ar, para cada forma de secagem.



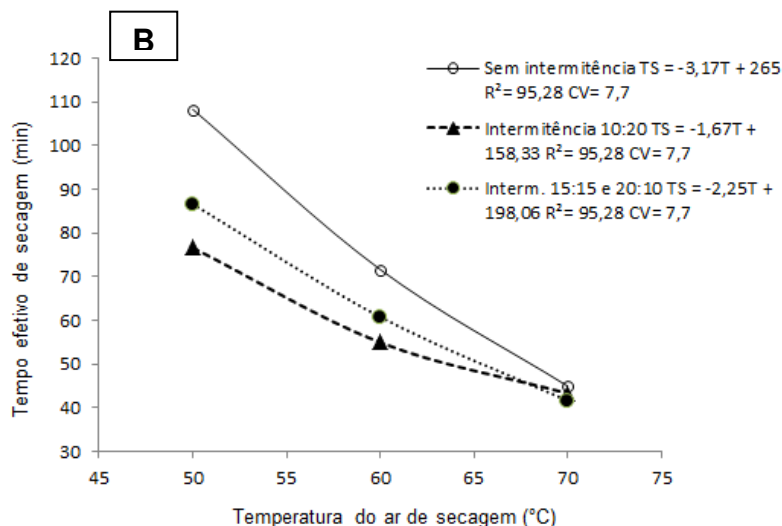


Figura 7 – Tempo efetivo de secagem de (A) folhas de *Lippia origanoides* e de (B) frutos de *Schinus terebinthifolius* em função da temperatura do ar para cada forma de secagem. T: temperatura do ar de secagem (°C), R²: coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%).

A temperatura do ar de secagem afetou de forma significativa o tempo efetivo de secagem, ou seja, aumento na temperatura do ar de secagem proporcionou redução no tempo efetivo do processo.

Para *L. origanoides* (Figura 7A), considerando os formas de secagem sem intermitência, 15:15 e 20:10, o modelo de regressão que apresentou o melhor ajuste foi o polinomial de segundo grau, com um coeficiente de determinação ajustado (R²) 97,57%. Como os coeficientes de regressão, para estas formas de secagem, não diferiram estatisticamente entre si (p > 0,05), o efeito da temperatura sobre o tempo efetivo para estas três formas de secagem é descrito por uma mesma equação de regressão. Para o forma de secagem 10:20, houve melhor ajuste com o modelo de regressão linear (R² = 94,92%).

Na Figura 7B, *S. terebinthifolius*, observou-se que, em todas as formas de secagem, o modelo de regressão linear apresentou melhor ajuste (R² = 95,28%). Os coeficientes de regressão, considerando a secagem com intermitência 15:15 e 20:10, não diferiram estatisticamente entre si (p > 0,05), logo, o efeito da temperatura para essas duas formas é descrito por uma mesma equação.

Conforme esperado, o aumento da temperatura do ar de secagem reduziu o tempo efetivo de secagem, tanto para *L. origanoides* quanto para *S. terebinthifolius* e em todas as formas de secagem avaliadas. Este resultado

está de acordo com Lima-Corrêa et al. (2017) e Orphanides et al. (2015) que observaram redução do tempo de secagem de *Ocimum basilicum* e *Mentha.spicata*, respectivamente, com o aumento da temperatura do ar de secagem.

Quanto ao efeito da secagem intermitente no tempo de secagem, a relação de intermitência 10:20 foi a forma de secagem que resultou em menor tempo efetivo de secagem em todas as temperaturas do ar utilizadas e para as duas espécies estudadas. Infere-se, assim, que quanto maior o tempo de repouso, maior a redução do tempo efetivo de secagem.

3.2 Consumo específico de energia

Na Tabela 3 constam os valores médios do consumo específico de energia, relativos à secagem das folhas de *L. origanoides* e dos frutos de *S. terebinthifolius*, submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para a comparação das formas de secagem em cada temperatura, uma vez que a interação entre os fatores estudados foi significativa ($p < 0,05$). A análise de variância (ANOVA) consta no material suplementar como Tabela S2 e S4, para *L. origanoides* e *S. terebinthifolius*, respectivamente.

Tabela 3 – Consumo específico de energia, para as diferentes temperaturas do ar e formas de secagem das plantas medicinais.

Forma de Secagem	Consumo específico de energia (MJ. kg ⁻¹)					
	<i>L. origanoides</i>			<i>S. terebinthifolius</i>		
	50 °C	60 °C	70 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Sem intermit.	78,78 a	54,90 a	57,10 a	112,63 a	98,47 a	73,65 a
Interm. 10:20	52,85 c	54,23 a	44,47 b	76,39 b	70,17 c	70,27 a
Interm. 15:15	66,20 b	57,73 a	50,56 ab	84,10 b	70,94 c	66,51 a
Interm. 20:10	74,51 ab	56,62 a	50,12 ab	86,27 b	84,29 b	71,75 a
DMS		9,95			10,49	
CV(%)		7,61			5,80	

Notas:

DMS- Diferença mínima significativa; CV- Coeficiente de variação.

Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a espécie *L. origanoides* e temperatura do ar de secagem de 50 e 70 °C, a intermitência 10:20 resultou no menor consumo específico de energia. Essa redução foi de, aproximadamente, 33 e 22%, respectivamente. Durante a secagem a 60 °C, o consumo específico de energia não diferiu entre as formas

de secagem avaliadas, pois o tempo de secagem nestes casos teve pouca variação.

Para *S. terebinthifolius*, durante a secagem a 50 °C, todas as relações de intermitência proporcionaram a redução do consumo específico de energia. Para a secagem a 60 °C, as intermitências 10:20 e 15:15 resultaram em menor consumo específico de energia, em relação à secagem sem intermitência. Já para a secagem a 70 °C, o consumo específico de energia não diferiu entre as formas de secagem avaliadas.

De acordo com os resultados apresentados, no geral, maiores tempos de repouso resultaram em menor consumo energético. Após o período de repouso, há um aumento na quantidade de água na superfície do material vegetal, aumentando a taxa de remoção de água quando a secagem é retomada. Assim, ocorre redução do tempo de secagem e do consumo de energia, aumentando, conseqüentemente, a eficiência energética do processo (Chua et al., 2003).

Sendo a eficiência energética um dos grandes problemas da secagem de plantas medicinais, este parâmetro pode ser maximizado com a secagem intermitente. Logo, há a necessidade de um esquema de secagem apropriado para cada espécie, dependendo de suas características de transferência de calor e massa, fator este que resultará em melhor eficiência energética do processo para cada caso (Kumar et al., 2014).

Soysal et al. (2009), observaram que o consumo específico de energia durante a secagem intermitente de orégano em microondas diminuiu com o aumento do tempo de repouso, para uma mesma temperatura, sendo esta redução de até 11,2 vezes em comparação com a secagem convectiva. Holowaty et al. (2012) relataram 10% de economia de energia durante a secagem de erva mate, com a aplicação de um período de repouso de 15 minutos após 15 minutos de secagem e posterior secagem constante. Gan et al. (2017) observaram economia de energia de 86% e 130% para períodos de repouso de 2 horas e 4 horas para temperatura de 40,6 °C, respectivamente, durante a secagem intermitente com bomba de calor de ninho de pássaro comestível e a economia máxima de energia foi atingida com a secagem a 28,6 °C e intermitência de 4 h (135%). Os autores também concluíram que, quanto maior o período de repouso, maior a economia de energia.

A Figura 8 apresenta as equações de regressão ajustadas para o consumo específico de energia, em função da temperatura do ar para cada forma de secagem.

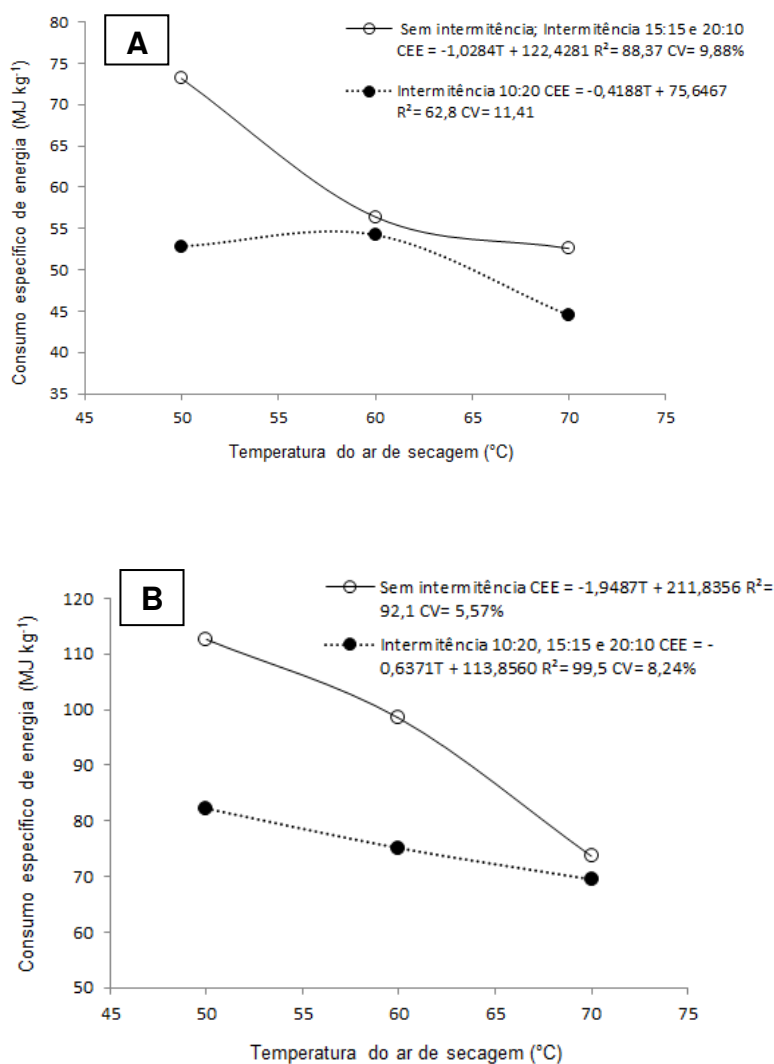


Figura 8 - Consumo específico de energia para a secagem de (A) *L. origanoides* e (B) *S. terebinthifolius*, em função da temperatura do ar para cada forma de secagem. T: temperatura do ar de secagem (°C), R²: coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%).

A temperatura do ar de secagem afetou de forma significativa o consumo específico de energia, além de apresentar interação significativa com a forma de secagem. Para *L. origanoides* (Figura 8A), considerando os formas de secagem sem intermitência e intermitências 15:15 e 20:10, o modelo de regressão que apresentou o melhor ajuste foi o linear, com ($R^2 = 88,37\%$). Como os coeficientes de regressão, para estas formas de secagem, não

diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), o efeito da temperatura sobre o consumo específico de energia para estas duas formas de secagem é descrito por uma mesma equação de regressão. Para a intermitência 10:20, houve melhor ajuste com o modelo de regressão linear ($R^2 = 62,8\%$).

Para *S. terebinthifolius* (Figura 8B) e secagem sem intermitência, o modelo de regressão linear apresentou melhor ajuste, ($R^2 = 92,1\%$). Para as demais formas de secagem, houve ajuste a um modelo de regressão linear ($R^2 = 99,5\%$). Os coeficientes de regressão, considerando a secagem com intermitência 10:20, 15:15 e 20:10, não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$), logo, o efeito da temperatura para essas formas é descrito por uma mesma equação.

Os resultados para o consumo específico de energia mostraram que o aumento da temperatura do ar de secagem melhorou a eficiência energética do processo. Este fato é explicado pela redução significativa no tempo efetivo de secagem com o aumento da temperatura do ar de secagem. Além disso, a relação de intermitência 10:20 resultou em menor consumo específico de energia em todas as temperaturas do ar utilizadas e para as duas espécies estudadas.

Os resultados encontrados para *L. origanoides* e *S. terebinthifolius* corroboram com os achados de Chin e Law (2010), que estudaram o efeito da intermitência na cinética de secagem de *Ganoderma tsugae*. Os resultados mostraram que, para uma mesma intermitência, houve economia de energia com o aumento da temperatura.

4 CONCLUSÃO

A secagem intermitente é uma forma eficaz para otimizar a secagem e a eficiência energética do processo, pois reduz o tempo efetivo de secagem e, conseqüentemente, o consumo específico de energia, quando comparado com a secagem sem intermitência.

A relação de intermitência 10:20 reduziu significativamente o tempo efetivo de secagem e o consumo específico de energia durante a secagem das folhas de *L. origanoides* a 50 e 70 °C e dos frutos de *S. terebinthifolius* a 50 e 60 °C.

REFERÊNCIAS

- Ali, M. A.; Yusof, Y. A.; Chin, N. L.; Ibrahim, M. N.; Basra, S. M. A., 2014. Drying kinetics and colour analysis of *Moringa oleifera* leaves. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v.2, p. 94-400.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2010. *Farmacopeia brasileira*, 5.ed. Brasília: ANVISA, 2010. 546p
- Aquerreta, J., Iguaz, A., Arroqui, C., Vírseda, P., 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. *J. Food Eng.* 80, 611–618. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.012>
- Arabhosseini, A., Padhye, S., Beek, T.A. van, Boxtel, A.J. van, Huisman, W., Posthumus, M.A., Müller, J., 2006. Loss of essential oil of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) due to drying. *J. Sci. Food Agric.* 86, 2543–2550. <https://doi.org/10.1002/jsfa>
- Argyropoulos, D., Müller, J., 2014a. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Ind. Crop. Prod.* 52, 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.020>
- Argyropoulos, D., Müller, J., 2014b. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Ind. Crops Prod.* 52, 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.020>
- Barbosa de Lima, A.G., Delgado, J.M.P.Q., Neto, S.R.F., Franco, C.M.R., 2015. Intermittent Drying: Fundamentals, Modeling and Applications, in: Delgado, J.M.P.Q., Barbosa de Lima, A.G. (Eds.), *Drying and Energy Technologies*. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 1–228. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19767-8>
- Barbosa, F.D.F., Barbosa, L.C.A., Melo, E.C., Botelho, F.M., Santos, R.H.S., 2006. Influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. *Quim. Nova* 29, 1221–1225. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422006000600014>
- Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Clemente, A.D., Paula, V.F. de, Ismail, F.M.D., 2007. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* RADDI. *Quim. Nova* 30, 1959–1965.
- Botelho, M.A., Nogueira, N.A.P., Bastos, G.M., Fonseca, S.G.C., Lemos, T.L.G., Matos, F.J.A., Montenegro, D., Heukelbach, J., Rao, V.S., Brito, G.A.C., 2007. Antimicrobial activity of the essential oil from *Lippia sidoides*, carvacrol and thymol against oral pathogens. *Brazilian J. Med. Biol. Res.* 40, 349–356. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2007000300010>
- Carlini, E.A., Duarte-almeida, J.M., Rodrigues, E., Tabach, R., 2010. Artigo Antiulcer effect of the pepper trees *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão ,. *Rev. Bras. Farmacogn.* 20, 140–146.
- Carvalho, M.G., Melo, A.G.N., Aragão, C.F.S., Raffin, F.N., Moura, T.F.A.L., 2013. *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition , biological properties and toxicity. *Rev. Bras. Plantas Med.* 15, 158–169.
- Chen, X.D., Mujumdar, A.S., 2008. *Drying technologies in food processing*, 1 ed. ed, International Journal of Food Microbiology. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.004>

- Chin, S.K., Law, C.L., 2010. Product quality and drying characteristics of intermittent heat pump drying of *Ganoderma tsugae* Murrill. *Dry. Technol.* 28, 1457–1465. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.482707>
- Chin, S.K., Law, Chung Lim, 2011. Drying of medicinal plants, in: Jangam, S. V., Law, C. L., Mujumdar, A.S. (Eds.), *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Singapore, pp. 105–136.
- Chou, S.K., Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C., 2000. On the intermittent drying of an agricultural product. *Food Bioprod. Process. Trans. Inst. Chem. Eng. Part C* 78, 193–203. <https://doi.org/10.1205/09603080051065296>
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K., 2003. Intermittent drying of bioproducts - An overview. *Bioresour. Technol.* 90, 285–295. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00133-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00133-0)
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C., 2000. Convective drying of banana, guava and potato pieces: Effect of cyclical variations of air temperature on drying kinetics and color change. *Dry. Technol. An Int. J.* 18, 907–936. <https://doi.org/10.1080/07373930008917744>
- Cole, E.R., Santos, R.B., Lacerda Júnior, V., Martins, J.D.L., Greco, S.J., Cunha Neto, A., 2014. Chemical composition of essential oil from ripe fruit of *Schinus terebinthifolius* Raddi and evaluation of its activity against wild strains of hospital origin. *Brazilian J. Microbiol.* 45, 821–828.
- Costa, A.S. da, Arrigoni-Blank, M.D.F., Blank, A.F., Mendonça, A.B. de, Amancio, V.F., Ledo, A. da S., 2007. Estabelecimento de alecrim-pimenta in vitro. *Hortic. Bras.* 25, 68–72. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362007000100013>
- Dannenbergh, G. da S., Funck, G.D., Mattei, F.J., Silva, W.P. da, Fiorentini, Â.M., 2016. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 36, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.009>
- Demirhan, E., Özbek, B., 2009. Color change kinetics of microwave-dried basil. *Dry. Technol.* 27, 156–166. <https://doi.org/10.1080/07373930802566101>
- Dutra, R.C., Campos, M.M., Santos, A.R.S., Calixto, J.B., 2016. Medicinal plants in Brazil: Pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. *Pharmacol. Res.* 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2016.01.021>
- El-Massry, K.F., El-Ghorab, A.H., Shaaban, H.A., Shibamoto, T., 2009. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. *J. Agric. Food Chem.* 57, 5265–5270. <https://doi.org/10.1021/jf900638c>
- Ennigrou, A., Casabianca, H., Laarif, A., Hanchi, B., Hosni, K., 2017. Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. *South African J. Bot.* 108, 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.09.005>
- Esturk, O., 2012. Intermittent and Continuous Microwave-Convective Air-Drying Characteristics of Sage (*Salvia officinalis*) Leaves. *Food Bioprocess Technol.* 5, 1664–1673. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0462-x>
- Fontenelle, R.O.S., Morais, S.M., Brito, E.H.S., Kerntopf, M.R., Brilhante, R.S.N., Cordeiro, R.A., Tomé, A.R., Queiroz, M.G.R., Nascimento, N.R.F., Sidrim, J.J.C., Rocha, M.F.G., 2007. Chemical composition, toxicological aspects and antifungal activity of essential oil from *Lippia sidoides* Cham. *J.*

- Antimicrob. Chemother. 59, 934–940. <https://doi.org/10.1093/jac/dkm066>
- Gan, S.H., Ong, S.P., Chin, N.L., Law, C.L., 2016. A comparative quality study and energy saving on intermittent heat pump drying of Malaysian edible bird's nest. *Dry. Technol.* 35, 4–14. <https://doi.org/10.1080/07373937.2016.1155053>
- Holowaty, S.A., Ramallo, L.A., Schmalko, M.E., 2012. Intermittent drying simulation in a deep bed dryer of yerba maté. *J. Food Eng.* 111, 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.019>
- Hussein, H.S., Salem, M.Z.M., Soliman, A.M., 2017. Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 216, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.004>
- Jin, W., Mujumdar, A.S., Zhang, M., Shi, W., 2017. Novel Drying Techniques for Spices and Herbs: a Review. <https://doi.org/10.1007/s12393-017-9165-7>
- Khangholil, S., Rezaeinodehi, A., 2008. Effect of drying temperature on essential oil content and composition of sweet wormwood (*Artemisia annua*) growing wild in Iran. *Pakistan J. Biol. Sci.* 11, 934–937. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.934.937>
- Kowalski, S.J., Pawłowski, A., 2011. Energy consumption and quality aspect by intermittent drying. *Chem. Eng. Process. Process Intensif.* 50, 384–390. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2011.02.012>
- Kowalski, S.J., Szadzińska, J., 2014. Convective-intermittent drying of cherries preceded by ultrasonic assisted osmotic dehydration. *Chem. Eng. Process.* 82, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2014.05.006>
- Kumar, C., Karim, M.A., Joardder, M.U.H., 2014. Intermittent drying of food products: A critical review. *J. Food Eng.* 121, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.014>
- Leal, A.L.A.B., Braga, A.L., Barbosa, B. de A., Rodrigues, A.M.X., Teixeira, F.A.F. de C., Silva, K.M.R. da, Júnio, E.C., Leite, T.R. de S., Amorim, M.S., 2019. Antimicrobial action of essential oil of *Lippia origanoides* H.B.K. *J. Clin. Microbiol. Biochem. Technol.* 5, 7–12. <https://doi.org/10.17352/jcmbt.000032>
- Lenzi, M., Orth, A.I., 2004. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. *Rev. Bras. Frutic.* 26, 198–201. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452004000200004>
- Lide, D.R., 2005. CRC Handbook of chemistry and physics, 86th ed, Choice Reviews Online. CRC Press. <https://doi.org/10.5860/choice.41-4368>
- Lima-Corrêa, R. de A.B., Andrade, M. dos S., Silva, M.F. das G.F. da, Freire, J.T., Ferreira, M. do C., 2017. Thin-layer and vibro fluidized drying of basil leaves (*Ocimum basilicum* L.): analysis of drying homogeneity and influence of drying conditions on the composition of essential oil and leaf colour. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants.* <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.05.001>
- Lima-saraiva, S.R.G. de, Saraiva, C.H.C., Oliveira-júnior, R.G. de, Silva, J.C., Damasceno, C.M.D., Almeida, J.R.G.S., Amorim, E.L.C., 2015. A IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE PLANTAS MEDICINAIS E FITOTERÁPICOS NO SISTEMA PÚBLICO DE SAÚDE NO BRASIL: UMA REVISÃO DE LITERATURA. *Rev. Interdiscip. Pesqui. e Inovação* 1, 1–11.
- Lopes, K.M.T., Nascimento, P.R. do, 2017. Cultura Popular e Ciência no Registro de Fitoterápicos. *Revinter* 10, 122–133.

- Machado, S.R., Carmello-Guerreiro, S.M., 2001. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). *Acta Bot. Brasilica* 15, 189–195. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000200005>
- Martynenko, A., Kudra, T., 2015. Drying Technology: An International Journal Non-Isothermal Drying of Medicinal Plants 37–41. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1010209>
- Medeiros, K.C.P., Monteiro, J.C., Diniz, M.F.F.M., Medeiros, I.A., Silva, B.A., Piuvezam, M.R., 2007. Effect of the activity of the Brazilian polyherbal formulation: *Eucalyptus globulus* Labill, *Peltodon radicans* Pohl and *Schinus terebinthifolius* Radd in inflammatory models. *Rev. Bras. Farmacogn.* 17, 23–28.
- Melo-Júnior, E.J.M. de, Raposo, M.J., Lisboa Neto, J.A., Diniz, M.F.A., Marcelino Júnior, C.A.C., Sant’Ana, A.E.G., 2002. Medicinal plants in the healing of dry socket in rats: Microbiological and microscopic analysis. *Phytomedicine* 9, 109–116. <https://doi.org/10.1078/0944-7113-00087>
- Mujumdar, A.S., 2015. Handbook of Industrial Drying, Fourth. ed. CRC Press, New York.
- Mujumdar, A.S., Law, C.L., 2010. Drying Technology: Trends and Applications in Postharvest Processing 843–852. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0353-1>
- Ng, M.X., Tham, T.C., Gan, S.H., Chua, L.S., Aziz, R., Baba, M.R., Abdullah, L.C., Chin, N.L., Ong, S.P., Law, C.L., 2017. *Clinacanthus nutans* Lindau: Effects of drying methods on the bioactive compounds, color characteristics, and water activity. *Dry. Technol.* 36, 146–159. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1304410>
- Orphanides, A., Goulas, V., Botsaris, G., Gekas, V., 2015a. Influence of air-drying on the quality characteristics of spearmint: effects of air temperature and velocity. *J. Food Process. Preserv.* 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12817>
- Orphanides, A., Goulas, V., Gekas, V., 2015b. Drying Technologies: Vehicle to High-Quality Herbs. *Food Eng. Rev.* <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9128-9>
- Park, K.J.B., Park, K.J., Alonso, L.F.T., Cornejo, F.E.P., Dal Fabbro, I.M., 2014. Secagem: fundamentos e equações. *Rev. Bras. Prod. Agroindustriais* 16, 93–127.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.-J., 2012. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food Bioprocess Technol.* 6, 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Patocka, J., Almeida, J.D. de, 2017. Brazilian Pepper Tree: Review of pharmacology. *Mil. Med. Sci. Lett.* 86, 32–41.
- Pham, N.D., Khan, M.I.H., Joardder, M.U.H., Rahman, M.M., Mahiuddin, M., Abesinghe, A.M.N., Karim, M.A., 2019. Quality of plant-based food materials and its prediction during intermittent drying. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59, 1197–1211. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1399103>
- Prado, M.A.S. dos A., Matsuo, J.T., Giotto, A.C., 2018. A importância das farmácias vivas no âmbito da produção dos medicamentos fitoterápicos. *Rev. Iniciação Científica e Extensão-REIcEn* 1, 32–37.
- Ramallo, L.A., Lovera, N.N., Schmalko, M.E., 2010. Effect of the application of intermittent drying on *Ilex paraguariensis* quality and drying kinetics. *J. Food Eng.* 97, 188–193. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.008>
- Rocha, R.P., Melo, E.C., Radünz, L.L., 2011. Influence of drying process on the

- quality of medicinal plants : A review. *J. Med. Plants Res.* 5, 7076–7084. <https://doi.org/10.5897/JMPRx11.001>
- Rosas, E.C., Correa, L.B., Pádua, T. de A., Costa, T.E.M.M., Mazzei, L.J., Heringer, A.P., Bizarro, C.A., Kaplan, M.A.C., Figueiredo, M.R., Henriques, M.G., 2015. Anti-inflammatory effect of *Schinus terebinthifolius* Raddi hydroalcoholic extract on neutrophil migration in zymosan-induced arthritis. *J. Ethnopharmacol.* 175, 490–498. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.10.014>
- Santos, R.L., Guimaraes, G.P., Nobre, M.S.C., Portela, A.S., 2011. Análise sobre a fitoterapia como prática integrativa no Sistema Único de Saúde. *Rev. Bras. Plantas Med.* 13, 486–491.
- Schimitberger, V.M.B., Pratti, D.L. de A., Cavalcanti, L.C., Ramalho, V.F., Costa, A.P.F. da, Scherer, R., Kuster, R.M., Ramos, A.C., Silva, A.G. da, 2018. Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolia* Raddi). *Ind. Crops Prod.* 119, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.011>
- Souza, R.A. de, Melo, E. de C., de Ávila, M.B.R., Gonzaga, D.A., Sperotto, N.C.Z., Carneiro, A.P.S., 2020. Intermittent drying of clove basil leaves: process optimization and essential oil yield. *Rev. Bras. Eng. Agric. e Ambient.* 24, 209–215. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p209-215>
- Soysal, Y., Arslan, M., Keskin, M., 2009a. Intermittent microwave-convective air drying of oregano. *Food Sci. Technol. Int.* 15, 397–406. <https://doi.org/10.1177/1082013209346588>
- Soysal, Y., Ayhan, Z., Eştürk, O., Arikan, M.F., 2009b. Intermittent microwave-convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality. *Biosyst. Eng.* 103, 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.05.010>
- Uliana, M.P., Fronza, M., Silva, A.G. da, Vargas, T.S., Andrade, T.U. de, Scherer, R., 2016. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. *Ind. Crop. Prod.* 83, 235–240. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.077>
- Veras, H.N.H., Rodrigues, F.F.G., Colares, A. V., Menezes, I.R.A., Coutinho, H.D.M., Botelho, M.A., Costa, J.G.M., 2012. Synergistic antibiotic activity of volatile compounds from the essential oil of *Lippia sidoides* and thymol. *Fitoterapia* 83, 508–512. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.12.024>
- Vicuña, G.C., Stashenko, E.E., Fuentes, J.L., 2010. Chemical composition of the *Lippia organoides* essential oils and their antigenotoxicity against bleomycin-induced DNA damage. *Fitoterapia* 81, 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.10.008>
- Wachtel-Galor, Sissi, Benzie, F.F., 2011. Herbal Medicine: An Introduction to Its History, Usage, Regulation, Current Trends, and Research Needs, in: Benzie, I.F.F., Wachtel-Galor, S. (Eds.), *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. CRC Press/Taylor & Francis, pp. 1–9.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1 – Resumo da ANOVA do tempo efetivo de secagem das folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	7271,53	498,62*
RI	3	167,59	11,49*
T x RI	6	78,01	5,35*
Resíduo	24	14,58	
Total	35		
CV(%) 7,35			

Nota:

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; T- temperatura do ar de secagem; RI- relação de intermitência; CV- coeficiente de variação.

Tabela S2 – Resumo da ANOVA do consumo específico de energia durante a secagem das folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	968,51	49,45*
RI	3	279,09	14,25*
T x RI	6	100,03	5,11*
Resíduo	24	19,59	
Total	35		
CV(%) 7,61			

Tabela S3 – Resumo da ANOVA do tempo efetivo de secagem dos frutos de *S. terebinthifolius*, submetidos às diferentes relações de intermitência e secos a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	6602,78	380,32*
RI	3	511,81	29,48*
T x RI	6	119,44	6,88*
Resíduo	24	17,36	
Total	35		
CV(%) 6,42			

Tabela S4 – Resumo da ANOVA do consumo específico de energia durante a secagem dos frutos de *S. terebinthifolius*, submetidos às diferentes relações de intermitência e secos a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	1119,74	51,41*
RI	3	959,05	44,03*
T x RI	6	174,28	8,00*
Resíduo	24	21,78	
Total	35		
CV(%) 5,80			

SECAGEM INTERMITENTE DE *Lippia origanoides* H.B.K. E *Schinus terebinthifolius* Raddi: PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS PLANTAS MEDICINAIS SECAS

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência da aplicação de diferentes relações de intermitência no rendimento e na qualidade do óleo essencial das folhas de *L. origanoides* e dos frutos de *S. terebinthifolius* e na cor das folhas de *L. origanoides*. As folhas e os frutos foram submetidos a 4 formas de secagem: secagem sem intermitência e 3 relações de intermitência (10:20; 15:15 e 20:10) e secos a 50, 60 e 70 °C em secador de leito fixo com fluxo de ar de 1 m s⁻¹ para as folhas e 2 m s⁻¹ para os frutos. Os óleos essenciais de ambas as espécies foram extraídos por hidrodestilação e seus constituintes foram identificados e quantificados por cromatografia gasosa. A cor das folhas de *L. origanoides* foi determinada por leitura direta de reflectância das coordenadas L*, a* e b*, na face adaxial das folhas antes e após a secagem. A secagem com a relação de intermitência 10:20 a 70 °C proporcionou os maiores rendimentos e melhor qualidade do óleo essencial das folhas secas de *L. origanoides*, preservando o Timol em concentrações desejáveis para a espécie, bem como não resultou em degradação dos atributos de cor. Para os frutos de *S. terebinthifolius*, a secagem com relação de intermitência 10:20 a 50 °C maximizou o rendimento do óleo essencial e resultou em maior concentração do composto α -felandreno.

Palavras-chave: Alecrim pimenta, Pimenta rosa, Repouso, Planta medicinal, Princípio ativo, Qualidade

INTERMITTENT DRYING OF *Lippia origanoides* H.B.K. and *Schinus terebinthifolius* Raddi: QUALITY PARAMETERS OF DRY MEDICINAL PLANTS

ABSTRACT

The objective was to evaluate the influence of the application of different intermittent ratios on the yield and quality of the essential oil of *L. origanoides* leaves and *S. terebinthifolius* fruits and on the color of *L. origanoides* leaves. The leaves and fruits were subjected to 4 drying forms: without intermittence drying and 3 intermittent ratios (10:20; 15:15 and 20:10) and dried at 50, 60 and 70 °C in a fixed bed dryer with flow of air of 1 m s⁻¹ for the leaves and 2 m s⁻¹ for the fruits. The essential oils of both species were extracted by hydrodistillation and their constituents were identified and quantified by gas chromatography. The color of the leaves of *L. origanoides* was determined by direct reading of reflectance from the coordinates L*, a* and b*, on the adaxial face of the leaves before and after drying. Drying with an intermittent 10:20 at 70 °C provided the

highest yields and best quality of the essential oil of the dried leaves of *L. origanoides*, preserving Thymol in desirable concentrations for the species, as well as not resulting in degradation of the color attributes. For *S. terebinthifolius* fruits, drying with a 10:20 intermittent ratio at 50 °C maximized the essential oil yield and resulted in a higher concentration of the α -phellandrene compound.

Keywords: Rosemary pepper, Rose peper, Tempering, Medicinal plant, Active principle, Quality

1 INTRODUÇÃO

Lippia origanoides Humboldt, Bonpland, and Kunth (H.B.K.) (Verbenaceae), conhecida popularmente como alecrim pimenta, é um arbusto de 2 a 3 m de altura, nativo da América Central e norte da América do Sul (Vicuña et al., 2010; Lorenzi e Matos, 2008). Na medicina popular, é utilizada como antisséptico e no tratamento de resfriados, gripes, bronquites e tosse (Veras et al., 2012; Lorenzi e Matos, 2008). O óleo essencial de suas folhas possui atividade antimicrobiana contra as cepas de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (Leal et al., 2019), contra patógenos que causam doenças respiratórias (Lorenzi e Matos, 2008; Veras et al., 2012) e cárie dentária (Botelho et al., 2007) e, também, atividade antifúngica contra *Candida albicans* (Fontenelle et al., 2007; Leal et al., 2019), comprovando sua eficácia terapêutica para o tratamento de diversas enfermidades.

Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae), nativa da América do Sul é conhecida popularmente como aroeira ou aroeirinha (Lenzi e Orth, 2004). Seus frutos, denominados de pimenta rosa, possuem sabor e aroma característicos e são muito utilizados na indústria alimentícia (Barbosa et al., 2007; El-Massry et al., 2009). Na medicina popular as folhas, os frutos e a casca são utilizados na forma de chás, infusões ou tinturas como agente anti-inflamatório (Medeiros et al., 2007; Rosas et al., 2015), antibacteriano (Dannenbergh et al., 2016; Melo-Júnior et al., 2002), cicatrizador de feridas (Melo-Júnior et al., 2002), alívio de dores reumáticas, artrite e nas costas (Rosas et al., 2015), tratamento de infecções urinárias (Uliana et al., 2016), ginecológicas (Lorenzi e Matos, 2008), respiratórias e úlceras (Carlini et al., 2010).

Em virtude da comprovação científica para uso no tratamento de diversas enfermidades, as espécies *L. origanoides* e *S. terebinthifolius* constam na Relação de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS) (Brasil, 2009) e são consideradas importantes fontes de matéria-prima para o desenvolvimento de novos fármacos, além de serem utilizadas na medicina popular. No entanto, assim como a maioria das plantas de interesse medicinal, essas espécies sofrem influência da sazonalidade e são altamente perecíveis, devido ao elevado teor de água após a colheita. Desta forma, para garantir que estes produtos possam ser armazenados, assegurando o fornecimento constante de matéria-prima de qualidade fitoquímica para a indústria farmacêutica e para os consumidores, as plantas medicinais devem ser submetidas a processos de pós-colheita, com a secagem.

A secagem é uma maneira eficaz de inibir o crescimento microbiano e retardar o aparecimento de algumas reações bioquímicas deteriorantes (Chin e Law, 2011; Mujumdar e Law, 2010; Park et al., 2014). No entanto, esse processo pode provocar alterações em características químicas e físicas das plantas medicinais. A exposição prolongada a altas temperaturas e o fornecimento contínuo de calor podem induzir a volatilização de óleos essenciais, alterações de cor e textura, perda de aroma e valor nutritivo, reduzindo a qualidade da droga vegetal, tornando este um dos principais problemas da secagem destes produtos (Esturk, 2012; Gan et al., 2016; Kumar et al., 2014; Pham et al., 2019; Soysal et al., 2009a). Nesse contexto, existe uma demanda por uso de técnicas de secagem mais adequadas para a garantia da oferta de plantas medicinais com maior qualidade (Chin e Law, 2011; Martynenko e Kudra, 2015).

A secagem intermitente pode ser uma alternativa utilizada para superar as limitações dos sistemas de secagem convencionais existentes (Kowalski e Pawłowski, 2011; Kumar et al., 2014). Este método é realizado controlando algum dos parâmetros envolvidos no processo de secagem, tal como o suprimento de energia térmica, intercalando períodos de secagem efetiva com períodos de repouso (sem fornecimento de energia) (Barbosa de Lima et al., 2015; Kumar et al., 2014). Durante o repouso, ocorre a uniformização da temperatura no interior do produto e a transferência de água do interior para a superfície, evitando o superaquecimento do produto (Chua et al., 2003; Kumar

et al., 2014;). A presença constante de água na superfície reduz de maneira eficaz a degradação da qualidade física e química e os danos causados pelo calor (Kumar et al., 2014; Pham et al., 2019).

Logo, a aplicação da intermitência apresenta potencial para minimizar as alterações físico-químicas e para reduzir as perdas de princípios ativos importantes que certificam a qualidade de plantas medicinais secas. Assim, o objetivo na condução deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de diferentes relações de intermitência no rendimento e na qualidade do óleo essencial das folhas de *L. origanoides* e dos frutos de *S. terebinthifolius* e na cor das folhas de *L. origanoides*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal

As folhas de *L. origanoides* (Figura 1) foram cultivadas em sistema orgânico na Área Experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa-MG/Brasil; 20° 46' 13" S; 42° 52' 23" W). A exsicata da espécie foi depositada no Herbário da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) (PAMG 57975) e possui registro no SISGEN (AB395E2). As folhas foram colhidas entre 8 e 9 h, no mês de junho de 2019. Posteriormente estas foram homogeneizadas e armazenadas em câmara climática, tipo B.O.D. a 3,5 °C, por um período máximo de 3 dias, antes do início dos ensaios de secagem.



Figura 1 – *Lippia origanoides* utilizada para o experimento. A: Plantas em seu local de cultivo. B: Folhas prontas para serem secas.

Os frutos de *S. terebinthifolius* (Figura 2) foram provenientes da cidade de São Mateus/ES (18° 43' 51"S e 39° 48' 28"W), cedidos pela empresa AgroRosa e possui registro no SISGEN (AB395E2). Os frutos foram coletados entre 8 e 9h, no mês de maio de 2018, limpos, homogêneos e armazenados em câmara climática, tipo B.O.D. a 3,5 °C até o início dos ensaios de secagem, por um período máximo de 20 dias.



Figura 2 – Frutos de *Schinus terebinthifolius* utilizados para os ensaios de secagem.

O teor inicial de água de ambas as espécies foi determinado pelo método gravimétrico, usando 10 g do material vegetal, em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 103 ± 2 °C, até atingir massa constante (ANVISA, 2010).

2.2 Secagem

As folhas e os frutos foram submetidos a 4 formas de secagem: secagem sem intermitência e 3 relações de intermitência (10:20; 15:15 e 20:10) (Tabela 1). Considerou-se como período de repouso o tempo em que as amostras ficaram fora do secador, interrompendo, portanto, sua exposição ao ar aquecido.

Tabela 1 – Formas de secagem utilizados para a secagem de *L. origanoides* e *S. terebinthifolius*.

Forma de secagem	Tempo secando (min)	Tempo de repouso (min)
Sem intermit. (1:0)	Contínuo	0
Intermit. 10:20 (1:2)	10	20
Intermit. 15:15 (1:1)	15	15
Intermit. 20:10 (2:1)	20	10

Para cada tratamento, 350 g de folhas frescas ou frutos foram secos em secadores constituídos de bandejas removíveis, de fundo telado, de tamanho adaptável para cada produto, de acordo com as características físicas das folhas e frutos (Figura 3).



Figura 3 - Secadores utilizados para os ensaios de secagem de *Lippia origanoides* e *Schinus terebinthifolius* (UFV, 2019).

As temperaturas do ar de secagem foram 50, 60 e 70 °C e as velocidades do ar foram 1,0 m.s⁻¹ para *L. origanoides* e 2,0 m.s⁻¹ para *S. terebinthifolius*. A velocidade do ar de secagem foi definida a partir de testes preliminares e foi diferente entre as espécies estudadas visando superar a velocidade estática devido às propriedades físicas das folhas e dos frutos. Os

secadores possuíam sistema de aquecimento do ar por resistências elétricas (7,5 kW) e movimentação do ar feita por ventilador axial (48 W).

O controle da temperatura nos secadores foi automático e a velocidade ajustada manualmente, permanecendo fixa durante todo o ensaio. A medição da velocidade do ar de secagem foi realizada com o auxílio de um anemômetro digital (Prova Instruments Inc, AVM-07, New Taipei City, Taiwan), com sensor de pás rotativas, tendo faixa de leitura de 0,05 a 25 m s⁻¹ e sensibilidade de 0,01 m s⁻¹. A temperatura e a umidade relativa do ar ambiente foram registradas a partir de um termohigrômetro digital (HOBO datalogger, Onset, Bourne, USA) e a umidade relativa do ar de secagem foi obtida por meio do programa GRAPSI 7.0[®] (Melo et al., 2004), considerando-se razão de mistura constante durante o aquecimento para calcular as propriedades termodinâmicas desse ponto de estado.

Para acompanhar a redução do teor de água, foram realizadas pesagens regulares a cada cinco minutos em balança semi-analítica e a secagem foi finalizada quando o produto atingiu a massa equivalente ao teor de água de 0,11 b.s.

Finalizada a secagem, as folhas e os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno e envoltos em embalagens de papel Kraft, identificados e armazenados em temperatura ambiente.

2.3 Extração do óleo essencial

Os óleos essenciais de *L. origanoides* (folhas) e de *S. terebinthifolius* (frutos) foram extraídos por hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger, adaptado a um balão de fundo redondo de 2 L. Foram utilizadas 50 g de folhas secas e 40 g de frutos secos e 1 L de água destilada nos balões, com tempo de extração de 150 e 180 min, respectivamente, definidos a partir de testes preliminares.

Antes da extração, os frutos de *S. terebinthifolius* foram submetidos ao processo de limpeza para a retirada de impurezas e frutos verdes (Figura 4), pois o estágio de maturação interfere no rendimento e composição química do óleo essencial (Schimitberger et al., 2018). Somente os frutos maduros foram utilizados para extração do óleo essencial. Os frutos secos foram triturados em

moinho de facas, com peneira de 2 mm (Fritsch Pulverisette 14, Oberstein, Alemanha) e adicionados ao balão de fundo redondo.



Figura 4 – Limpeza dos frutos de *Schinus terebinthifolius* antes da extração do óleo essencial.

Após completar o tempo total de cada extração, era coletado o hidrolato (mistura de água e óleo). Logo em seguida, o óleo era separado da água com adição de 20 mL de pentano, em um funil de separação de 125 mL, repetindo o processo por 3 vezes. Ao pentano obtido dessa separação, adicionou-se sulfato de sódio anidro para remover qualquer água residual. A solução obtida foi concentrada em um evaporador rotativo a 40 °C e o óleo essencial obtido foi transferido para um frasco âmbar e armazenado a -20 °C até ser analisado. Os rendimentos dos óleos essenciais foram expressos como porcentagem de óleo em relação à matéria seca do produto (% m.s.).

2.4 Análise qualitativa e quantitativa dos constituintes do óleo essencial

A identificação dos constituintes voláteis do óleo essencial das folhas de *L. origanoides* foi realizada por análise em cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa (CG-EM), em equipamento com detector seletivo de massa, modelo QP-PLUS-2010 (SHIMADZU). A coluna cromatográfica utilizada foi do tipo capilar de sílica fundida com fase estacionária Rtx5ms, de 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno, utilizando-se hélio como gás de arraste. As temperaturas foram de 220 °C no injetor e 300 °C no detector. A temperatura inicial da coluna foi de 60 °C, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada minuto, até atingir a temperatura máxima de 240

°C. A identificação dos compostos foi obtida por comparações dos espectros de massas com os existentes na biblioteca NIST, com os dados da literatura e pelos Índices de Retenção Linear ou de Kovatz (Adams, 2007). Uma mistura de hidrocarbonetos (C7 a C30) foi analisada nas mesmas condições cromatográficas e os respectivos tempos de retenção serviram de base para o cálculo do IK dos componentes dos óleos essenciais

A quantificação dos constituintes químicos do óleo essencial das folhas de *L. origanoides* foi realizada por cromatografia em fase gasosa em equipamento SHIMADZU GC-2010 Plus, equipado com detector de ionização de chama (CG-DIC). O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio e coluna capilar Rtx5ms, 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. As temperaturas do injetor e do detector foram fixadas em 240 e 250 °C, respectivamente. A programação de temperatura no forno foi a mesma utilizada nas análises por CG-EM. Uma quantidade de 10 mg da amostra foi diluída em metanol (1 mL), sendo injetado 1 µL da mistura.

A identificação dos constituintes químicos do óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolius* foi realizada por análise em cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa (CG-EM) em equipamento com detector seletivo de massa, modelo QP5050A (SHIMADZU), equipado com coluna cromatográfica SPB-5 (30 m x 0,25 mm di x 0,25 µm de espessura dos poros), utilizando hélio como gás de arraste, a um fluxo de 1,8 ml min⁻¹, razão de divisão de 1:5 e tempo de corte do solvente de 5 min. As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 220 °C e 240 °C, respectivamente. A temperatura inicial da coluna foi mantida a 40 °C por 2 min, sendo programada para ter aumentos de 3 °C min⁻¹ até atingir a temperatura máxima de 240 °C, na qual foi mantida por mais 5 min. No espectrômetro de massa, apenas íons com razão massa/carga (m/z) entre 40 e 500 foram detectados. O volume da amostra injetada foi de 1 µL, a uma concentração de 10.000 ppm, usando diclorometano como solvente. Para a identificação dos compostos, os espectros de massas obtidos para cada composto foram comparados com os registrados no banco de dados do equipamento com os Índices de Retenção Linear ou de Kovatz calculados, comparados com os descritos na literatura (Adams, 2007). Uma mistura de hidrocarbonetos (C7 a C30) foi analisada nas

mesmas condições cromatográficas e os respectivos tempos de retenção serviram de base para o cálculo do IK dos componentes dos óleos essenciais.

A quantificação dos constituintes do óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolius* foi realizada em um cromatógrafo a gás Shimadzu CG-17A - ionização por chama (CG-FID), com coluna capilar de sílica fundida com fase estacionária SPB-5 (30 m x 0,25 mm di x 0,25 µm de espessura de poro), nitrogênio como gás de arraste, 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 incrementos 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 injetada foi de 1 µL, a uma concentração de 10.000 ppm, usando diclorometano como solvente. Utilizou-se o método de normalização, no qual o valor total das áreas dos picos foi considerado 100% e a porcentagem de cada sinal calculada pela sua área.

2.5 Análise da cor das folhas de *L. origanoides*

A cor das folhas de *L. origanoides* foi determinada por leitura direta de reflectância das coordenadas L*, a* e b*, na face adaxial das folhas antes e após a secagem (Figura 5), empregando a escala CIE Lab (CIE, 1974) em colorímetro da marca Konica Minolta, modelo CR-400. O sistema fornece os valores de três componentes de cores: L* (preto (0) a branco (100), luminosidade) e as coordenadas de cromaticidade, a* (+ vermelho para - verde) e b* (+ amarelo para - azul) (Hunter, 1942). As análises foram realizadas em triplicata para cada repetição.



Figura 5 - Folhas de *L. origanoides*. (A) frescas e (B) secas.

Após a determinação das coordenadas da escala CIELab, o croma, a diferença total de cor e o índice de escurecimento para cada forma de secagem foram calculados pelas seguintes equações (Chen e Mujumdar, 2008):

$$C^*=(a^2 +b^2)^{1/2} \quad (1)$$

$$\Delta E^* = [(L^*0 - L^*)^2 + (a^*0 - a^*)^2 + (b^*0 - b^*)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$IE=[100 (x-0,31)] / 0,172 \quad (3)$$

$$x= (a^*+ 1,75 L^*)/ (5,645 L^*+a^*-3,012b^*) \quad (4)$$

Em que:

C^* = Croma;

ΔE^* = diferença total de cor após a secagem;

L^*0 = valor da coordenada L^* do produto fresco;

L^* = valor da coordenada L^* do produto após a secagem;

a^*0 = valor da coordenada a^* do produto fresco;

a^* = valor da coordenada a^* do produto após a secagem;

b^*0 = valor da coordenada b^* do produto fresco;

b^* = valor da coordenada b^* do produto após a secagem;

IE = índice de escurecimento.

2.6 Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 × 4 (3 temperaturas de secagem: 50, 60 e 70 °C; e 4 formas de secagem: secagem sem intermitência e 3 relações de intermitência), no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais para cada espécie.

A interação entre os fatores foi testada pela Análise de Variância (ANOVA). O efeito do forma de secagem foi avaliado através de comparação de médias, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O efeito da temperatura do ar de secagem foi analisado por regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa SAS, versão 9.4 (SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Rendimento do óleo essencial

3.1.1 L. origanoides

Na Figura 6 constam os valores médios referentes ao rendimento de óleo essencial extraído das folhas de *L. origanoides*. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das formas de secagem em cada temperatura. A análise de variância (ANOVA) consta no material suplementar como Tabela S1.

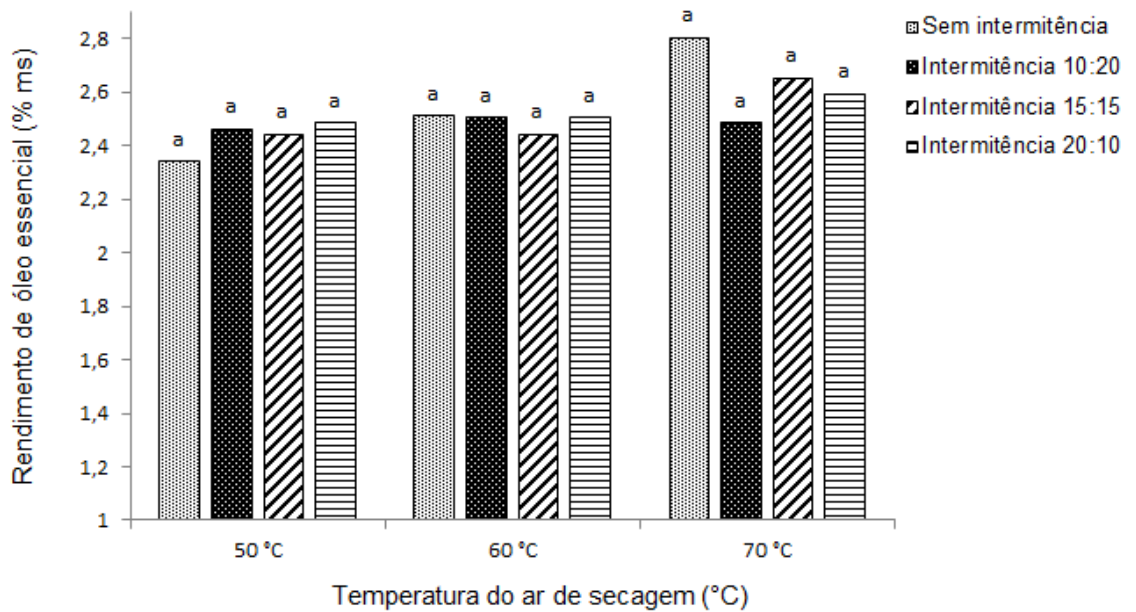


Figura 6 – Rendimento médio da extração de óleo essencial das folhas de *L. origanoides* em função das formas de secagem em cada temperatura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS = 0,50. CV = 8,81%.

Observa-se, na Figura 6, que o rendimento de óleo essencial das folhas de *L. origanoides* foi semelhante entre as formas de secagem aplicadas em cada temperatura. A menor velocidade do ar de secagem (1 m s^{-1}), comparada com a velocidade utilizada na secagem de *S. terebinthifolius* (2 m s^{-1}), pode ter favorecido a manutenção do óleo essencial, evitando sua volatilização durante a secagem.

Como não houve influência significativa da temperatura do ar de secagem no rendimento de óleo essencial das folhas de *L. origanoides*, estes dados não foram submetidos à análise de regressão. A temperatura do ar de secagem também não interferiu no teor de óleo essencial extraído das folhas de *Lippia alba* seca entre 40 e 80 °C (Barbosa et al., 2006).

3.1.2 *S. terebinthifolius*

Na Figura 7 constam os valores médios referentes ao rendimento de óleo essencial extraído dos frutos de *S. terebinthifolius*. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a

comparação das formas de secagem em cada temperatura, uma vez que a interação entre os fatores estudados foi significativa ($p < 0,05$). A análise de variância (ANOVA) consta no material suplementar como Tabela S6.

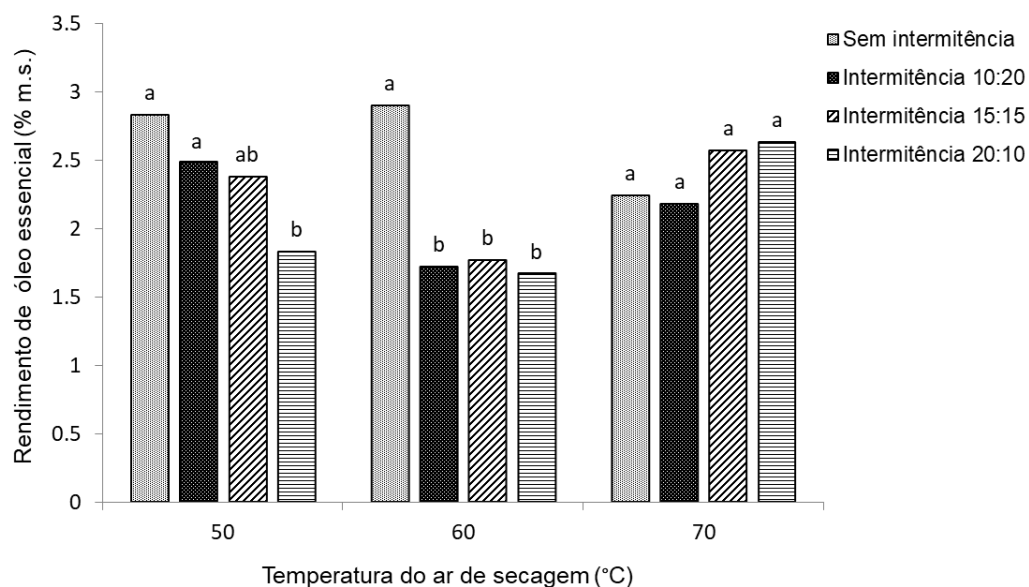


Figura 7 – Rendimento médio da extração de óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolius* em função das formas de secagem em cada temperatura. Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS = 0,63. CV = 12,37%.

Na secagem a 50 °C, a intermitência 20:10 promoveu redução significativa no rendimento do óleo essencial, em relação à secagem sem intermitência, o que não foi observado nas outras formas de intermitência com maior tempo de repouso. O menor tempo de repouso resultou em maior volatilização do óleo essencial, pois os frutos ficaram mais tempo expostos ao ar aquecido de secagem que nas demais relações de intermitência (Capítulo 1). Este trabalho corrobora com o observado por Soysal et al. (2009). Segundo os autores, o rendimento de óleo essencial de orégano foi maior em maiores períodos de repouso durante a secagem intermitente a 25, 40, 45 e 50 °C.

Na secagem a 60 °C, todas as relações de intermitência reduziram o rendimento do óleo essencial, quando comparadas com a secagem sem intermitência. Nesse caso, o maior tempo total de secagem resultante da

aplicação da intermitência, combinado com uma temperatura elevada contribuiu com o dano da integridade do produto (Ramallo et al., 2010). Além disso, no início do repouso, os frutos de *S. terebinthifolius* ainda estão aquecidos, o que pode resultar em maior volatilização do óleo essencial. A água que se move por difusão do interior do material vegetal para a superfície pode levar a volatilização do óleo essencial (Orphanides et al., 2015b). Ramallo et al. (2010) observaram redução de 10% no teor de cafeína da erva mate com a aplicação da intermitência, em relação a secagem sem intermitência.

Por outro lado, as formas de secagem a 70 °C não diferiram estatisticamente entre si. Na secagem a 70 °C, a preservação do óleo essencial obtida nos tratamentos de intermitência se justifica porque aconteceram menos períodos de secagem efetiva do que nas demais temperaturas, pois como a temperatura é alta, a secagem foi mais rápida. Portanto, essa combinação de intermitência e temperatura de secagem manteve a integridade dos canais secretores de óleo essencial, evitando sua volatilização (Kumar et al., 2014). Além disso, devido à constante presença de água na superfície do produto, devido ao repouso, existia sempre transformação de calor sensível do produto em calor latente para evaporação da água. Logo, a temperatura real no fruto era sempre inferior a 70 °C.

Na Figura 8 constam as equações de regressão de cada forma de secagem ajustadas para o rendimento de óleo essencial de *S. terebinthifolius*, em função da temperatura do ar de secagem.

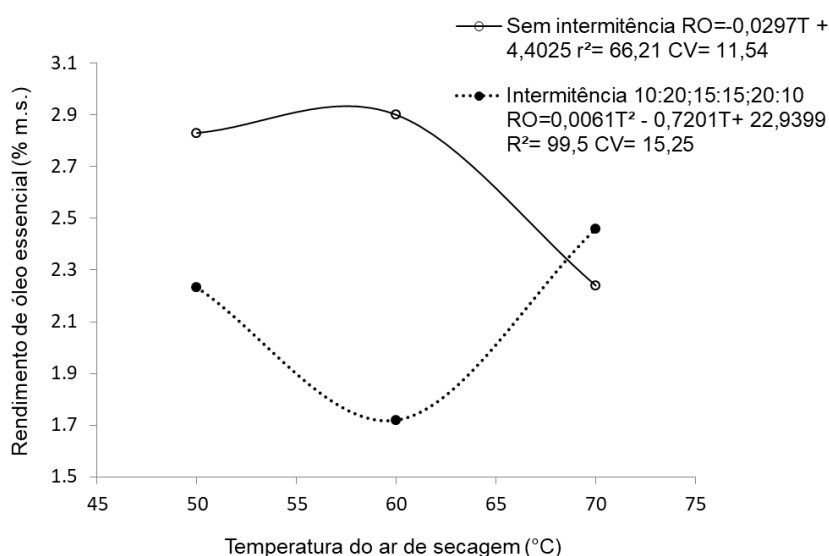


Figura 8 - Rendimento de óleo essencial de *S. terebinthifolius* em função da temperatura do ar em cada forma de secagem. T: temperatura do ar de secagem (°C), R²: coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%).

Conforme observado na Figura 8, a forma de secagem sem intermitência para *S. terebinthifolius* apresentou ajuste a um modelo de regressão linear, com um coeficiente de determinação ajustado (R²) de 66,21%. Neste caso, o aumento da temperatura resultou em redução no rendimento de óleo essencial. A exposição prolongada da amostra ao ar aquecido de secagem deteriora a qualidade do produto seco, devido às reações de degradação (Pham et al., 2019). Além disso, em altas temperaturas de secagem, as estruturas armazenadoras de óleo essencial podem se romper, facilitando a volatilização do óleo essencial (Argyropoulos e Müller, 2014). O aumento da temperatura do ar de secagem também resultou em redução no rendimento do óleo essencial de *Artemisia annua* (Khangholil e Rezaeinodehi, 2008), *Achillea frarantissima* (Abaas et al., 2013), *Artemisia dracuncululus* (Arabhosseini et al., 2006) e *Rosmarinus officinalis* (Blanco et al., 2002).

Na secagem intermitente, o aumento da temperatura propiciou aumento do rendimento da extração de óleo essencial, exceto a 60 °C. Os coeficientes de regressão para as relações de intermitência 10:20, 15:15 e 20:10 não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$) e, por esta razão, foram representados por uma mesma equação, apresentando ajuste a um modelo de regressão polinomial de segundo grau, com R² = 99,5%.

No caso das temperaturas mais elevadas para a secagem intermitente de *S. terebinthifolius* (60 e 70 °C), o tempo efetivo de secagem foi o fator de maior importância, o que se deve ao fato de que os componentes das plantas medicinais sensíveis ao calor tendem a volatilizar facilmente, se o processo de secagem não for finalizado o mais rápido possível (Chin e Law, 2010). Salienta-se ainda que os canais secretores de óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolius* são protegidos por um exocarpo extremamente duro e resistente (Machado e Carmello-Guerreiro, 2001) e somado a isso, a secagem em temperaturas mais altas pode formar uma "camada superficial parcialmente

seca", o que limita a perda de componentes voláteis, de modo que, em algumas espécies, as condições que aumentam a taxa de secagem dos materiais vegetais também preservam o conteúdo de compostos voláteis (Orphanides et al., 2015b).

Portanto, a exposição a uma temperatura acima de 50 °C por maior tempo de secagem, em relação a 70 °C levaram às perdas observadas nessa combinação de configurações de secagem.

Os óleos essenciais são os componentes mais sensíveis ao processo de secagem de plantas medicinais e sua volatilização depende, principalmente, dos parâmetros de secagem e das características biológicas das plantas (Orphanides et al., 2015b; Rahimmalek e Goli, 2013). As diferenças encontradas na sensibilidade do material vegetal à temperatura de secagem entre as espécies estudadas quanto ao rendimento de óleo essencial podem ser atribuídas às diferenças estruturais entre essas espécies vegetais, suas estruturas armazenadoras de óleo essencial, bem como sua localização na planta e ainda, a composição química do óleo essencial (Argyropoulos e Müller, 2014; Khangholil e Rezaeinodehi, 2008).

3.2 Análise qualitativa e quantitativa do óleo essencial

3.2.1 *L. origanoides*

A tabela 2 mostra os constituintes químicos do óleo essencial extraído das folhas secas de *L. origanoides*.

Tabela 2 – Composição química do óleo essencial das folhas de *L. origanoides*, submetidas a diferentes relações de intermitência e secos a 50, 60 e 70 °C.

Composição química do óleo essencial de <i>L. origanoides</i>															
Pico	Composto	IK calc	IK tab	50 °C				60 °C				70 °C			
				Sem intermit.	10:20	15:15	20:10	Sem intermit.	10:20	15:15	20:10	Sem intermit.	10:20	15:15	20:10
% de concentração															
1	p-cimeno	1016	1020	13,34 ± 1,11	13,02 ± 1,59	14,98 ± 2,61	11,67 ± 1,52	13,67 ± 0,98	10,54 ± 0,81	8,27 ± 1,00	11,65 ± 0,76	12,44 ± 0,29	10,37 ± 0,79	10,57 ± 0,27	12,60 ± 1,04
2	γ-terpineno	1053	1054	7,52 ± 1,22	6,41 ± 1,21	7,92 ± 1,48	6,56 ± 0,14	6,23 ± 0,61	6,06 ± 0,38	4,98 ± 0,91	5,51 ± 0,59	6,46 ± 0,19	5,14 ± 0,40	5,86 ± 0,12	6,63 ± 1,09
3	Timol	1290	1289	62,75 ± 3,95	64,14 ± 5,13	57,43 ± 9,02	68,95 ± 0,26	65,00 ± 1,28	70,91 ± 0,53	78,22 ± 1,77	68,53 ± 2,28	66,06 ± 1,06	70,02 ± 2,90	67,54 ± 0,67	64,21 ± 3,58
4	E-cariofileno	1408	1417	6,10 ± 0,78	6,91 ± 1,80	7,73 ± 2,10	6,30 ± 0,17	6,36 ± 0,59	5,90 ± 0,49	5,13 ± 1,79	5,55 ± 1,10	5,91 ± 0,61	5,12 ± 0,60	5,63 ± 0,14	6,29 ± 1,37
TOTAL				89,72 ± 1,76	90,47 ± 2,43	88,06 ± 3,80	93,48 ± 0,52	91,27 ± 0,86	93,41 ± 0,55	96,61 ± 1,37	91,23 ± 1,18	90,88 ± 0,54	90,65 ± 1,17	89,61 ± 1,20	89,73 ± 1,77

Na análise cromatográfica do óleo essencial extraído de folhas de *L. origanoides*, quatro compostos foram identificados, correspondendo a mais de 88% das áreas totais dos picos resultantes da leitura cromatográfica. Áreas correspondentes à porcentagem inferior a 1% foram desconsideradas. O Timol e o *p*-cimeno foram os compostos do óleo essencial encontrados em maior concentração em todas as formas de secagem avaliadas.

As formas de secagem podem causar alterações na composição dos óleos essenciais. Essa alteração pode ser de natureza quantitativa (redução ou maximização da concentração de alguns compostos) e/ou qualitativa (transformação de compostos por oxidação, hidrólise de glicosídeo e esterificação) (Esturk, 2012). No presente estudo, os mesmos compostos foram identificados em todas as formas de secagem avaliadas. Vicuña et al. (2010) também encontraram Timol (59,6%) e *p*-cimeno (8,4%) como constituintes majoritários de um quimiotipo de *L. origanoides* cultivada na Colômbia e Veras et al. (2012) encontraram concentração de 84,9% de Timol e 5,33% de *p*-cimeno no óleo essencial extraído de folhas cultivadas no estado do Ceará (Brasil).

Devido ao seu valor comercial e medicinal, optou-se por realizar as análises estatísticas somente para o componente majoritário do óleo essencial. Assim, na Figura 9 são apresentados apenas os valores médios referentes à concentração de Timol, submetido ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das formas de secagem em cada temperatura. A ANOVA (Tabela S2) consta no material suplementar.

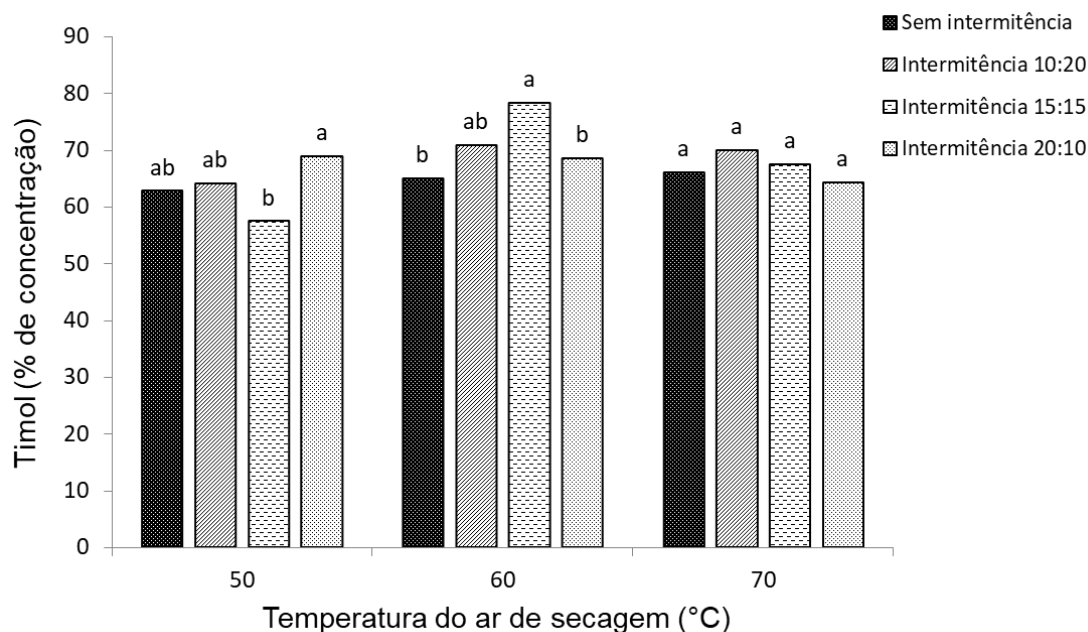


Figura 9 – Concentração de Timol obtida em cada forma de secagem em função da temperatura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS = 8,13. CV = 5,39%.

Observa-se, na Figura 9, que na secagem a 50 °C, apenas a relação de intermitência 15:15 reduziu significativamente a concentração de Timol. Essa concentração foi inferior apenas à concentração obtida pela relação de intermitência 20:10.

Por outro lado, na secagem a 60 °C, a intermitência 20:10 e a secagem sem intermitência foram os tratamentos que reduziram a concentração de Timol. Nesses casos, a maior exposição ao ar aquecido de secagem resultou em volatilização do Timol.

A secagem sem intermitência e a secagem intermitente a 70 °C não promoveram alterações na concentração de Timol do óleo essencial presente nas folhas de *L. origanoides*. A aplicação da intermitência não influenciou a concentração de timol, pois o tempo de exposição ao ar seco foi menor, pois essa temperatura é alta, evitando a volatilização do timol durante o processo.

Observa-se, em geral, que quando houve aumento no teor de timol houve diminuição no teor de p-cimeno, mas a soma do conteúdo desses constituintes permaneceu praticamente constante (Tabela 2). O p-cimeno tem uma temperatura de ebulição menor que o timol (177 °C e 233 °C,

respectivamente) (Lide, 2005). Por outro lado, durante o processo de secagem, pode ter ocorrido uma transformação enzimática, mesmo de pequena intensidade, e com a pequena quantidade de água presente, formado o fenol a partir do p-cimeno.

Na Figura 10 consta a equação de regressão da relação de intermitência 15:15, ajustada para a concentração de Timol, em função da temperatura do ar de secagem. Para essa relação de intermitência, o aumento da temperatura teve efeito quadrático sobre a concentração de Timol ($R^2 = 79,23\%$). Observa-se que o aumento da temperatura de 50 para 60 °C ocasionou aumento na concentração de Timol. Conforme relatado anteriormente, o Timol possui alta temperatura de ebulição (233 °C), logo, a redução no tempo de secagem, causada pelo aumento da temperatura, evitou sua volatilização. No entanto, a 70 °C houve redução na concentração de Timol.

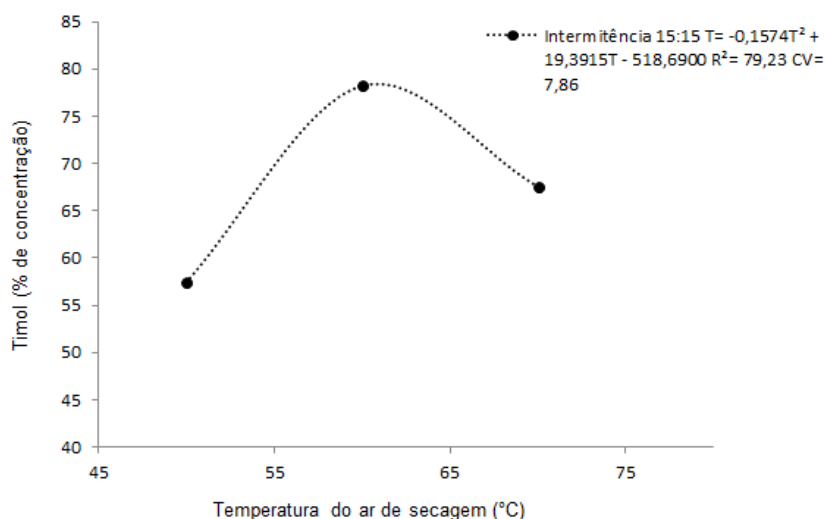


Figura 10 – Concentração de Timol obtida quando aplicada a relação de intermitência 15:15, em função da temperatura do ar de secagem. T: temperatura do ar de secagem (°C), R^2 : coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%).

Não foram encontradas explicações na literatura para o fato de que apenas a relação de intermitência 15:15 causou uma alteração na concentração de timol e por que a 70 °C houve uma redução em sua concentração, pois seu ponto de ebulição é alto.

O alto valor do timol a 60 °C pode ser devido ao fator biótico, ou seja, uma reação da planta a uma condução ambiental específica e não devido às condições de secagem. As condições de estresse ambiental podem afetar o metabolismo secundário de plantas medicinais (Prinsloo e Nogemane, 2018). O fechamento dos estômatos, sob condições de estresse hídrico, aumenta a concentração de NADP + e H + e a síntese se alguns compostos podem ser favorecidos (Selmar e Kleinwächter, 2013). Tal fato pode ter ocorrido nesta forma de secagem, uma vez que foram realizadas diversas colheitas para a realização deste estudo e, como material biológico, não pode ser garantida a uniformidade total da amostra.

Askary et al. (2018) relataram um aumento no timol em duas espécies de tomilho sob condições de estresse hídrico (com água reduzida no solo).

Para as demais formas de secagem, não foi observado efeito da temperatura na concentração de Timol, ou seja, incrementos na temperatura não causaram variação no teor deste composto. Este resultado está de acordo com Rocha et al. (2012) que relataram não haver diferença significativa na concentração de Timol em *Thymus vulgaris* seco a 30, 40, 50, 60 e 70 °C.

3.2.2 *S. terebinthifolius*

A tabela 3 mostra os constituintes químicos do óleo essencial extraído dos frutos secos de *S. terebinthifolius*.

Tabela 3 – Composição química do óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolius*, submetidos a diferentes relações de intermitência e secos a 50, 60 e 70 °C.

Composição química do óleo essencial de <i>S. terebinthifolius</i>															
Pico	Composto	IK calc	IK tab	50 °C				60 °C				70 °C			
				Sem intermit.	10:20	15:15	20:10	Sem intermit.	10:20	15:15	20:10	Sem intermit.	10:20	15:15	20:10
% de concentração															
1	α -pineno	926	932	8,36 \pm 0,98	7,33 \pm 1,57	7,38 \pm 0,52	5,52 \pm 0,40	7,05 \pm 2,23	4,22 \pm 0,12	5,29 \pm 0,11	3,08 \pm 1,11	5,63 \pm 0,49	6,95 \pm 0,64	6,57 \pm 0,66	8,88 \pm 0,15
2	Mirceno	990	988	2,32 \pm 0,08	2,38 \pm 0,41	2,23 \pm 0,10	2,05 \pm 0,08	2,36 \pm 0,46	1,67 \pm 0,14	1,73 \pm 0,53	1,66 \pm 0,15	2,36 \pm 0,77	2,14 \pm 0,19	2,21 \pm 0,16	2,40 \pm 0,40
3	α -felandreno	1005	1002	45,78 \pm 0,91	44,05 \pm 0,35	43,18 \pm 0,44	40,54 \pm 1,50	42,32 \pm 0,58	34,86 \pm 2,22	23,20 \pm 0,37	31,33 \pm 1,97	40,53 \pm 0,34	28,07 \pm 2,24	28,15 \pm 0,99	25,18 \pm 3,50
4	3-careno	1008	1008	3,53 \pm 0,53	3,26 \pm 0,35	3,17 \pm 0,12	3,18 \pm 0,12	3,61 \pm 1,08	3,01 \pm 0,12	3,93 \pm 1,21	3,43 \pm 0,54	3,17 \pm 0,40	4,78 \pm 0,61	4,48 \pm 0,21	5,63 \pm 0,63
5	p -cimeno	1022	1020	5,97 \pm 0,25	5,89 \pm 0,46	5,98 \pm 0,55	5,92 \pm 0,44	5,53 \pm 0,56	6,57 \pm 1,45	5,00 \pm 0,79	6,08 \pm 0,31	5,42 \pm 0,04	10,64 \pm 0,09	11,50 \pm 0,77	14,67 \pm 2,17
6	Limoneno	1027	1024	12,80 \pm 0,49	12,47 \pm 0,66	12,45 \pm 0,73	12,49 \pm 1,02	13,50 \pm 2,68	11,09 \pm 0,48	12,18 \pm 0,89	11,08 \pm 0,75	11,79 \pm 0,08	12,73 \pm 0,54	12,79 \pm 1,02	13,37 \pm 1,64
7	Terpinoleno	1084	1086	2,33 \pm 0,33	2,61 \pm 0,26	2,31 \pm 0,20	2,4 \pm 0,31	2,30 \pm 0,54	2,46 \pm 0,10	2,21 \pm 0,25	2,13 \pm 0,82	2,57 \pm 0,05	2,29 \pm 0,18	2,24 \pm 0,30	2,10 \pm 0,35
8	E-cariofileno	1415	1417	3,40 \pm 0,15	4,06 \pm 0,78	3,51 \pm 0,48	3,96 \pm 0,51	4,03 \pm 0,32	5,32 \pm 0,87	5,81 \pm 1,09	6,37 \pm 1,85	4,60 \pm 0,11	4,56 \pm 0,87	4,46 \pm 0,69	4,26 \pm 0,20
9	gama-muuroleno	1479	1478	4,16 \pm 0,06	4,05 \pm 1,21	4,39 \pm 0,36	4,75 \pm 0,29	4,58 \pm 0,75	6,71 \pm 0,90	6,15 \pm 0,22	6,76 \pm 0,90	6,08 \pm 0,08	5,35 \pm 1,05	5,09 \pm 0,61	4,50 \pm 0,73
TOTAL				88,64 \pm 0,42	85,50 \pm 0,76	84,60 \pm 0,39	80,82 \pm 0,52	85,27 \pm 1,02	75,89 \pm 0,71	65,32 \pm 0,98	71,91 \pm 0,93	82,14 \pm 0,26	77,51 \pm 0,71	77,48 \pm 0,60	80,97 \pm 1,09

No óleo essencial de *S. terebinthifolius*, nove compostos foram identificados, correspondendo a mais de 65% das áreas totais dos picos resultantes da leitura cromatográfica. Áreas correspondentes à porcentagem inferior a 1% foram desconsideradas. Em todos os formas de secagem avaliados, os compostos α -felandreno, limoneno e α -pineno foram encontrados em maiores concentrações (entre 23,20-45,78; 11,08-13,50; 3,08-8,88%, respectivamente).

Nesse estudo, a aplicação da intermitência não causou alteração qualitativa na composição química do óleo essencial de *S. terebinthifolius*, pois os mesmos compostos foram identificados em todos os formas de secagem avaliados, no entanto o composto α -felandreno reduziu. Ennigrou et al. (2017) também observaram o α -felandreno (45,88%), α -pineno (13,96%) e limoneno (8,14%) como compostos majoritários do óleo essencial dos frutos maduros de *S. terebinthifolius*. Hussein et al. (2017) identificaram como principais compostos o α -pineno (36,9%), seguido pelo α -felandreno (32,8%) e limoneno (11,9%).

Devido ao seu valor medicinal, optou-se por realizar as análises estatísticas somente para o componente majoritário do óleo essencial. Assim, na Figura 11 são apresentados apenas os valores médios da concentração de α -felandreno, submetido ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação do efeito das formas de secagem em cada temperatura. A ANOVA (Tabela S7) consta no material suplementar.

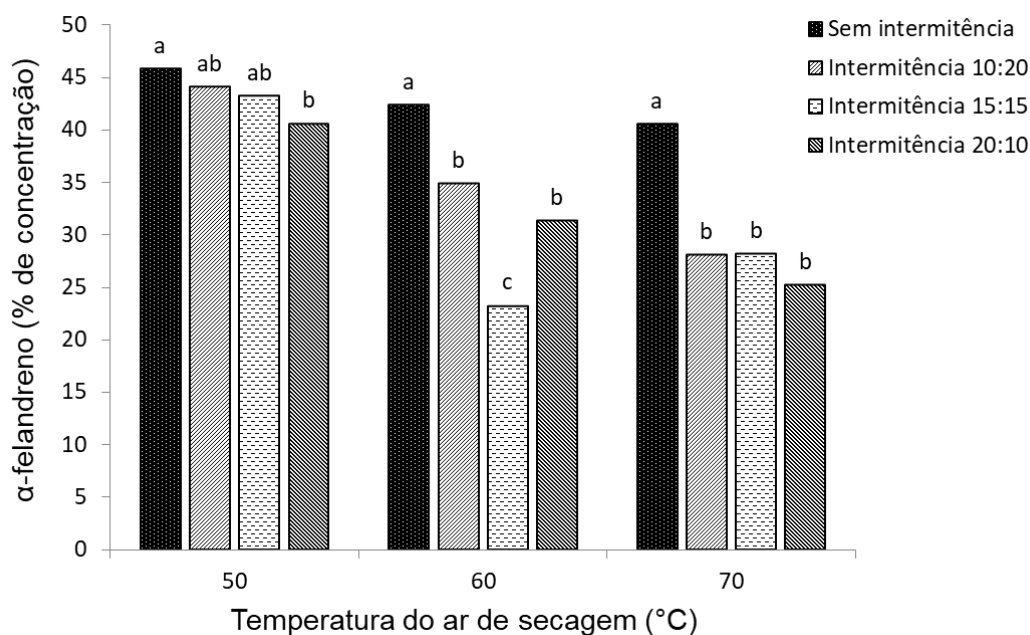


Figura 11 – Concentração de α -felandreno obtida em cada forma de secagem em função da temperatura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS = 3,62. CV = 4,52%.

Observa-se, na Figura 11, que entre as relações de intermitência a 50 °C, a concentração de α -felandreno reduziu significativamente apenas quando aplicada a relação de intermitência 20:10, em relação à secagem sem intermitência. Nesse caso, o menor período de repouso resultou em maior tempo efetivo de secagem e, conseqüentemente, maior exposição ao ar aquecido de secagem, em relação às demais intermitências (Capítulo 1). No entanto, não diferiu, estatisticamente das demais relações de intermitência.

Por outro lado, todas as relações de intermitência aplicadas durante a secagem a 60 e 70 °C reduziram a concentração do composto α -felandreno.

Durante o repouso, a amostra é retirada do secador, no entanto, sua superfície ainda está aquecida. A ação de resfriar durante o repouso e aquecer novamente com a retomada do processo de secagem pode ter ocasionado choque térmico nos frutos, devido à mudança de temperatura, rompendo as estruturas de armazenamento de óleo essencial, favorecendo uma maior volatilização do α -felandreno, observado quando as relações de intermitência foram aplicadas, resultando na redução de sua concentração observada no presente trabalho.

Na Figura 12 encontram-se as equações de regressão das formas de secagem ajustadas para a concentração de α -felandreno, em função da temperatura do ar de secagem.

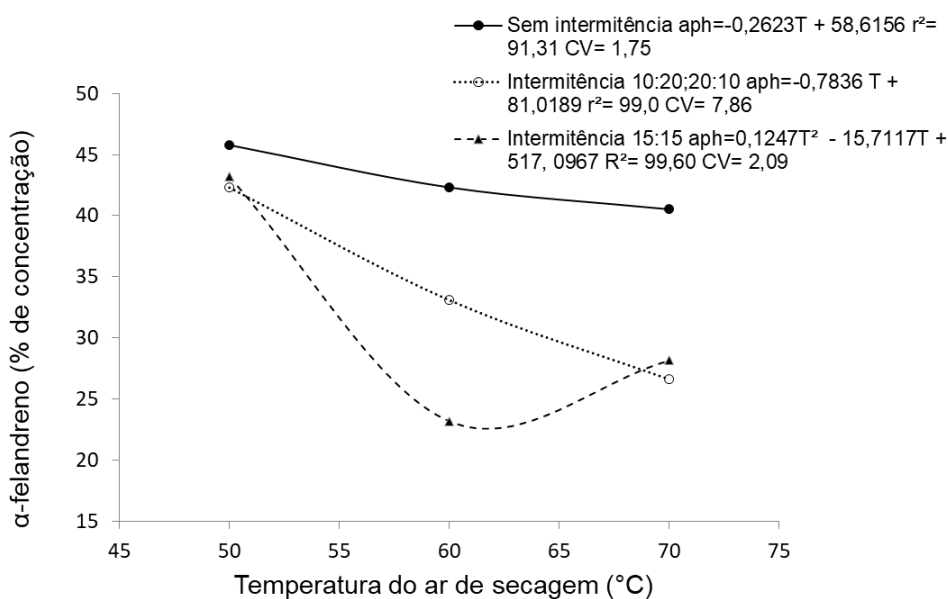


Figura 12 – Concentração de α -felandreno em função da temperatura do ar de secagem. T: temperatura do ar de secagem (°C), R^2 : coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%).

Na Figura 12 observa-se que a secagem sem intermitência se ajustou ao modelo de regressão linear, $R^2 = 91,31\%$. A secagem com relação de intermitência 15:15 apresentou ajuste ao modelo de regressão polinomial de segundo grau, $R^2 = 99,60\%$. As secagens com relação de intermitência 10:20 e 20:10 foram representadas por uma mesma equação, com ajuste a um modelo linear, $R^2 = 99,0\%$, pois seus coeficientes de regressão não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Conforme descrito pelos modelos ajustados, o aumento da temperatura resultou em redução na concentração de α -felandreno em todas as formas de secagem aplicadas. Alguns compostos químicos que constituem os óleos essenciais são muito sensíveis ao calor, sendo facilmente volatilizados quando expostos a altas temperaturas do ar de secagem (Orphanides et al., 2015a). Além disso, a temperatura de ebulição do α -felandreno é baixa (175 °C) (Lide, 2005). Por esta razão, observou-se redução da concentração de α -felandreno com o aumento da temperatura do ar de secagem.

Argyropoulos e Müller (2014) observaram redução na concentração dos principais componentes do óleo essencial de *Melissa officinalis* (neral, geranial e citronelal) com o aumento da temperatura do ar de secagem. Os autores ainda relataram que além da sensibilidade dos constituintes do óleo à temperatura, a perda também pode ser atribuída às modificações estruturais causadas pela secagem.

3.3 Análise da cor das folhas de *L. origanoides*

A cor é uma característica importante para as plantas medicinais secas, pois influencia diretamente a decisão do consumidor no momento da compra (Castro et al., 2004). A cor dos produtos secos é resultante de várias alterações estruturais e bioquímicas que ocorrem durante a secagem (Chen e Mujumdar, 2008; Pham et al., 2019). Essas alterações levam à degradação da cor dos produtos submetidos à secagem devido à perda dos pigmentos, especialmente carotenoides e clorofila, inerentes à exposição prolongada ao ar aquecido, além de ocorrer, também, o escurecimento enzimático (Demirhan e Özbek, 2009; Pham et al., 2019).

O sistema de medição de cor da escala CIELab é representado pela luminosidade (L^*), que varia de 0 (preto) a 100 (branco); $+a^*$ (vermelho), $-a^*$ (verde); $-b^*$ (azul), $+b^*$ (amarelo) (Chen e Mujumdar, 2008; Pathare et al., 2012). Assim, a cor de um determinado produto é resultante da combinação destes parâmetros (Chen e Mujumdar, 2008).

Na Tabela 4 constam os valores médios da diferença total de cor (ΔE), do croma e do índice de escurecimento (IE) das folhas secas de *L. origanoides*. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para a comparação das formas de secagem em cada temperatura. A ANOVA (Tabelas S3, S4 e S5) consta no material suplementar.

Tabela 4 – Diferença total de cor (ΔE), croma e índice de escurecimento (IE) das folhas secas de *L. origanoides*, em função das formas de secagem em cada temperatura.

Forma de secagem	ΔE			Croma seca			IE		
	50 °C	60 °C	70 °C	50 °C	60 °C	70 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Sem intermit.	6,48 a	10,12 a	9,39 a	7,21 a	6,93 b	9,66 a	17,36 a	20,02 a	23,30 a
Intermitência 10:20	8,59 a	7,13 b	7,55 a	6,08 a	7,43 ab	9,33 a	15,80 a	18,12 a	20,65 a
Intermitência 15:15	7,77 a	7,66 ab	8,22 a	7,02 a	8,73 a	8,83 a	16,79 a	19,88 a	20,72 a
Intermitência 20:10	9,06 a	6,82 b	6,66 a	6,89 a	8,52 a	9,63 a	17,92 a	20,69 a	22,65 a
DMS		2,81			1,55			4,82	
CV (%)		15,7			8,58			10,96	

Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O ΔE é um dos indicadores de qualidade mais frequentemente analisados pelos consumidores, tornando o produto aceitável para compra (Kowalski e Szadzińska, 2014). Representa a diferença total de cor das folhas, neste caso antes e após a secagem. A variação em seu valor segue uma escala de classificação: traço ($\Delta E = 0-0,5$); pequena ($\Delta E = 0,5-1,5$); perceptível ($\Delta E = 1,5-3,0$); apreciável ($\Delta E = 3,0-6,0$); grande ($\Delta E = 6,0-12,0$) e muito grande ($\Delta E > 12,0$) (Chen e Mujumdar, 2008).

Nesse estudo, os valores de ΔE não diferiram estatisticamente entre as formas de secagem nas temperaturas de 50 e 70 °C. As folhas secas nessas condições tiveram grande diferença de cor, de acordo com a escala de classificação de cor ($\Delta E = 6,0-12,0$). Na secagem a 60 °C, as relações de intermitência 10:20, 15:15 e 20:10 resultaram em menores valores de ΔE . No entanto, os valores também estão dentro da faixa de classificação de grande diferença de cor.

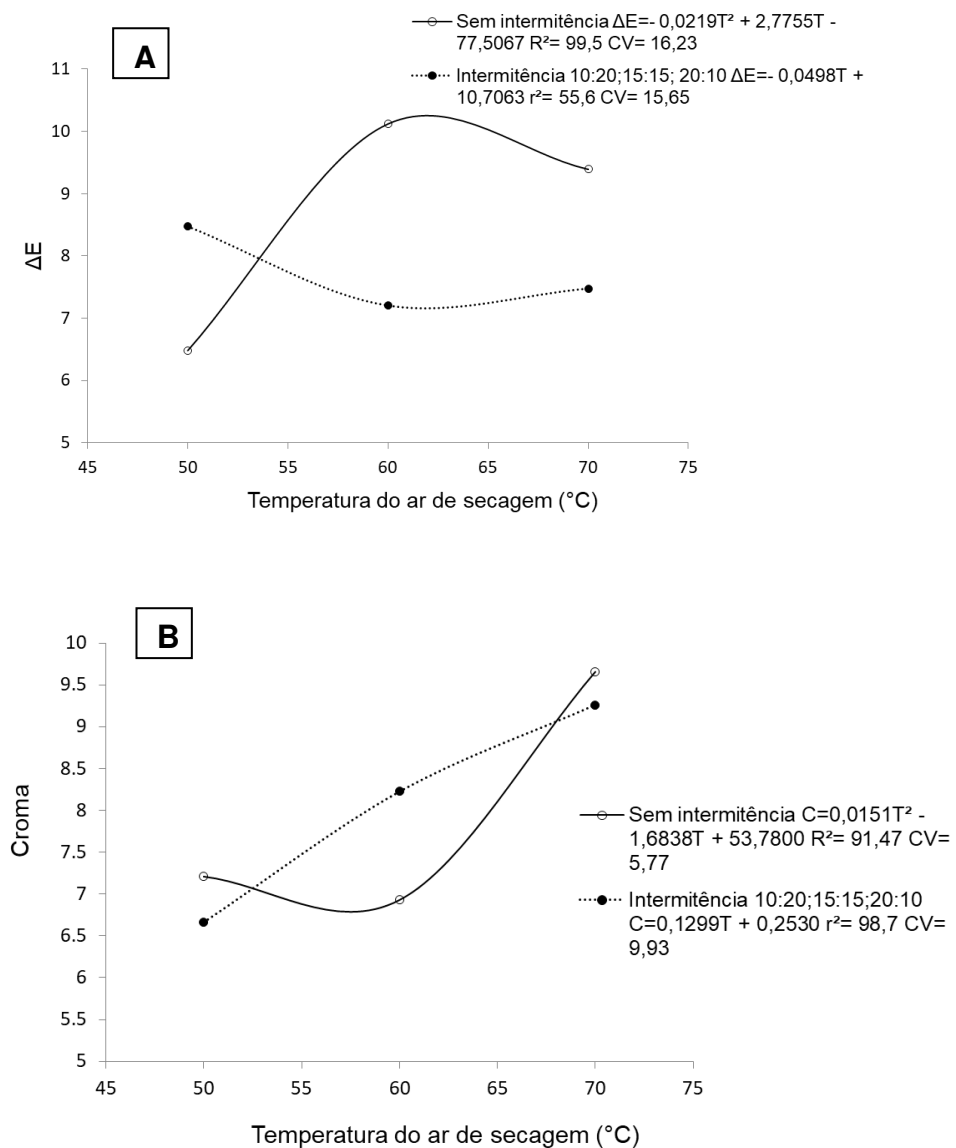
Essa alteração na cor pode ser devido ao escurecimento das folhas após a secagem, ocasionado pela diminuição da luminosidade (L^*), tendendo a cor preta e a degradação da cor verde em marrom oliva (a^*) (Ng et al., 2017; Orphanides et al., 2015b).

O croma é um atributo quantitativo da cor. Quanto mais altos os valores de croma, maior é a intensidade da cor das amostras (Chen e Mujumdar, 2008, Pathare et al., 2012). De acordo com os valores apresentados na Tabela 4, as formas de secagem não exerceram efeito significativo nos valores de croma nas temperaturas de 50 e 70 °C. Todas as relações de intermitência resultaram

em maior valor de cromagem em comparação com a secagem sem intermitência a 60 °C.

O índice de escurecimento é definido como a pureza da cor marrom (Pathare, et al., 2012). As formas de secagem não tiveram efeito significativo no IE para todas as temperaturas do ar de secagem utilizadas.

Na Figura 13 constam as equações e as curvas de regressão ajustadas para ΔE , cromagem e IE em função da temperatura do ar, para cada forma de secagem.



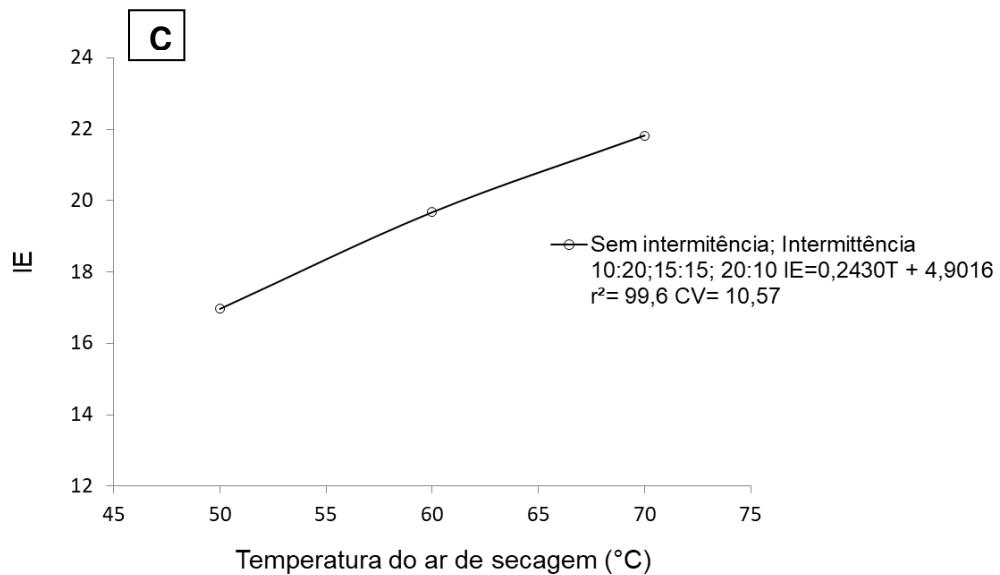


Figura 13 – Valores do ΔE (A), cor (B) e IE (C) em função da temperatura do ar em cada forma de secagem. T: temperatura do ar de secagem ($^{\circ}C$), R^2 : coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%).

Observa-se na Figura 13 A, que os valores de ΔE ajustaram-se a um modelo polinomial de segundo grau para a secagem sem intermitência ($R^2 = 99,5\%$) em função da temperatura do ar de secagem. Os coeficientes de regressão para as relações de intermitência 10:20, 15:15 e 20:10 não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$) e, por esta razão, foram representados por uma mesma equação, apresentando ajuste a um modelo de regressão linear, $R^2 = 55,6\%$. Para a secagem sem intermitência, o aumento da temperatura, ocasionou aumento do ΔE . Para as relações de intermitência, o incremento da temperatura resultou em redução do ΔE .

O aumento da temperatura pode aumentar o ΔE , pois durante o processo de secagem, a temperatura da superfície do produto pode ficar elevada, aproximando-se da temperatura do ar de secagem, induzindo a degradação da cor (Chen e Mujumdar, 2008). A degradação da cor dos produtos devido à secagem é um fenômeno de superfície (Chen e Mujumdar, 2008; Chou et al., 2000). Assim, a temperatura e a quantidade de água na superfície da amostra são fatores importantes a serem observados durante o processo de secagem (Chen e Mujumdar, 2008).

Nesse contexto, a secagem intermitente é um método capaz de controlar esses fatores. Durante o período de repouso, há a uniformização da temperatura e a redistribuição da água do interior para a superfície da folha,

formando uma camada térmica que evita o aquecimento direto da superfície (Chou et al., 2000). Assim, a energia térmica, fornecida pelo ar de secagem, é utilizada para remover a água do produto, em vez de aumentar sua temperatura (Chou et al., 2000). Além disso, resulta em um tempo de secagem reduzido, pois sempre haverá água na superfície para ser evaporada, diminuindo a exposição das amostras ao ar de secagem.

Portanto, a aplicação de períodos de repouso mostrou-se eficaz em diminuir a diferença total de cor das folhas de *L. origanoides* secas. Este trabalho corrobora com os resultados encontrados por Chin e Law (2010). Nesse estudo, os autores relataram que a secagem intermitente de *Ganoderma tsugae* com bomba de calor a 28,4 °C reduziu o ΔE em até 40% e a 40,6 °C em até 54,17%, em comparação com a secagem sem intermitência. Gan et al. (2016) também observaram que a secagem intermitente reduziu a diferença total de cor de ninho de pássaro comestível, em comparação com a secagem sem intermitência por bomba de calor.

Para o croma (Figura 13 B), a secagem sem intermitência apresentou ajuste a um modelo de regressão polinomial de segundo grau, $R^2 = 91,47\%$. Os coeficientes de regressão para as relações de intermitência 10:20, 15:15 e 20:10 não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$) e, por esta razão, foram representados por uma mesma equação, apresentando ajuste a um modelo de regressão linear, $R^2 = 98,7\%$. Observa-se que, para a secagem sem intermitência, o incremento na temperatura resultou em aumento do croma, exceto para 60 °C. O maior tempo de secagem para a secagem sem intermitência a 60 °C levou a degradação da cor das folhas de *L. origanoides*. Para as relações de intermitência, o aumento da temperatura ocasionou aumento linear do croma. Esse aumento é devido à intensificação da cor à medida que a água é removida da folha (Chen e Mujumdar, 2008)

Ao que se refere ao IE (Figura 13 C), os coeficientes de regressão para todas as formas de secagem não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$) (só teve efeito de temperatura) e, por esta razão, foram representados por uma mesma equação, com ajuste a um modelo de regressão linear, $R^2 = 99,6\%$. Nesse caso, incrementos de temperatura resultaram em maior escurecimento das folhas de *L. origanoides* secas em todas as formas utilizadas.

A coloração marrom é um fenômeno importante no processamento de produtos vegetais. O escurecimento não enzimático é o termo geral para o

escurecimento de um produto, tornando-o marrom e não é causado pela atividade enzimática (Pathare et al., 2012; Pham et al., 2019). Ocorre durante o processamento dos alimentos, através da reação de Maillard e caramelização (Pathare et al., 2012). A reação de Maillard ocorre quando açúcares redutores e aminoácidos, proteínas e outros compostos contendo nitrogênio são aquecidos juntos. A caramelização é um termo para descrever um grupo complexo de reações que ocorrem devido ao aquecimento direto de carboidratos (Chin e Law, 2010; Pathare et al., 2012).

O escurecimento não enzimático, na maioria dos produtos, não é desejável, pois indica deterioração na cor, sabor e propriedades nutricionais (Pham et al., 2019). Vários recursos podem afetar a alteração da cor do produto: temperatura, teor de umidade, pH e tempo de tratamento (Pham et al., 2019). Temperaturas mais altas resultam em índices mais altos de escurecimento não enzimático (Orphanides et al., 2015b; Pham et al., 2019), portanto, a redução da temperatura durante o processamento pode ajudar a minimizar esse processo. A aplicação da intermitência também poderia reduzir as reações de escurecimento não enzimático durante a secagem, pois durante o repouso a temperatura da amostra é reduzida (Pham et al., 2019).

Chua et al. (2000) estudaram as mudanças na cor de batata, goiaba e banana, secas sob diferentes estratégias de controle de temperatura. Concluíram que a secagem intermitente, com um padrão de temperatura apropriado, reduziu a mudança de cor e o escurecimento, em comparação com a secagem sem intermitência, e atribuíram este resultado à camada protetora de água na superfície e ao resfriamento da amostra durante o repouso, conforme descrito anteriormente.

O resultado para a secagem de frutas é diferente do encontrado para plantas medicinais, pois as folhas são mais frágeis e sua estrutura é complexa e, portanto, mais susceptíveis às mudanças induzidas pelo processo de secagem.

No presente trabalho, de modo geral, a aplicação da intermitência não resultou em degradação dos atributos de cor, pois reduziu a diferença total de cor e aumentou o croma. No entanto, não reduziu o escurecimento das folhas secas. Isso pode ter ocorrido devido à exposição ao ar ambiente durante a secagem e, principalmente, durante o repouso, o que estimulou as reações de escurecimento (Chin e Law, 2010; Pham et al., 2019).

Além disso, quando aplicada a intermitência, as reduções do ΔE foram sutis, nas três temperaturas do ar de secagem utilizadas. Portanto, são necessários mais estudos para otimizar as relações de intermitência e as temperaturas do ar de secagem que possam resultar em melhor preservação da cor das folhas, ficando próximas a cor das folhas *in natura*. Um período de intermitência mais longo poderia reduzir o tempo efetivo de secagem, reduzindo o tempo de exposição ao ar aquecido, a temperatura da superfície da folha e, conseqüentemente, o índice de escurecimento e a diferença total de cor.

4 CONCLUSÃO

A secagem com a relação de intermitência 10:20 a 70 °C proporcionou os maiores rendimentos e melhor qualidade do óleo essencial das folhas secas de *L. origanoides*, preservando o Timol em concentrações desejáveis para a espécie, bem como não resultou em degradação dos atributos de cor.

Para os frutos de *S. terebinthifolius*, a secagem com relação de intermitência 10:20 a 50 °C maximizou o rendimento do óleo essencial e resultou em maior concentração do composto α -felandreno.

REFERÊNCIAS

- Abaas, I.S., Hamzah, M.J., Majeed, A.H., 2013. Analysis with evaluation of drying temperature on essential oil content of *Achillea frarantissima* L. and *Artemisia herb-alba* L. *Int J Pharm Pharm Sci* 5(3):913–914
- Aquerreta, J., Iguaz, A., Arroqui, C., Vírseda, P., 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. *J. Food Eng.* 80, 611–618. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.012>
- Arabhosseini, A., Padhye, S., Beek, T.A. van, Boxtel, A.J. van, Huisman, W., Posthumus, M.A., Müller, J., 2006. Loss of essential oil of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) due to drying. *J. Sci. Food Agric.* 86, 2543–2550. <https://doi.org/10.1002/jsfa>
- Argyropoulos, D., Müller, J., 2014a. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Ind. Crop. Prod.* 52, 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.020>
- Argyropoulos, D., Müller, J., 2014b. Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Ind. Crops Prod.* 52, 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.020>
- Askary, M., Behdani, M.A., Parsa, S., Mahmoodi, S., Jamialahmadi, M., 2018. Water stress and manure application affect the quantity and quality of

- essential oil of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris*. *Ind. Crops Prod.* 111, 336–344. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.056>
- Barbosa de Lima, A.G., Delgado, J.M.P.Q., Neto, S.R.F., Franco, C.M.R., 2015. Intermittent Drying: Fundamentals, Modeling and Applications, in: Delgado, J.M.P.Q., Barbosa de Lima, A.G. (Eds.), *Drying and Energy Technologies*. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 1–228. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19767-8>
- Barbosa, F.D.F., Barbosa, L.C.A., Melo, E.C., Botelho, F.M., Santos, R.H.S., 2006. Influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. *Quim. Nova* 29, 1221–1225. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422006000600014>
- Barbosa, L.C.A., Demuner, A.J., Clemente, A.D., Paula, V.F. de, Ismail, F.M.D., 2007. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* RADDI. *Quim. Nova* 30, 1959–1965.
- Botelho, M.A., Nogueira, N.A.P., Bastos, G.M., Fonseca, S.G.C., Lemos, T.L.G., Matos, F.J.A., Montenegro, D., Heukelbach, J., Rao, V.S., Brito, G.A.C., 2007. Antimicrobial activity of the essential oil from *Lippia sidoides*, carvacrol and thymol against oral pathogens. *Brazilian J. Med. Biol. Res.* 40, 349–356. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2007000300010>
- Carlini, E.A., Duarte-almeida, J.M., Rodrigues, E., Tabach, R., 2010. Artigo Antiulcer effect of the pepper trees *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão ,. *Rev. Bras. Farmacogn.* 20, 140–146.
- Carvalho, M.G., Melo, A.G.N., Aragão, C.F.S., Raffin, F.N., Moura, T.F.A.L., 2013. *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition , biological properties and toxicity. *Rev. Bras. Plantas Med.* 15, 158–169.
- Chen, X.D., Mujumdar, A.S., 2008. *Drying technologies in food processing*, 1 ed. ed, *International Journal of Food Microbiology*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.004>
- Chin, S.K., Law, C.L., 2010. Product quality and drying characteristics of intermittent heat pump drying of *Ganoderma tsugae* Murrill. *Dry. Technol.* 28, 1457–1465. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.482707>
- Chin, S.K., Law, Chung Lim, 2011. Drying of medicinal plants, in: Jangam, S. V., Law, C. L., Mujumdar, A.S. (Eds.), *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*. Singapore, pp. 105–136.
- Chou, S.K., Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C., 2000. On the intermittent drying of an agricultural product. *Food Bioprod. Process. Trans. Inst. Chem. Eng. Part C* 78, 193–203. <https://doi.org/10.1205/09603080051065296>
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K., 2003. Intermittent drying of bioproducts - An overview. *Bioresour. Technol.* 90, 285–295. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00133-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00133-0)
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C., 2000. Convective drying of banana, guava and potato pieces: Effect of cyclical variations of air temperature on drying kinetics and color change. *Dry. Technol. An Int. J.* 18, 907–936. <https://doi.org/10.1080/07373930008917744>
- Cole, E.R., Santos, R.B., Lacerda Júnior, V., Martins, J.D.L., Greco, S.J., Cunha Neto, A., 2014. Chemical composition of essential oil from ripe fruit of *Schinus terebinthifolius* Raddi and evaluation of its activity against wild strains of hospital origin. *Brazilian J. Microbiol.* 45, 821–828.

- Costa, A.S. da, Arrigoni-Blank, M.D.F., Blank, A.F., Mendonça, A.B. de, Amancio, V.F., Ledo, A. da S., 2007. Estabelecimento de alecrim-pimenta in vitro. *Hortic. Bras.* 25, 68–72. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362007000100013>
- Dannenberg, G. da S., Funck, G.D., Mattei, F.J., Silva, W.P. da, Fiorentini, Â.M., 2016. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 36, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.06.009>
- Demirhan, E., Özbek, B., 2009. Color change kinetics of microwave-dried basil. *Dry. Technol.* 27, 156–166. <https://doi.org/10.1080/07373930802566101>
- Dutra, R.C., Campos, M.M., Santos, A.R.S., Calixto, J.B., 2016. Medicinal plants in Brazil: Pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. *Pharmacol. Res.* 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2016.01.021>
- El-Massry, K.F., El-Ghorab, A.H., Shaaban, H.A., Shibamoto, T., 2009. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. *J. Agric. Food Chem.* 57, 5265–5270. <https://doi.org/10.1021/jf900638c>
- Ennigrou, A., Casabianca, H., Laarif, A., Hanchi, B., Hosni, K., 2017. Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. *South African J. Bot.* 108, 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.09.005>
- Esturk, O., 2012. Intermittent and Continuous Microwave-Convective Air-Drying Characteristics of Sage (*Salvia officinalis*) Leaves. *Food Bioprocess Technol.* 5, 1664–1673. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0462-x>
- Fontenelle, R.O.S., Morais, S.M., Brito, E.H.S., Kerntopf, M.R., Brilhante, R.S.N., Cordeiro, R.A., Tomé, A.R., Queiroz, M.G.R., Nascimento, N.R.F., Sidrim, J.J.C., Rocha, M.F.G., 2007. Chemical composition, toxicological aspects and antifungal activity of essential oil from *Lippia sidoides* Cham. *J. Antimicrob. Chemother.* 59, 934–940. <https://doi.org/10.1093/jac/dkm066>
- Gan, S.H., Ong, S.P., Chin, N.L., Law, C.L., 2016. A comparative quality study and energy saving on intermittent heat pump drying of Malaysian edible bird's nest. *Dry. Technol.* 35, 4–14. <https://doi.org/10.1080/07373937.2016.1155053>
- Holowaty, S.A., Ramallo, L.A., Schmalko, M.E., 2012. Intermittent drying simulation in a deep bed dryer of yerba maté. *J. Food Eng.* 111, 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.019>
- Hussein, H.S., Salem, M.Z.M., Soliman, A.M., 2017. Repellent , attractive , and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 216, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.004>
- Jin, W., Mujumdar, A.S., Zhang, M., Shi, W., 2017. Novel Drying Techniques for Spices and Herbs : a Review. <https://doi.org/10.1007/s12393-017-9165-7>
- Khangholil, S., Rezaeinodehi, A., 2008. Effect of drying temperature on essential oil content and composition of sweet wormwood (*Artemisia annua*) growing wild in Iran. *Pakistan J. Biol. Sci.* 11, 934–937. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.934.937>
- Kowalski, S.J., Pawłowski, A., 2011. Energy consumption and quality aspect by intermittent drying. *Chem. Eng. Process. Process Intensif.* 50, 384–390. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2011.02.012>

- Kowalski, S.J., Szadzińska, J., 2014. Convective-intermittent drying of cherries preceded by ultrasonic assisted osmotic dehydration. *Chem. Eng. Process.* 82, 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2014.05.006>
- Kumar, C., Karim, M.A., Joardder, M.U.H., 2014. Intermittent drying of food products: A critical review. *J. Food Eng.* 121, 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.014>
- Leal, A.L.A.B., Braga, A.L., Barbosa, B. de A., Rodrigues, A.M.X., Teixeira, F.A.F. de C., Silva, K.M.R. da, Júnio, E.C., Leite, T.R. de S., Amorim, M.S., 2019. Antimicrobial action of essential oil of *Lippia origanoides* H.B.K. *J. Clin. Microbiol. Biochem. Technol.* 5, 7–12. <https://doi.org/10.17352/jcmbt.000032>
- Lenzi, M., Orth, A.I., 2004. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis-SC, Brasil. *Rev. Bras. Frutic.* 26, 198–201. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452004000200004>
- Lide, D.R., 2005. *CRC Handbook of chemistry and physics*, 86th ed, Choice Reviews Online. CRC Press. <https://doi.org/10.5860/choice.41-4368>
- Lima-Corrêa, R. de A.B., Andrade, M. dos S., Silva, M.F. das G.F. da, Freire, J.T., Ferreira, M. do C., 2017. Thin-layer and vibro fluidized drying of basil leaves (*Ocimum basilicum* L.): analysis of drying homogeneity and influence of drying conditions on the composition of essential oil and leaf colour. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants.* <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.05.001>
- Lima-saraiva, S.R.G. de, Saraiva, C.H.C., Oliveira-júnior, R.G. de, Silva, J.C., Damasceno, C.M.D., Almeida, J.R.G.S., Amorim, E.L.C., 2015. A IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE PLANTAS MEDICINAIS E FITOTERÁPICOS NO SISTEMA PÚBLICO DE SAÚDE NO BRASIL: UMA REVISÃO DE LITERATURA. *Rev. Interdiscip. Pesqui. e Inovação* 1, 1–11.
- Lopes, K.M.T., Nascimento, P.R. do, 2017. Cultura Popular e Ciência no Registro de Fitoterápicos. *Revinter* 10, 122–133.
- Machado, S.R., Carmello-Guerreiro, S.M., 2001. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). *Acta Bot. Brasilica* 15, 189–195. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000200005>
- Martynenko, A., Kudra, T., 2015. Drying Technology : An International Journal Non-Isothermal Drying of Medicinal Plants 37–41. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1010209>
- Medeiros, K.C.P., Monteiro, J.C., Diniz, M.F.F.M., Medeiros, I.A., Silva, B.A., Piuvezam, M.R., 2007. Effect of the activity of the Brazilian polyherbal formulation: *Eucalyptus globulus* Labill, *Peltodon radicans* Pohl and *Schinus terebinthifolius* Radd in inflammatory models. *Rev. Bras. Farmacogn.* 17, 23–28.
- Melo-Júnior, E.J.M. de, Raposo, M.J., Lisboa Neto, J.A., Diniz, M.F.A., Marcelino Júnior, C.A.C., Sant’Ana, A.E.G., 2002. Medicinal plants in the healing of dry socket in rats: Microbiological and microscopic analysis. *Phytomedicine* 9, 109–116. <https://doi.org/10.1078/0944-7113-00087>
- Mujumdar, A.S., 2015. *Handbook of Industrial Drying*, Fourth. ed. CRC Press, New York.
- Mujumdar, A.S., Law, C.L., 2010. Drying Technology : Trends and Applications in Postharvest Processing 843–852. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0353-1>
- Ng, M.X., Tham, T.C., Gan, S.H., Chua, L.S., Aziz, R., Baba, M.R., Abdullah,

- L.C., Chin, N.L., Ong, S.P., Law, C.L., 2017. *Clinacanthus nutans* Lindau: Effects of drying methods on the bioactive compounds, color characteristics, and water activity. *Dry. Technol.* 36, 146–159. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1304410>
- Orphanides, A., Goulas, V., Botsaris, G., Gekas, V., 2015a. Influence of air-drying on the quality characteristics of spearmint : effects of air temperature and velocity. *J. Food Process. Preserv.* 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12817>
- Orphanides, A., Goulas, V., Gekas, V., 2015b. Drying Technologies : Vehicle to High-Quality Herbs. *Food Eng. Rev.* <https://doi.org/10.1007/s12393-015-9128-9>
- Park, K.J.B., Park, K.J., Alonso, L.F.T., Cornejo, F.E.P., Dal Fabbro, I.M., 2014. Secagem: fundamentos e equações. *Rev. Bras. Prod. Agroindustriais* 16, 93–127.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.-J., 2012. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food Bioprocess Technol.* 6, 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Patocka, J., Almeida, J.D. de, 2017. Brazilian Pepper Tree : Review of pharmacology. *Mil. Med. Sci. Lett.* 86, 32–41.
- Pham, N.D., Khan, M.I.H., Joardder, M.U.H., Rahman, M.M., Mahiuddin, M., Abesinghe, A.M.N., Karim, M.A., 2019. Quality of plant-based food materials and its prediction during intermittent drying. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 59, 1197–1211. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1399103>
- Prado, M.A.S. dos A., Matsuo, J.T., Giotto, A.C., 2018. A importância das farmácias vivas no âmbito da produção dos medicamentos fitoterápicos. *Rev. Iniciação Científica e Extensão-REICEn* 1, 32–37.
- Prinsloo, G., Nogemane, N., 2018. The effects of season and water availability on chemical composition, secondary metabolites and biological activity in plants. *Phytochem. Rev.* 17, 889–902. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9567-z>
- Ramallo, L.A., Lovera, N.N., Schmalko, M.E., 2010. Effect of the application of intermittent drying on *Ilex paraguariensis* quality and drying kinetics. *J. Food Eng.* 97, 188–193. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.008>
- Rocha, R.P., Melo, E.C., Radünz, L.L., 2011. Influence of drying process on the quality of medicinal plants : A review. *J. Med. Plants Res.* 5, 7076–7084. <https://doi.org/10.5897/JMPRx11.001>
- Rosas, E.C., Correa, L.B., Pádua, T. de A., Costa, T.E.M.M., Mazzei, L.J., Heringer, A.P., Bizarro, C.A., Kaplan, M.A.C., Figueiredo, M.R., Henriques, M.G., 2015. Anti-inflammatory effect of *Schinus terebinthifolius* Raddi hydroalcoholic extract on neutrophil migration in zymosan-induced arthritis. *J. Ethnopharmacol.* 175, 490–498. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.10.014>
- Santos, R.L., Guimaraes, G.P., Nobre, M.S.C., Portela, A.S., 2011. Análise sobre a fitoterapia como prática integrativa no Sistema Único de Saúde. *Rev. Bras. Plantas Med.* 13, 486–491.
- Schimitberger, V.M.B., Pratti, D.L. de A., Cavalcanti, L.C., Ramalho, V.F., Costa, A.P.F. da, Scherer, R., Kuster, R.M., Ramos, A.C., Silva, A.G. da, 2018. Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolia* Raddi). *Ind. Crops Prod.* 119, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.011>
- Selmar, D., Kleinwächter, M., 2013. Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal

- plants. Ind. Crops Prod. 42, 558–566. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.020>
- Souza, R.A. de, Melo, E. de C., de Ávila, M.B.R., Gonzaga, D.A., Sperotto, N.C.Z., Carneiro, A.P.S., 2020. Intermittent drying of clove basil leaves: process optimization and essential oil yield. Rev. Bras. Eng. Agric. e Ambient. 24, 209–215. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n3p209-215>
- Soysal, Y., Arslan, M., Keskin, M., 2009a. Intermittent microwave-convective air drying of oregano. Food Sci. Technol. Int. 15, 397–406. <https://doi.org/10.1177/1082013209346588>
- Soysal, Y., Ayhan, Z., Eştürk, O., Arikan, M.F., 2009b. Intermittent microwave-convective drying of red pepper: Drying kinetics, physical (colour and texture) and sensory quality. Biosyst. Eng. 103, 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.05.010>
- Uliana, M.P., Fronza, M., Silva, A.G. da, Vargas, T.S., Andrade, T.U. de, Scherer, R., 2016. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. Ind. Crop. Prod. 83, 235–240. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.077>
- Veras, H.N.H., Rodrigues, F.F.G., Colares, A. V., Menezes, I.R.A., Coutinho, H.D.M., Botelho, M.A., Costa, J.G.M., 2012. Synergistic antibiotic activity of volatile compounds from the essential oil of *Lippia sidoides* and thymol. Fitoterapia 83, 508–512. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2011.12.024>
- Vicuña, G.C., Stashenko, E.E., Fuentes, J.L., 2010. Chemical composition of the *Lippia organoides* essential oils and their antigenotoxicity against bleomycin-induced DNA damage. Fitoterapia 81, 343–349. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.10.008>
- Wachtel-Galor, Sissi, Benzie, F.F., 2011. Herbal Medicine: An Introduction to Its History, Usage, Regulation, Current Trends, and Research Needs, in: Benzie, I.F.F., Wachtel-Galor, S. (Eds.), Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects. CRC Press/Taylor & Francis, pp. 1–9.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1 – Resumo da ANOVA do rendimento de óleo essencial das folhas de *L. organoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	0,1288	2,61
RI	3	0,0071	0,14
T x RI	6	0,0290	0,59
Resíduo	22	0,0492	
Total	33		
CV(%) 8,81			

Nota:

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; T- temperatura do ar de secagem; RI - relação de intermitência; CV- coeficiente de variação.

Tabela S2 – Resumo da ANOVA para a concentração de Timol presente no óleo essencial das folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	161,99	12,42*
RI	3	24,48	1,88
T x RI	6	77,41	5,93*
Resíduo	24	13,05	
Total	35		
CV(%)	5,39		

Tabela S3 – Resumo da ANOVA para o ΔE das folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	0,0052	0,00
RI	3	2,2211	1,42
T x RI	6	6,1738	3,96*
Resíduo	24	1,5589	
Total	35		
CV(%)		15,7	

Tabela S4 – Resumo da ANOVA para o croma das folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	19,788	41,74*
RI	3	0,9282	1,96
T x RI	6	1,2451	2,63*
Resíduo	24	0,4741	
Total	35		
CV(%)		8,58	

Tabela S5 – Resumo da ANOVA para IE das folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	71,12	15,6*
RI	3	9,6	2,11
T x RI	6	0,86	0,19
Resíduo	23	4,56	
Total	34		
CV(%)		10,96	

Os cromatogramas do óleo essencial dos diferentes formas e temperaturas do ar de secagem para cada espécie foram muito similares entre si. Assim, optou-se por anexar apenas um cromatograma para cada espécie.

Figura S1 – Perfil cromatográfico do óleo essencial extraído das folhas de *L. origanoides* para a secagem sem intermitência a 50 °C.

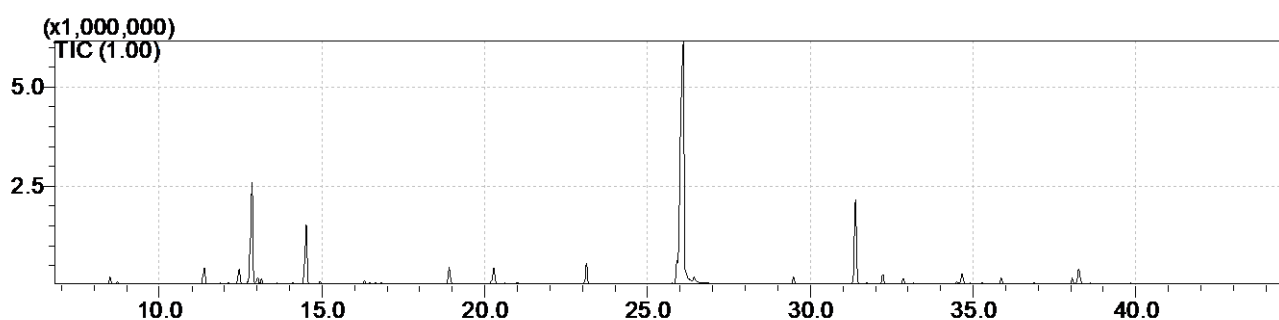


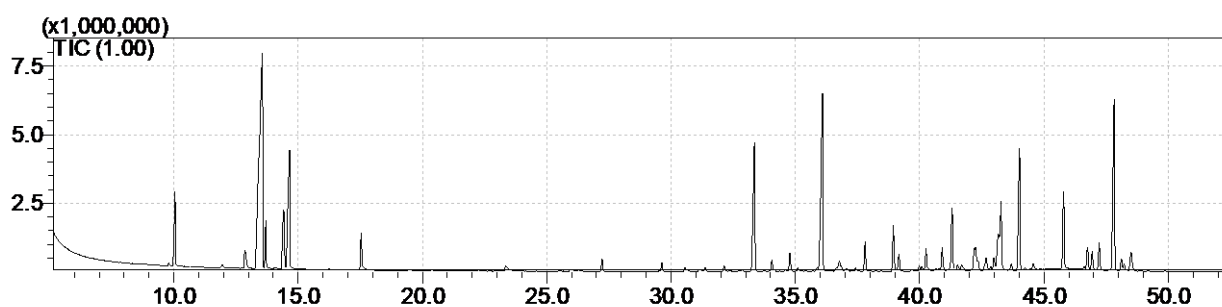
Tabela S6 – Resumo da ANOVA do rendimento de óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolius*, submetidos às diferentes relações de intermitência e secos a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	0,5200	6,75*
RI	3	0,5799	7,53*
T x RI	6	0,4748	6,17*
Resíduo	22	0,077	
Total	33		
CV(%) 12,37			

Tabela S7 – Resumo da ANOVA para a concentração de α -felandreno presente no óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolius*, submetidos às diferentes relações de intermitência e secos a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	563,94	217,72*
RI	3	240,76	92,95*
T x RI	6	51,55	19,9*
Resíduo	24	2,59	
Total	35		
CV(%)		4,52	

Figura S2 – Perfil cromatográfico do óleo essencial extraído dos frutos de *S. terebinthifolius* para a secagem sem intermitência a 50 °C.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

As relações de intermitência e as temperaturas do ar de secagem interferiram no tempo efetivo de secagem, no consumo energético, no rendimento de óleo essencial, nos componentes majoritários do óleo essencial das folhas de *L. origanoides* e dos frutos de *S. terebinthifolius*, bem como na cor das folhas de *L. origanoides*.

Para a espécie *L. origanoides*, a secagem com relação de intermitência 10:20 a 70 °C reduziu o tempo efetivo de secagem e o consumo específico de energia e proporcionou maiores rendimentos e melhor qualidade do óleo essencial e não degradou os atributos de cor das folhas secas.

Para a espécie *S. terebinthifolius*, apesar de as relações de intermitência terem reduzido o tempo efetivo de secagem e o consumo específico de energia, não é recomendada quando combinada com 60 °C se o objetivo for a maximização do rendimento do óleo essencial e a 60 e 70 °C quando se busca maior concentração de α -felandreno.