

DIANA RODRIGUES HENRIQUES LEMOS

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DO AR DE SECAGEM NO TEOR E NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca alternifolia*
Cheel**

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

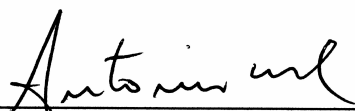
VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

DIANA RODRIGUES HENRIQUES LEMOS

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DO AR DE SECAGEM NO TEOR E NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Melaleuca alternifolia*
Cheel

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

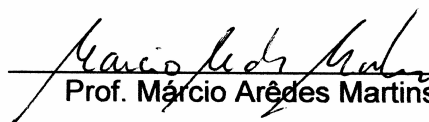
APROVADA: 28 de Fevereiro de 2008.



Prof. Antônio Policarpo Souza Carneiro
(Co-Orientador)



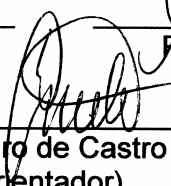
Prof. Ricardo Henrique Silva Santos



Prof. Márcio Arêdes Martins



Prof. Márcio José da Silva



Prof. Evandro de Castro Melo
(Orientador)

Aos meus pais, Paulo e Ilza,
Aos meus irmãos Emiliano, Marcelo (in memorian) e Joselito,
A minha irmã Ilza Paula,
A minha vó Celina,
A minha sogra Aparecida,

Dedico.

Ao meu amado esposo Abiney,
Ao meu querido filho Abílio,
Ao professor Evandro de Castro Melo

Ofereço.

Aos que confiam no Senhor na realização de seus sonhos e nas horas de dificuldades e que nunca desistiram

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar a minha vida, me ajudar nas horas mais difíceis e na realização deste trabalho.

Aos meus pais, Paulo Magalhães Henriques e Ilza Rodrigues de Jesus, que lutaram para que um dia eu estivesse aqui neste momento.

Aos meus irmãos, Emiliano Henriques, Marcelino Rodrigues Henriques (in memoriam) e Joselito Rodrigues Henriques e irmã Ilza Paula Henriques que com carinho e amor e muito esforço e dedicação me ajudaram.

A meu esposo Abiney Lemos Cardoso que nas horas mais alegres e mais difíceis sempre esteve ao meu lado me apoiando.

Ao meu filho Abílio Henriques Lemos Neto que com seu imenso amor cedeu seu tempo, para que sua mãe dedica-se a realização deste trabalho.

A minha sobrinha Eloane pelo seu amor imenso e pelo seu sorriso nas horas mais difíceis.

A família Lemos que me aturou e me ajudou durante este período dando todo apoio possível.

A minhas cunhadas Eloísa e Raquel, pela amizade de sempre.

À Universidade Federal de Viçosa, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização deste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Evandro de Castro Melo, por ter me aceito como sua orientada quando eu mais precisei e por sua excelente dedicação e esforços para realização deste trabalho.

Aos professores co-orientadores Luiz Cláudio de Almeida Barbosa e Antônio Policarpo Souza Carneiro, pelas valiosas sugestões e pela oportunidade de treinamento e confiança.

Aos membros da banca de tese, por participar na avaliação deste trabalho ajudando no melhoramento do mesmo.

Ao professor Antônio Lélis Pinheiro pela co-orientação e dedicação para a realização deste trabalho.

Ao Produtor José Camilo Santiago pela compreensão e pelo material doado.

A professora Wanderlucia e aos laboratoristas Zé Luiz e Srs. Antônio pelos seus auxilio e dedicação.

Aos companheiros do LASA (Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos), pelo acolhimento e amizade.

A professora Sandra , professor Adílio Flauzino de Lacerda Filho e a professora Leda Rita D'Antonino Faroni pelo auxilio material, pela solidariedade e pela amizade e confiança.

Aos amigos do Laboratório PMAC, Ana Paula, Vinicius, Paulo, Ronicely, José Américo, pela ajuda, amizade e compreensão.

Aos amigos do Armazenamento Joseane, Elaine, Juliana, Laine, Maurílio, Ernandes, Carlos André, Fernando Botelho, André Gonelli, André, Reginaldo, Hamilton, Douglas e Edney pela ajuda, amizade, pela compreensão e pelos bons momentos compartilhados.

Aos colegas de curso e amigos que tive oportunidade de conhecer nestes dois anos de permanência em Viçosa.

Aos funcionários da Área de Armazenamento pelo auxílio constante, contribuindo para a execução dos experimentos.

A Luciana e Mauro pelas horas de dedicação para a realização deste trabalho e pela amizade.

A todos os demais professores, colegas e funcionários que, direta ou indiretamente, participaram da realização deste trabalho.

Aos funcionários da Área de Armazenamento pelo auxílio constante, contribuindo para a execução dos experimentos.

A Luciana e Mauro pelas horas de dedicação para a realização deste trabalho e pela amizade.

A todos os demais professores, colegas e funcionários que, direta ou indiretamente, participaram da realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

DIANA RODRIGUES HENRIQUES LEMOS, filha de Paulo Magalhães Henriques e Ilza Rodrigues de Jesus, nasceu em Jupia, São Paulo, em 13 de Outubro de 1979.

No período de março de 2004 a março 2005, atou como bolsista de iniciação científica da FAPEMIG, na área de Propriedades Físicas de Produtos Agrícolas, na Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2005, graduou-se em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2005, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de Pré-Processamento de Produtos Agrícolas, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos em Secagem de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares.

Em 28 de fevereiro de 2008, submetendo-se ao exame final de defesa de tese.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 A importância das plantas medicinais.....	4
2.2 <i>Melaleuca alternifolia</i> Cheel.....	4
2.3 Composição química do óleo essencial de melaleuca.....	5
2.4 Secagem de plantas medicinais, aromáticas e condimentares	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1. Local de colheita	8
3.2. Colheita e Obtenção das Amostras	8
3.3. Secagem	10
3.4. Determinação do teor de água.....	12
3.5. Armazenagem	12
3.6. Análises químicas.....	12
3.6.1 Extração do óleo essencial	12
3.6.2. Identificação e quantificação dos constituintes químicos do óleo essencial.....	14
3.7. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1. Parâmetros de secagem	17
4.2. Composição do óleo essencial	19
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	26
5.1. Conclusões	26
5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
ANEXOS	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Plantação de <i>Melaleuca alternifolia</i> ; b) Vista frontal da copa.....	8
Figura 2. Plantas frescas de melaleuca a serem submetidas aos tratamentos (PFT e PFP).....	9
Figura 3. Planta fresca picada manualmente (PFP).....	10
Figura 4. Planta fresca triturada (PFT).....	10
Figura 5. Vista frontal do secador	11
Figura 6. Corte frontal do secador.....	11
Figura 7. Extrator de óleo Clevenger	13
Figura 8. Evaporador rotativo.....	13
Figura 9. Valores médios observados para teor de água em amostra de planta fresca triturada de melaleuca submetidos a diferentes temperaturas de secagem em função do tempo de secagem.	18
Figura 10. Teor médio de óleo essencial extraído de planta triturada de melaleuca submetida à secagem em secador de bandejas com diferentes temperaturas, comparado com o teor médio da planta fresca triturada (PFT-testemunha). * Diferença significativa em relação à testemunha (PFT) pelo teste de Dunnett a 5% de significância. Coeficiente de variação: 5,34%. DMS = 0,22.	19
Figura 11. Teor de óleo essencial extraído de plantas de melaleuca submetidas a processamentos diferentes: planta fresca triturada (PFT) e planta fresca picada manualmente (PFP). Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação: 7.55%.....	20
Figura 12. Reação de oxidação de α,γ terpineno, α terpinoleno.....	25

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Intervalos de tempo de acompanhamento do teor de água durante o processo de secagem em material triturado de melaleuca.....	11
Tabela 2. Valores médios de teores inicial e final de água, umidade relativa do ar ambiente e no plenum e tempo médio de secagem em cinco temperaturas do ar de secagem.....	17
Tabela 3. Composição química do óleo essencial extraído da planta fresca triturada (PFT), planta fresca picada manualmente (PFP) e planta fresca triturada submetida ao processo de secagem a diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80°C)....	21
Tabela 4. Componentes majoritários do óleo essencial encontrado na planta triturada depois de submetida às temperaturas do ar de secagem e comparados com o padrão ISO 4730.....	22
Tabela 5. Teor dos principais constituintes químicos do óleo essencial extraído da planta triturada de melaleuca submetida à secagem, sob diferentes temperaturas do ar.....	24

RESUMO

LEMOS, Diana Rodrigues Henriques, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2008. **Influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel.** Orientador: Evandro de Castro Melo. Co-orientador: Luiz Cláudio de Almeida Barbosa, Antônio Policarpo Souza Carneiro e Antônio Lélis Pinheiro.

A *Melaleuca alternifolia* Cheel (melaleuca), também conhecida como “Tea Tree” é uma planta pertencente à família Myrtaceae. Estudos recentes demonstram a utilização do óleo essencial como poder medicinais: atividades antiinflamatórias, acaricidas, antimicrobianas. Devido a sua importância medicinal, seu estudo químico e farmacológico tem sido amplamente desenvolvido. Entretanto, as etapas após a colheita, entre elas a secagem, não têm recebido tal atenção. O presente trabalho teve como objetivos avaliar a influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. Para atingir esse objetivo foi realizado um experimento onde a planta em estudo foi submetida à secagem, em secador de bandejas, utilizando ar aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C. A influência da temperatura do ar de secagem foi avaliada através de extrações do óleo essencial das plantas de melaleuca em aparelho Clevenger e de suas análises em cromatógrafo a gás (CG-EM e CG-FID). Pode-se concluir que: os teores de óleo essenciais extraídos das plantas secas trituradas não foram afetados pelas diferentes temperaturas de secagem, porém, a secagem provocou redução no teor de óleo essencial em relação a plantas frescas trituradas; a secagem provocou aumento significativo no teor de terpinen-4-ol e α -terpineol e decréscimo significativo no teor de α -pineno em relação às plantas frescas trituradas, as plantas trituradas podem ser secas com temperatura do ar de secagem de até 80 °C, sem prejuízos a qualidade do óleo essencial.

ABSTRACT

LEMOS, Diana Rodrigues Henriques, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, February of 2008. **Influence of the drying air temperature on the contents and chemical composition of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* Cheel.** Adviser: Evandro Castro Melo. Co-advisers: Luiz Cláudio de Almeida Barbosa, Antonio Policarpo Souza Carneiro and Antônio Lélis Pinheiro.

The *Melaleuca alternifolia* Cheel (melaleuca), also known as "Tea Tree", is a plant belonging to the family Myrtaceae. Recent studies show the use of essential oils for medical use: anti activities, acaricides, antimicrobial. Because of its medical importance, the study of the chemical and pharmacological features has been widely developed. However, the steps after the harvest, including drying, have not received such attention. This study aims to evaluate the influence of the temperature of air-drying on the content and chemical composition of essential oil *Melaleuca alternifolia* Cheel. To achieve this goal an experiment was conducted where the plant under study was submitted to drying, using hair-trays, with heated air at 40, 50, 60, 70 and 80 °C. The influence of air temperature of drying was evaluated through extractions of essential oil of the plants of melaleuca in Clevenger apparatus and its analyses on the gas chromatograph (GC-MS and GC-FID). It was concluded that: the levels of essential oil extracted from crushed dried plants were not affected by different drying temperatures, however, the drying caused reduction in the essential oil extracted from the fresh Plants crushed; The drying caused significant increase in content of terpinen-4-ol and α -terpineol and significant decreasing in the α -pinene on plants fresh ground. The ground plants can be dried with air temperature of drying up to 80 °C, without damage the quality of essential oil.

1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde estima que 80% da população mundial, de algum modo, utilizam plantas medicinais como medicamentos e 85% destes utilizam plantas ou preparações destas. O Brasil é o país que detém a maior parcela da biodiversidade, em torno de 15 a 20% do total mundial. Entre os elementos que compõem a biodiversidade, as plantas são a matéria-prima para a fabricação de fitoterápicos e outros medicamentos. Além de seu uso como substrato para a fabricação de medicamentos, as plantas são também utilizadas como remédios caseiros e comunitários, processo conhecido como medicina tradicional.

Por meio da Portaria nº 971 de 3 de maio de 2006 (BRASIL, 2006a), o Governo Federal ampliou a oferta na rede pública, pelo Sistema Único de Saúde (SUS), de tratamentos com fitoterapia, homeopatia, acupuntura e com outros que fazem parte da medicina alternativa.

Em 23 de junho de 2006 foi aprovado através do Decreto, nº 5813, Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, com objetivo de garantir à população brasileira o acesso seguro e o uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos, promovendo o uso sustentável da biodiversidade, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional. O estímulo da utilização de fitoterápicos objetiva o tratamento de enfermidades com um menor custo à população e aos serviços públicos de saúde, visto que os medicamentos obtidos por síntese química, comparativamente aos fitoterápicos, são, em geral, mais caros, devido às patentes tecnológicas envolvidas (BRASIL, 2006b).

A crescente demanda por espécies medicinais pela população indica o surgimento de um mercado com alto potencial de consumo, necessitando-se de matéria prima de alta qualidade, com oferta regular e de fácil disponibilidade. O problema da qualidade do fitoterápico tem início na identificação correta da espécie e, posteriormente, no plantio, na colheita, no beneficiamento e no preparo dos medicamentos. Diversos fatores influenciam a

qualidade final do produto, como variação climática, tipo de solo, época de colheita, características genéticas das plantas, condições de secagem, tempo de armazenamento, etc. (CASTRO e FERREIRA, 2001).

Os processos de pós-colheita de plantas medicinais têm grande importância na cadeia produtiva, pois influenciam diretamente na qualidade e quantidade dos princípios ativos do produto da planta comercializada (SILVA e CASALI, 2000).

Por outro lado, para suprir esta demanda, está ocorrendo o crescimento no tamanho e no número de áreas de cultivo, nas mais diversas regiões do país. Com isto, nota-se a necessidade da secagem com o emprego de secadores, utilizando-se valores de temperatura para o ar de secagem que proporcionem a rápida redução no teor de água e sem afetar a qualidade dos princípios ativos das plantas medicinais. A secagem poderá, também, contribuir para uma oferta regular e facilitar a comercialização das plantas, porque facilita o transporte e armazenamento.

As folhas e caule da *Melaleuca* produzem óleo essencial de uso medicinal, sendo muito exploradas comercialmente, sendo a Austrália um dos maiores produtores de óleo essencial de espécies deste gênero. Estudos recentes demonstram a utilização do óleo essencial como poder medicinais: atividade antiinflamatória (CALDEFIE-CHEZET et al., 2006), acaricida (IORI et al., 2005), antimicrobiana (SIMÕES et al., 2002, HALCÓN e MILKUS, 2004, CARSON et al., 2006).

A qualidade comercial do óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) é determinada pelas concentrações dos compostos terpinen-4-ol e 1,8-cineol. O primeiro componente é responsável pela atividade antimicrobiana sendo que sua concentração no óleo deve ser no mínimo 30%, e o segundo componente que possui propriedades irritantes à pele, deve ter uma concentração máxima de 15%.

As indústrias de cosméticos e produtos naturais no Brasil adquirem tal produto através de importação, e é então utilizado na formulação de cosméticos, produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (CASTRO et al., 2005).

No Brasil é crescente o interesse de várias indústrias na implantação de cultivos comerciais de melaleuca. Os estudos de CASTRO et al. (2005) sobre a análise econômica do cultivo e extração do óleo essencial de melaleuca

indicam a total viabilidade de implantação do cultivo desta espécie para fins comerciais.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância das plantas medicinais

O emprego terapêutico de plantas medicinais no Brasil está cada vez mais difundido. Várias empresas nacionais empregam matéria-prima vegetal na elaboração de seus medicamentos, o que torna indispensável o cultivo comercial e o beneficiamento pós-colheita destas espécies, de maneira a atender a demanda.

Na fitoterapia, os óleos voláteis destacam-se pelas suas propriedades antibacterianas, analgésicas, sedativas, expectorantes, estimulantes e estomáticas.

Com estudo multidisciplinar destes princípios ativos, no caso os óleos essenciais, pode-se chegar a inseticidas, fungicidas naturais (HAMMER et al., 2006) que causem menos danos ao meio ambiente e à saúde da população. Além de medicamentos com maior eficiência, preservando as plantas de uma forma racional, com cultivos diferenciados, visando à produção de fármacos com ampla utilização e com qualidade.

2.2 *Melaleuca alternifolia* Cheel

A melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) conhecida como “Tea Tree”, pertencente à família Myrtaceae, é uma árvore pequena, de até 7m de altura. Possui casca fina, semelhante a folhas de papel e folhas afiladas, de aproximadamente 0,02 m de comprimento. Suas lâminas são foliares de acordo com a morfologia externa da folha, são lineares, com ápice e base aguda e margem inteira. A nervação é paralelodroma. As folhas são pequenas, sésseis, alternadas e se dispõem espiraladamente em torno da ráquis e floresce no verão (VIEIRA, 2002). É nativa da costa sudeste da Austrália,

região de New South Wales, e cresce em regiões pantanosas ou próximas a rios.

O responsável pelo nome “Tea Tree” dado a melaleuca foi o Capitão James Cook, em 1770. Ao desembarcar com seus homens na Baía de Botany, na Austrália, ele observou que os aborígenes faziam um chá medicinal com folhas de um arbusto verde-escuro e contavam histórias de uma lagoa mágica na qual as folhas tinham caído e onde a tribo do lugar se banhava para manter a saúde. O óleo de “Tea Tree” passou a fazer parte tanto da medicina natural dos aborígenes quanto da cultura dos brancos australianos (OLIVEIRA, 2002). Muito antes de os cientistas pensarem a testar o óleo em laboratório de sua utilidade, ele já tinha credibilidade suficiente para ser um dos itens básicos das caixas de primeiros socorros dos soldados australianos na 2ª Guerra Mundial, usado contra picadas e infecções.

Na Austrália concentram-se os principais produtores que dominam o mercado e as tecnologias de produção, sendo aquele país o principal fornecedor mundial desse óleo, com uma produção anual aproximadamente de 400 toneladas.

Espécies da família Myrtaceae são consideradas de importância econômica em razão do seu uso medicinal, ornamental e condimentar (JOLY, 1993). O óleo da melaleuca contém em torno de 97 componentes, na maior parte monoterpenos, sesquiterpenos e seus álcoois. O óleo de melaleuca é um medicamento fitoterápico tradicionalmente indicado como cicatrizante, hemostático e antiinflamatório, aplicado por via tópica ou como anti-séptico bucal nos tratamentos de ferimentos, picadas de insetos, queimaduras traumáticas e solares, mau hálito, problemas de infecções da garganta e manchas da pele (OLIVEIRA, 2002).

2.3 Composição química do óleo essencial de melaleuca

A melaleuca é caracterizada pela ocorrência de cavidades secretoras, representadas por pontos translúcidos, distribuídos na superfície foliar em ambas as faces (VIEIRA, 2002; SILVA, 2007).

O óleo é extraído das folhas de melaleuca por hidrodestilação e a produtividade depende igualmente do rendimento de folha e da concentração de óleo nas folhas no momento de colheita. O óleo essencial das plantas de

melaleuca cultivadas na Austrália apresenta uma mistura complexa de aproximadamente 97 compostos, dos quais a maioria já foi identificada, sendo os principais constituintes os compostos terpinen-4-ol, 1,8-cineol, α -terpineno, γ -terpineno, α -pineno, β -pineno, α -terpineol, *p*-cimeno e álcoois sesquiterpênicos, representado cerca de 90% do óleo (BROPHY et al., 1989). Comercialmente, níveis de dois compostos são estipulados pelo padrão australiano, de no mínimo 30% para terpinen-4-ol e no máximo 15% para 1,8-cineol (MURTAGH, 1998). A atividade antimicrobiana do terpinen-4-ol é comprovada, e as maiores quantidades deste componente estão associadas a melhores atividades antimicrobianas. O composto 1,8-cineol exibe pouca ou nenhuma atividade antimicrobiana, possui propriedades irritantes para pele e, portanto, deve estar presente em pequenas concentrações (SIMÕES et al., 2002 e RAMACCIATO, 2000).

O período do dia também influencia no teor de óleo essencial, por isto, SILVA (2001) recomenda a coleta de amostras às 9:30 h, horário em que detectou-se maior concentração do óleo na melaleuca. O teor de óleo diminui nos meses mais frios (julho a setembro), quando comparados aos meses mais quentes, e também na época da floração, porém com poucas variações ao longo do ano.

2.4 Secagem de plantas medicinais, aromáticas e condimentares

Uma vez realizada a colheita, as plantas medicinais seguem basicamente três destinos: a comercialização das plantas frescas, que podem ou não ser embaladas, a extração de substâncias por solventes ou a secagem. O comércio de material seco corresponde a uma grande fatia do mercado, sendo mais utilizado porque proporciona maior estabilidade química. O processo de secagem mantém a qualidade visual, aroma e os princípios ativos, permitindo desta forma maior período de comercialização (SILVA e CASALI, 2000).

Os métodos de secagem e armazenamento devem preservar as características das plantas medicinais, tentando preservar ao máximo a sua qualidade no momento da colheita. Assim, por exemplo, a deterioração do aroma, pode ser resultado do manejo inadequado da secagem, que pode resultar em maior ou menor quantidade de princípios ativos. A secagem visa

impedir a deterioração do material por meio da redução do teor de água, atuando negativamente na ação das enzimas pela desidratação e permitindo a conservação das plantas por maior tempo. Além disso, eliminando-se a água, aumenta-se o percentual de princípios ativos em relação à massa seca (SILVA e CASALI, 2000). A secagem rápida interrompe a ação enzimática e microbiana, preservando os constituintes químicos no tecido seco (RADÜNZ, 2004).

Segundo MELO et al. (2004) a temperatura do ar de secagem influencia na qualidade e composição dos princípios ativos presentes nas plantas. Os autores romperam o paradigma de que não se pode empregar temperatura superior a 40°C para o ar de secagem. Há necessidade de se estabelecer valores de temperatura diferenciados para cada espécie, sendo necessário investimento em pesquisas. Portanto, tornam-se de fundamental importância pesquisas sobre a influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos princípios ativos das espécies medicinais.

RADÜNZ et al. (2006), depois de trabalhar com secagem de hortelã comum (*Mentha x villosa* Huds), em temperaturas entre 40 a 70 °C, concluiu que a temperatura do ar de 50 °C é recomendável para a secagem de hortelã-comum, visando obter o maior teor de óleo essencial e a maior concentração dos principais constituintes ativos.

BARBOSA et al. (2006), trabalhou-se com a secagem de *L. Alba* com temperatura do ar variando de ambiente até 80 °C. Concluiu que a secagem desta para fins de comercialização pode ser realizada utilizando ar aquecido de 40 até 80 °C, considerando que o citral é o principal constituinte químico de interesse no óleo dessa planta.

Observando o efeito da temperatura nos teores de óleo e constituinte para outras plantas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de colheita

Foram utilizadas plantas de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel), provenientes de plantações localizadas em área de produção comercial situada a 20°42,846'S, 42°43,635'W, e 689 m de altitude, no município de São Miguel do Anta, localizado na Zona da Mata no Estado de Minas Gerais (Figura 1a).



Figura 1. a) Plantação de *Melaleuca alternifolia*; b) Vista frontal da copa

3.2. Colheita e Obtenção das Amostras

A colheita foi realizada em 06 de Setembro de 2006, às 9:00 horas da manhã, porque neste horário ocorre a maior concentração de óleo essencial (SILVA, 2001). Fez-se, com um facão, um corte em bisel, no tronco, aproximadamente 20 cm acima do nível do solo, separando-se então plantas com caule de até 2 cm de diâmetro, conforme procedimento realizado pelo fazendeiro (Figura 2).

Logo após a colheita, amostra da copa das plantas com caule de até 0,4 cm foram picadas manualmente (PFP) perfazendo um total de 600 g

conforme observado na Figura 3 e o restante das plantas foram trituradas (PFT) pelo triturador (TRAPP–TR 200) perfazendo um total de 12 kg (Figura 4). Em seguida, as amostras foram acondicionadas em saco de polietileno (0,12 cm de espessura) de 10 kg para ser transportado para o laboratório, onde o material foi homogeneizado, dividido em sacos de polietileno de 5kg com 0,12 cm de espessura e armazenado em câmara de temperatura controlada a 2 °C.

Foram tomadas aleatoriamente três amostras de 400 g de cada tratamento (PFT e PFP) que foram analisadas ainda frescas, determinando-se os teores de água e de óleo, quantificado os constituintes químicos do óleo. Depois de retirada as amostras, o restante do material foi resfriado em câmara de temperatura controlada a 2 °C até o momento da secagem perfazendo 3 dias de armazenamento.

Considerando que a forma de obtenção do material pelos produtores, antes de triturar, não passa por nenhum processo prévio de separação entre caule e folhas, realizou-se um ensaio para analisar a influência da presença deste caule na qualidade do material fresco. Para tal, compararam-se os teores de óleo das amostras trituradas com as amostras obtidas de material picado manualmente, que continham caules com tamanho máximo de 0,4 cm de diâmetro.



Figura 2. Plantas frescas de melaleuca submetidas aos tratamentos PFT e PFP



Figura 3. *Planta fresca picada manualmente (PFP)* - **Figura 4.** *Planta fresca triturada (PFT)*

3.3. Secagem

A secagem foi realizada no Laboratório de Secagem de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, situado no Departamento de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Viçosa.

No experimento foram avaliadas cinco temperaturas de secagem: ar aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80°C. Para cada repetição, foi utilizado 500 g de plantas trituradas, perfazendo uma camada de 5 cm de espessura na gaveta, a segunda contando de baixo para cima. Este experimento teve duração de sete dias.

Foi utilizado um secador de leito fixo, com fluxo de ar ascendente, equipado com um queimador de gás liquefeito de petróleo (GLP) para aquecimento do ar de secagem (Figuras 5 e 6), conforme descrito em RADÜNZ (2004).

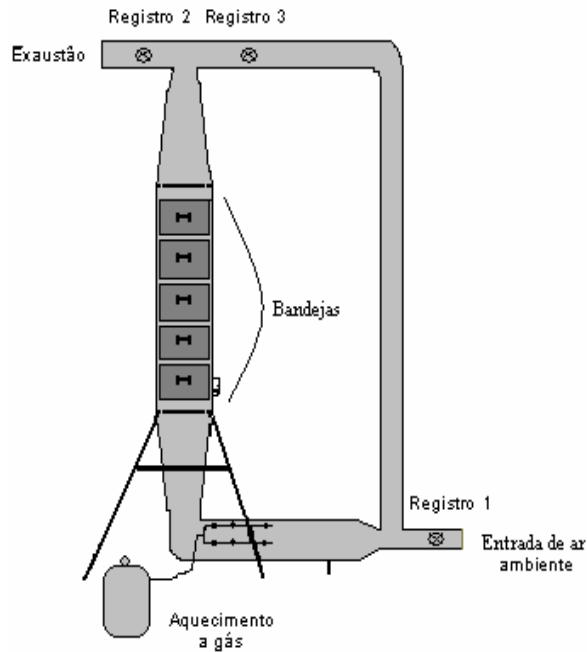


Figura 5. Vista frontal do secador

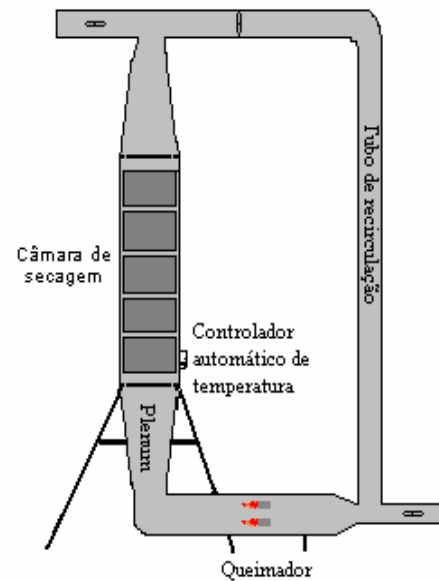


Figura 6. Corte frontal do secador

A secagem foi finalizada quando a amostra de planta triturada alcançou teor de água em torno de 0,11 b.s (10% b.u.). Tal valor foi fixado como uma média entre os valores estabelecidos para plantas medicinais em diferentes farmacopéias de diversos países, que varia entre 8 e 14% b.u.(FARIAS, 2003).

Durante a secagem, registrou-se a redução do teor de água da amostra de planta triturada da planta por diferença de massa, pesando-se a bandeja em intervalos regulares de tempo conforme a Tabela 1, até o produto atingir o teor de água final de 0,11 b.s.

Tabela 1. Intervalos de tempo de acompanhamento do teor de água durante o processo de secagem em material triturado de melaleuca

Temperatura	Intervalo para pesagens
40 °C	A cada 10 min nos primeiros 90 min, e depois, a cada 15 min
50 °C	A cada 10 min
60 °C	A cada 5 min
70 °C	A cada 3 min nos primeiros 12 min, e depois, a cada 5 min
80 °C	A cada 3 min

Os experimentos foram realizados com a mesma velocidade do ar de secagem, fixada em $0,5 \text{ m.s}^{-1}$. A medição da velocidade do ar de secagem

realizou-se com anemômetro de pás, com uma faixa de operação de 0 a 30 m.s⁻¹ e sensibilidade de 0,01 m.s⁻¹. Depois de cada teste de secagem, além da determinação do teor de água, foram tomadas aleatoriamente três amostras de 50 g para posterior análises químicas.

3.4. Determinação do teor de água

O teor de água foi obtido pelo método gravimétrico, utilizando-se três amostras de 25 g para cada teste de secagem, as pesagens foram realizadas em balança analítica com precisão de 0,01 g. Após a pesagem as amostras foram levadas à estufa com circulação forçada do ar e com temperatura de 103 ± 2 °C, durante 24 horas (RADUNZ et al., 2006; BARBOSA et al., 2006).

3.5. Armazenagem

Após a secagem, as plantas trituradas resultante, foram acondicionadas em embalagens de polietileno (0,12 cm de espessura), identificado e armazenado em câmara de temperatura controlada a 2 °C, até a realização dos ensaios químicos.

3.6. Análises químicas

As análises químicas do teor de óleo, identificação e quantificação dos constituintes químicos nas amostras de planta fresca picada manualmente, planta fresca triturada e planta triturada resultante da secagem, foram realizadas no Laboratório de Análise e Síntese de Agroquímicos (LASA) no Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa.

3.6.1 Extração do óleo essencial

O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação, utilizando-se o aparelho Clevenger, adaptado a um balão de fundo redondo com capacidade para 2000 mL (Figura 7). Para cada extração, foram adicionadas no balão 50 g de amostra de planta triturada e 1000 mL de água destilada, sendo o processo

conduzido durante 3 horas (SILVA et al., 2002). O óleo foi recolhido com aproximadamente 50 mL de água e extraído com 3 x 30 mL de pentano. A fase aquosa foi descartada e a fase orgânica secada com sulfato de magnésio anidro ($MgSO_4$), em excesso. O sólido foi removido por filtração e o solvente evaporado a 40 °C, até ocorrer à redução expressiva do volume do solvente, sendo a fração resultante transferida para um balão de fundo redondo de 10 mL, devidamente tarado. O extrato foi novamente concentrado em evaporador rotativo à temperatura de 40°C, até atingir massa constante (Figura 8). Ao final do processo, o balão foi pesado em balança analítica com precisão de 0,0001 g, sendo os resultados expressos em porcentagem de óleo em relação à base seca. O óleo foi acondicionado em frascos de vidro com tampa rosqueada, vedados com parafilme, envoltos em papel alumínio e mantidos sob refrigeração a 4 °C até o momento da análise cromatográfica.

Os teores de óleo dos tratamentos de secagem foram comparados com os dados obtidos da amostra de planta fresca triturada, calculada de acordo com VENSKUTONIS (1997), tendo como base a matéria seca.



Figura 7. Extrator de óleo Clevenger **Figura 8 .** Evaporador rotativo

Fonte: MARTINAZZO, 2006 e RADÜNZ, 2004.

3.6.2. Identificação e quantificação dos constituintes químicos do óleo essencial

A identificação dos constituintes químicos do óleo essencial de melaleuca foi realizada empregando-se cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas (CG-EM). O equipamento utilizado foi um cromatógrafo a gás modelo Shimadzu GC-17A acoplado ao espectrômetro de massas modelo Shimadzu GCMS-QP 5050A. A metodologia empregada para a identificação dos componentes foi a descrita por ADAMS (1995), sendo empregada coluna DB-5HT, da marca J & W Scientific®, com 30 m de comprimento, diâmetro interno de 0,25 mm, espessura do filme interno de 0,25 µm, e hélio como gás carreador. As condições de operação do cromatógrafo a gás foram as seguintes: pressão interna da coluna de 100 KPa, razão de split de 1:10, fluxo de gás na coluna de 1,8 mL min⁻¹, velocidade linear do gás de 48,3cm s⁻¹, temperatura no injetor de 220 °C, temperatura no detector de 240 °C. A temperatura da coluna foi programada para iniciar em 40 °C e permanecer por 2 min, após, um incremento de 3 °C por min até atingir 240 °C, quando novamente foi mantida por 20 min, totalizando o tempo de 88 min. O espectrômetro de massas foi programado para realizar leituras numa faixa de 29 a 600 *m/z*, em intervalos de 0,5 s, com energia de ionização de 70 eV e temperatura do detector de 240 °C. O volume de óleo injetado foi de 1 µL, em concentração de 10.000 ppm, utilizando como solvente o hexano. Para a identificação do óleo extraído utilizou-se apenas uma amostra (1 µL de óleo) referente a cada repetição, uma vez que, o cromatograma apresenta os mesmos sinais em demais repetições. Para a identificação dos componentes dos óleos essenciais, além dos espectros de massas sugeridos pela biblioteca presente no aparelho, calcularam-se também os índices de Kovats (índice de retenção relativo). Para o cálculo dos índices de Kovats, foi injetada no cromatógrafo uma mistura de hidrocarbonetos (C10 a C24), sendo que para cada constituinte do óleo essencial, foram utilizados os tempos de retenção do próprio constituinte e dos hidrocarbonetos, usando a equação 01 descrita em COLLINS et al., (1997).

$$IK = 100NC + 100 \left(\frac{\text{Log}t'_{RX} - \text{Log}t'_{RZ}}{\text{Log}t'_{R(Z+1)} - \text{Log}t'_{RZ}} \right) \quad \text{equação 01}$$

em que:

- IK - índice de Kovats
- NC - número de carbonos do hidrocarboneto imediatamente anterior ao componente avaliado
- t'_{RX} - tempo de retenção do componente avaliado
- t'_{RZ} - tempo de retenção do hidrocarboneto imediatamente anterior ao componente avaliado
- $t'_{R(Z+1)}$ - tempo de retenção do hidrocarboneto imediatamente posterior ao componente avaliado

A quantificação dos componentes do óleo essencial foi realizada empregando-se cromatografia gasosa associada à detecção por ionização de chamas (CG-FID). O equipamento empregado foi um cromatógrafo gasoso modelo Shimadzu GC-17A acoplado ao detector por ionização de chamas, sendo usada coluna SPB-5, da marca Supelco[®], com 30 m de comprimento, diâmetro interno de 0,25 mm, espessura do filme interno de 0,25 μm , e nitrogênio como gás carreador. As condições de operação do equipamento foram pressão interna da coluna de 100 kPa, razão de split de 1:10, fluxo de gás na coluna de 1,74 mL min^{-1} , velocidade linear do gás de 37,72 cm s^{-1} , temperaturas no injetor 220 $^{\circ}\text{C}$ e detector de 240 $^{\circ}\text{C}$. A temperatura da coluna foi programada para iniciar em 45 $^{\circ}\text{C}$ e permanecer por 2 min, após, um incremento de 3 $^{\circ}\text{C}$ por min até atingir 240 $^{\circ}\text{C}$, totalizando o tempo de 87 min. O volume de amostra injetado foi de 1 μL , em concentração de 10.000 ppm e utilizando como solvente hexano. Para quantificar cada constituinte presente no óleo essencial, foram realizadas integrações das áreas geradas e calculadas pelo programa presente no próprio computador conectado ao CG-FID, sendo os resultados expressos em percentual proporcional de área. No CG-FID foram injetadas as amostras de todos os tratamentos e a identificação de cada componente foi feita comparando-se os tempos de retenção, os índices de Kovats e os cromatogramas gerados no CG-EM e no CG-FID.

3.7. Delineamento experimental e análises estatísticas

Delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo realizados com três repetições. Os tratamentos avaliados foram: cinco temperaturas de secagem (40, 50, 60, 70, 80), planta fresca triturada e planta fresca picada manualmente. Para as análises estatísticas, utilizou-se o pacote estatístico SAEG[®], versão 9.1 (SAEG, 2007).

Utilizou-se o teste F (ANOVA) para comparar as médias do teor de óleo essencial da planta fresca picada manualmente (PFP), com o teor de óleo da planta fresca triturada (PFT).

Para analisar o efeito do fator quantitativo (temperatura de secagem) sobre as características consideradas (teor de óleo e composição química), utilizou-se à análise de regressão simples.

Para comparar a planta triturada seca em cada temperatura com a PFT quanto ao teor de óleo e composição química utilizou-se o teste de Dunnett.

Os resultados observados da planta fresca picada manualmente e do produto seco em secador de leito fixo foram comparados com a planta fresca triturada (testemunha).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros de secagem

Na Tabela 2 são apresentados os teores inicial e final de água das amostras das plantas, os valores médios da umidade relativa do ar no secador (entrada e plenum) e o tempo total de secagem nos ensaios de secagem a 40, 50, 60, 70 e 80°C.

Tabela 2. Valores médios de teores inicial e final de água, umidade relativa do ar ambiente e no plenum e tempo médio de secagem em cinco temperaturas do ar de secagem.

Temperatura do ar de secagem (°C)	Parâmetros avaliados				
	Teor de água inicial (decimal, b.s.)	Teor de água Final (decimal, b.s.)	UR do ar ambiente (%)	UR do ar no plenum (%)	Tempo de secagem (min)
40	1,04 ± 1,49x10 ⁻⁸	0,11 ± 0,013	59 ± 9,18	31 ± 2,62	135 ± 8,66
50	1,04 ± 1,49x10 ⁻⁸	0,12 ± 0,002	60 ± 8,29	17 ± 1,32	80 ± 5,77
60	1,04 ± 1,49x10 ⁻⁸	0,12 ± 0,018	66 ± 2,73	12 ± 1,39	55 ± 5,29
70	1,04 ± 1,49x10 ⁻⁸	0,11 ± 0,015	62 ± 4,44	7 ± 0,11	42 ± 2,89
80	1,04 ± 1,49x10 ⁻⁸	0,11 ± 0,006	64 ± 12,22	5 ± 0,06	30 ± 1,73

Media ± Desvio Padrão

Conforme esperado, o aumento da temperatura do ar de secagem de 40 para 80 °C ocasionou a diminuição de 31 para 5 % na sua umidade relativa e, conseqüentemente, resultou na redução de 135 para 30 min do tempo de secagem, respectivamente.

Reduções na umidade relativa no plenum e no tempo de secagem em virtude do aumento da temperatura do ar também foram observadas em experimentos de secagem realizados por MARTINS et al.(2000) com a espécie *Cymbopogon citratus* (D.C) STAPF, em que se verificou redução de 44,1 para 35,2 % e de 305 para 105 min, utilizando temperaturas de 40 e 60 °C, respectivamente.

RADÜNZ et al. (2006), secando folhas de hortelã-comum (*Mentha x villosa* H.), concluíram que houve redução no tempo de secagem, de 5,17 para 0,45 h, e umidade relativa no plenum de 30,69 para 4,53 % quando se aumentou a temperatura de 40 para 80 °C.

A variação do teor de água da amostra de planta triturada em função do tempo de secagem, submetida a cinco temperaturas do ar de secagem 40, 50, 60, 70 e 80 °C é apresentada na Figura 9.

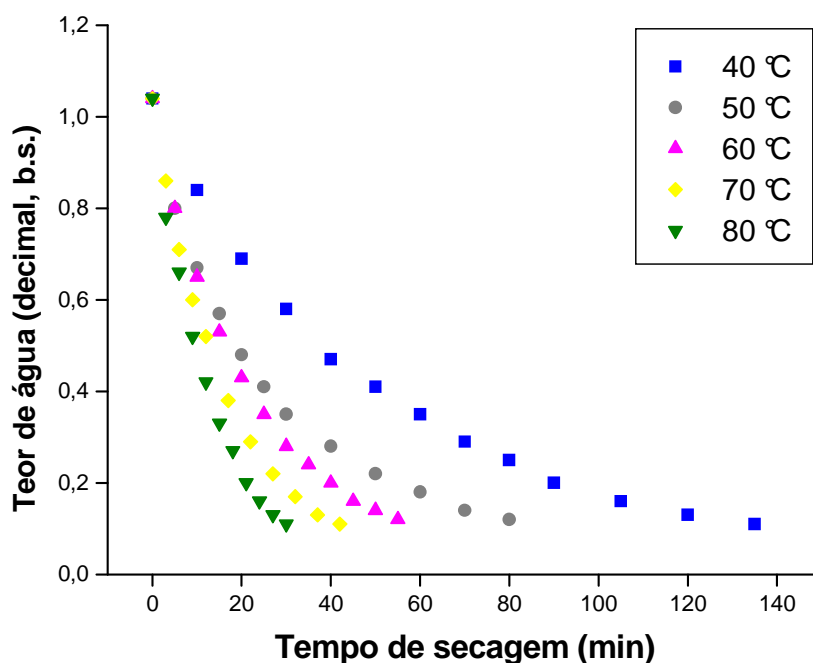


Figura 9. Valores médios observados para teor de água em amostra de planta fresca triturada de melaleuca submetidos a diferentes temperaturas de secagem em função do tempo de secagem.

Neste experimento, observou-se que a perda de água da melaleuca foi mais acentuada quando a amostra de planta fresca triturada foi submetida a uma maior temperatura do ar de secagem (Figura 9). Tal comportamento também foi observado para outras plantas medicinais (RADÜNZ et al., 2002a; BORSATO et al., 2005; BARBOSA, 2005; MARTINAZZO, 2006).

4.2. Composição do óleo essencial

Na Figura 10 são apresentados os resultados obtidos na análise de extração do óleo essencial na planta fresca triturada (PFT - testemunha) e na planta triturada submetida ao processo de secagem com diferentes temperaturas.

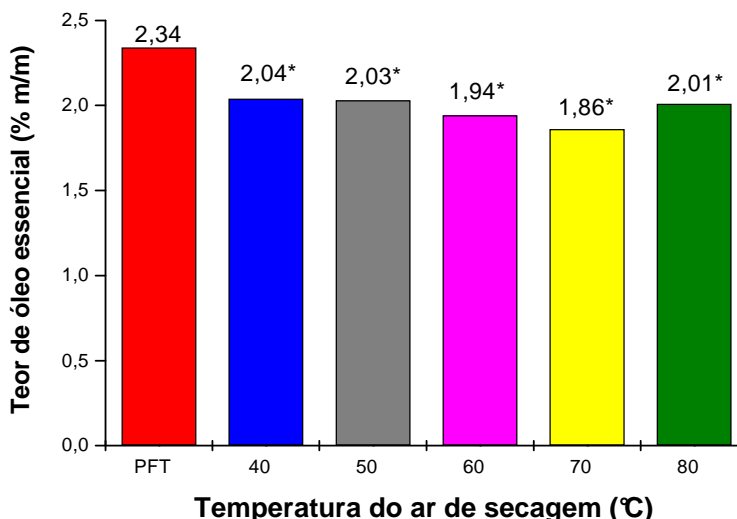


Figura 10. Teor médio de óleo essencial extraído de planta triturada de melaleuca submetida à secagem em secador de bandejas com diferentes temperaturas, comparado com o teor médio da planta fresca triturada (PFT-testemunha). * Diferença significativa em relação à testemunha (PFT) pelo teste de Dunnett a 5% de significância. Coeficiente de variação: 5,34%. DMS = 0,22.

Pela análise de regressão, verificou-se que não houve associação significativa entre o teor de óleo essencial e a temperatura de secagem ($P > 0,05$). Porém, a partir dos resultados apresentados na Figura 10, verifica-se que a secagem da planta triturada de melaleuca, nas diferentes temperaturas, proporcionou redução do teor de óleo essencial de aproximadamente 15,56% em relação à planta fresca triturada ($P < 0,05$). Essas reduções podem ser atribuídas à volatilização de parte do óleo essencial durante o processo de secagem.

A redução do óleo essencial de melaleuca quando submetido à secagem foi observada por SILVA (2001), quando submeteu a melaleuca em estufa a 40-50 °C/72 h (1,09%) comparados ao óleo extraído da planta fresca (1,20%).

Em trabalhos realizados com diferentes espécies medicinais (*Thymus vulgaris* L. e *Salvia officinalis* L., *Chamomilla recutita* (L.) Raeuchert e *Lippia Alba* (Mill.) N. E.Brown), foi observado que o aumento da temperatura do ar

pode ocasionar consideráveis reduções no teor de óleo essencial em relação à planta fresca (VENSKUTONIS, 1997; BORSATO et al., 2005; BARBOSA et al., 2006).

A Figura 11 apresenta os resultados comparativos de análise de extração do óleo essencial entre a planta fresca triturada (PFT) e a planta fresca picada manualmente (PFP).

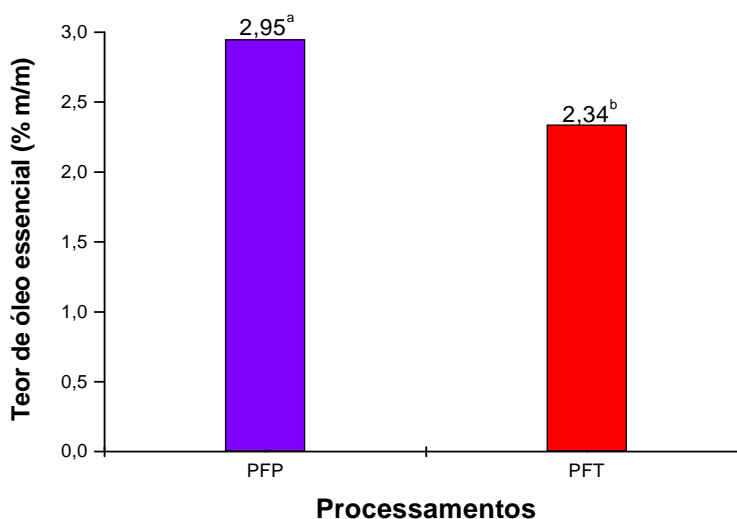


Figura 11. Teor de óleo essencial extraído de plantas de melaleuca submetidas a processamentos diferentes: planta fresca triturada (PFT) e planta fresca picada manualmente (PFP). Médias seguidas de letras distintas diferem significativamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação: 7.55%

Pode-se observar que o tipo de processo de moagem influenciou significativamente no teor de óleo essencial (Figura 11). A planta fresca picada manualmente apresentou um teor de óleo de 2,95 % e a planta fresca triturada, 2,34 %. Esta diferença pode ser explicada pela menor quantidade de caule na planta fresca picada manualmente, sendo que o caule apresentou uma concentração de óleo significativamente menor em relação às folhas (SILVA, 2007).

Na Tabela 3 tem-se a composição química do óleo essencial extraído de planta fresca triturada (PFT), de planta fresca picada manualmente (PFP) e de planta fresca triturada submetido ao processo de secagem a diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80 °C).

Tabela 3. Composição química do óleo essencial extraído da planta fresca triturada (PFT), planta fresca picada manualmente (PFP) e planta fresca triturada submetida ao processo de secagem a diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80°C).

Sinal	Componentes do óleo	IK ²	PFT	PFP	Tratamentos de secagem ¹				
					40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
1	α-thujineno	926	0,62±0,03 ³	0,64±0,02	0,47±0,06	0,49±0,02	0,53±0,03	0,49±0,03	0,46±0,06
2	α-pineno	932	2,13±0,10	2,14±0,11	1,65±0,22	1,76±0,07	1,88±0,15	1,75±0,11	1,69±0,15
3	β-pineno	973	0,58±0,02	0,61±0,01	0,50±0,03	0,51±0,02	0,53±0,03	0,50±0,02	0,50±0,03
4	myrceno	991	0,71±0,03	0,77±0,02	0,61±0,04	0,62±0,02	0,65±0,03	0,62±0,03	0,62±0,04
5	α-phellandro	999	0,24±0,01	0,22±0,03	t	0,22±0,02	0,23±0,03	t	t
6	α-terpineno	1.013	8,63±0,33	7,78±1,52	5,82±1,54	7,33±0,64	8,04±0,80	6,91±1,13	6,45±1,92
7	p-cimeno	1.022	2,87±0,13	4,74±2,67	6,16±2,49	3,69±0,44	3,05±0,68	4,55±1,40	5,46±3,13
8	1,8 -cineol	1.028	3,25±0,11	4,27±0,07	3,23±0,10	3,13±0,17	3,23±0,08	3,07±0,15	3,24±0,23
9	γ-terpineno	1.060	19,68±0,66	19,04±2,19	15,55±2,40	17,52±0,92	18,61±1,03	16,98±1,51	16,57±2,82
10	terpinoleno	1.085	3,17±0,07	3,11±0,21	2,63±0,31	2,88±0,10	3,00±0,12	2,82±0,18	2,79±0,35
11	cis pineno hydrate	1.122	0,44±0,02	0,00	0,55±0,07	0,00	0,47±0,02	0,51±0,08	0,53±0,08
12	trans pineno hydrate	1.142	0,00	0,00	0,34±0,01	0,00	0,30±0,01	0,0	0,31±0,01
13	terpinen-4-ol	1.180	43,31±0,19	43,90±0,50	46,85±1,24	47,72±1,34	46,34±0,28	46,92±0,09	47,19±0,81
14	α-terpineol	1.191	3,12±0,08	3,37±0,06	3,48±0,11	3,46±0,03	3,40±0,03	3,44±0,04	3,46±0,05
16	α-gurjineno	1.402	0,25±0,03	0,17±0,02	0,25±0,01	t	0,22±0,05	0,21±0,04	0,22±0,06
17	E cariofileno	1.412	0,25±0,03	0,17±0,02	0,23±0,01	t	t	0,20±0,03	0,21±0,03
18	aromadentre	1.433	1,23±0,08	0,91±0,10	1,27±0,12	0,99±0,20	0,99±0,21	1,11±0,22	1,12±0,30
19	α-guaieno	1.438	t	0,00	t	t	t	0,0	t
21	allo aromadentre	1.455	0,42±0,03	0,31±0,04	0,42±0,03	0,35±0,09	0,34±0,06	0,37±0,07	0,37±0,09
24	ledeno	1.489	1,15±0,10	0,83±0,12	1,06±0,06	0,94±0,18	0,94±0,14	0,98±0,09	0,94±0,13
26	δ-Cadineno	1.517	0,69±0,09	0,71±0,13	0,98±0,04	0,83±0,18	0,82±0,12	0,88±0,14	0,87±0,20
27	cadina-1,4-dieno	1.527	t	0,00	0,00	t	t	0,0	0,00
30	spathulenol	1.573	0,27±0,03	0,24±0,04	0,35±0,03	0,22±0,07	0,29±0,05	0,32±0,05	0,31±0,07
31	globulol	1.580	1,58±0,11	1,25±0,16	1,84±0,05	1,70±0,35	1,62±0,21	1,82±0,20	1,72±0,27
32	viridiflorol	1.587	1,09±0,08	0,89±0,13	1,25±0,03	1,18±0,23	1,13±0,13	1,25±0,12	1,17±0,17
Total identificação (%)			95,5	95,6	96,6	95,7	96,2	95,7	96,1
Tempo de secagem (min)					135	80	55	42	30

¹ Média de três extrações independentes.

² Índices de Kovats calculados pelos tempos de retenção obtidos pelas análises no CG-EM.

³ Média ± Desvio Padrão.

t Quantidades traço.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que os componentes majoritários do óleo essencial de melaleuca estudado foram terpinen-4-ol, γ -terpineno e α -terpineno, apresentando somados, teores maiores que 68 % do total. Os componentes *p*-cimeno, 1,8-cineol, terpinoleno e α -terpineol apresentaram concentração superior a 3 %. Seguidos por outros componentes como α -pineno (1,65 %) e globulou (1,62 %). Observa-se ainda que, em todos os tratamentos de secagem, o total de componentes identificados no óleo essencial foi superior a 95,5 %. A composição química do óleo essencial de melaleuca contém elevado teor de terpinon-4-ol também foi observada nos estudos de HAUSEN et al., (1999); KIM et al., (2004); SILVA, (2007).

Na Tabela 4 estão descritos os componentes majoritários do óleo essencial encontrados depois de submetido à planta fresca triturada às temperaturas do ar de secagem e comparados com o padrão ISO 4730 (International Standards Organization, 1996).

Tabela 4. Componentes majoritários do óleo essencial encontrado na planta triturada depois de submetida às temperaturas do ar de secagem e comparados com o padrão ISO 4730.

Composição	Composição (%)	
	Padrão ISO 4730	Faixa encontrada após a secagem (40 a 80 °C)
α -pineno	1 - 6	1,6 a 1,9
α -terpineno	5 - 13	5,8 a 8,0
<i>p</i> -cimeno	0,5 - 12	3,0 a 6,2
1,8 -cineol	$\leq 15^a$	3,1 a 3,2
γ -terpineno	10 - 28	15,6 a 18,6
terpinoleno	1,5 - 5	2,6 a 3,0
terpinen-4-ol	$\geq 30^b$	46,3 a 47,7
α -terpineol	1,5 - 8	3,4 a 3,5

^a Limite mínimo definido

^b Nenhum limite superior é fixo

Pela Tabela 4, os componentes majoritários do óleo essencial de melaleuca submetidos às temperaturas do ar de secagem de 40 a 80 °C ficaram dentro Padrão ISO 4730, ou seja, o processo de secagem não afetou a

composição do óleo essencial das amostras estudadas, mantendo-se a qualidade com relação à planta fresca triturada.

Observa-se na Tabela 4 que a planta seca triturada apresentou uma concentração de 1,8-cineol abaixo de 15 % e terpinen-4-ol acima de 30 % indicando ser uma fonte promissora de óleo essencial para uso na indústria de produtos de cosméticos em geral (SILVA, 2007).

Na Tabela 5 é apresentado o teor dos principais constituintes químicos do óleo essencial extraído de planta triturada de melaleuca submetida à secagem, sob diferentes temperaturas do ar.

Tabela 5. Teor dos principais constituintes químicos do óleo essencial extraído da planta triturada de melaleuca submetida à secagem, sob diferentes temperaturas do ar.

Tratamentos	Componentes do óleo (% Relativo)							
	α -pineno	α -terpineno	<i>p</i> -cimeno	1,8-cineol	γ -terpineno	terpinoleno	terpinen-4-ol	α -terpineol
PFT (Testemunha)	2,13	8,63	2,87	4,27	19,68	3,17	43,31	3,12
40 °C	1,65 *	5,82 ^{ns}	6,17 ^{ns}	3,23 ^{ns}	15,55 ^{ns}	2,63 ^{ns}	46,84 *	3,48 *
50 °C	1,76 *	7,33 ^{ns}	3,69 ^{ns}	3,13 ^{ns}	17,53 ^{ns}	2,88 ^{ns}	47,72 *	3,46 *
60 °C	1,88 ^{ns}	8,04 ^{ns}	3,05 ^{ns}	3,23 ^{ns}	18,61 ^{ns}	3,00 ^{ns}	46,34 *	3,40 *
70 °C	1,75 *	6,91 ^{ns}	4,55 ^{ns}	3,07 ^{ns}	16,98 ^{ns}	2,82 ^{ns}	46,92 *	3,43 *
80 °C	1,68 *	6,45 ^{ns}	5,46 ^{ns}	3,25 ^{ns}	16,57 ^{ns}	2,79 ^{ns}	47,19 *	3,46 *
Coef. de variação	7,86	16,51	41,03	4,63	10	7,51	1,79	1,86
DMS	0,29						1,69	0,13

^{ns} Não significativo e * Significativo em relação à testemunha (planta fresca triturada) pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Observando-se a Tabela 5, verifica-se que a planta fresca triturada apresentou teor de α -pineno em média 19,72% superior à planta seca triturada nas diferentes temperaturas ($P < 0,05$). Porém, não houve diferença significativa entre a planta fresca triturada e a planta seca triturada a 60 °C. Este decréscimo pode ser atribuído à oxidação do α -pineno durante o processo de secagem, convertendo-se em p -cimeno, o que pode explicar também o aumento do teor de p -cimeno embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre os tratamentos de secagem quando foram comparados à planta fresca triturada. A oxidação dos terpenos (α -pineno, α -terpineno, γ -terpineno, terpinoleno) a p -cimeno também foi observada por HAUSEN, (1999) e SHABIR, (2005) como observado na Figura 12.

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre a planta fresca triturada e seca a diferentes temperaturas para os constituintes α -terpineno, p -cimeno, 1,8-cineole, γ -terpineno e terpinoleno.

A planta fresca triturada apresentou menor teor dos constituintes terpinen-4-ol (43,31%) e α -terpineol (3,12%) em relação à planta triturada nas diferentes temperaturas ($P < 0,05$). O aumento do teor dos constituintes terpinen-4-ol e α -terpineol na planta seca triturada estar relacionada à volatilização em maior quantidade dos outros constituintes presentes na planta.

Em estudos de secagem de diversas espécies, realizados por outros autores, também foram observadas modificações nos componentes dos óleos essenciais em função da secagem (RADÜNZ et al., 2002b; BLANK et al., 2005; SOARES et al., 2007).

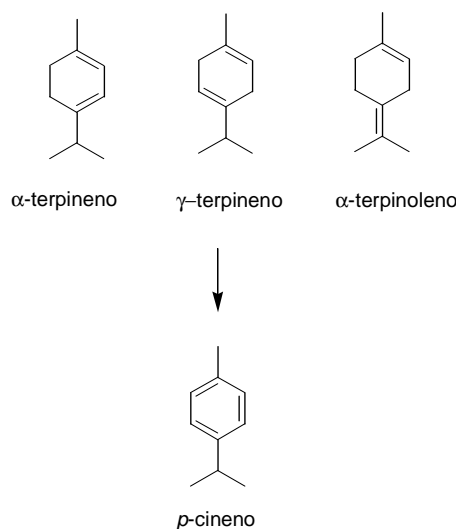


Figura 12. Reação de oxidação de α, γ terpineno, α terpinoleno.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. Conclusões

Tendo-se como referência as condições de secagem de plantas trituradas de melaleuca em que este trabalho foi conduzido, pôde-se concluir que:

1. O teor de óleo essencial extraído da planta seca triturada não foi afetado pelas diferentes temperaturas de secagem, porém, a secagem provocou redução no teor de óleo essencial em relação à planta fresca triturada;
2. A secagem provocou aumento significativo no teor de terpinen-4-ol e α -terpineol e decréscimo significativo no teor de α -pineno em relação à planta fresca triturada.
3. A planta triturada pode ser seca com temperatura do ar de secagem de até 80 °C, sem alterar significativamente a qualidade do óleo essencial.

5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

1. Avaliar os teores de óleo e constituintes contidos na plantas armazenadas durante todo o experimento.
2. Avaliar o consumo energético para as diferentes temperaturas de secagem, uma vez que o teor de óleo essencial, extraído da planta seca triturada, não foi afetado pelas diferentes temperaturas de secagem.
3. Além da extração do óleo e quantificação dos constituintes, recomenda-se o estudo das possíveis oxidações dos α -pineno, α -terpineno, γ -terpineno, terpinoleno e *p*-cimeno na planta e no óleo extraído, buscando a identificação dos possíveis promotores das oxidações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography mass spectroscopy**. Illinois: Copyright, 1995. 469 p.

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

BARBOSA, F.F.; BARBOSA, L.C.A.; MELO, E.C.; BOTELHO, F.M.; SANTOS, R.H.S. Influencia da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia Alba* (Mill) N. E. Brown. **Química Nova**. v. 29, n. 6, p. 1221-1225, 2006.

BLANK, A.F.; FONTES, S.M.; CARVALHO FILHO, J.L.S.; ALVES, P.B.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M.C.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; RODRIGUES, M.O. Influência do horário de colheita e secagem de folhas no óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) cultivada em dois ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n. 1, p. 73-78, 2005.

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

BRASIL, 2006. Portaria nº 971 de 3 de maio de 2006. Aprova a política nacional de práticas integrativas e complementares no sistema único de saúde. **Diário Oficial da União**; Brasília, 4 de maio de 2006a.

BRASIL, 2006. Decreto nº 5813, de 22 de junho de 2006. Aprova a Política Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de junho de 2006b.

BROPHY, J. J., DAVIES, N. M., SOUTHWELL, I. A., STIFF, I. A. e WILLIAMS, L. R. Gas chromatography quality control for oil of melaleuca terpin-4-ol type (Australian tea tree). **Journal Agricultural Food Chemistry**, v.37, n.5, p. 1330-1335, 1989.

CALDEFIE-CHEZET, F.; FUSILLIER, C.; JARDE, T.; LAROYE, H.; VASSON, M.P.; GUILLOT, J. Potential anti-inflammatory effects of Melaleuca alternifolia essential oil on human peripheral blood leukocytes. **Phytotherapy Research**. v. 20, p. 364-370. 2006.

CARSON, C.F.; HAMMER, K. A.; RILEY, T.V. Melaleuca alternifolia (Tea tree) oil: a Review of Antimicrobial and Other Medicinal Properties. **Clinical Microbiology Reviews**. v. 19, p. 50-62, 2006.

CASTRO, C.; SILVA, M.L.; PINHEIRO, A.L.; JACOVINE, L.A.G. Análise econômica do cultivo e extração do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **R. Árvore**, Viçosa-MG. v. 29, n. 2, p. 241-249, 2005.

CASTRO, H. G. de; FERREIRA, F. A. **Contribuição ao estudo das Plantas Medicinais : carqueja (*Baccharis genistelloides*)**. Viçosa-MG. 2001. 102p.

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

FARIAS, M. R. **Avaliação da qualidade de matérias-primas vegetais**. In: SIMÕES C. M. O. et al. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 5 ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora de UFSC, 2003.

HALCÓN, L.; MILKUS, K. Staphylococcus aureus and wounds: A review of tea tree oil as a promising antimicrobial. **AM J Infect Control**. v. 32, n.º 7, p. 402-408, 2004.

HAMMER, K.A.; CARSON, C.F.; RILEY, T.V.; NIELSEN, J.B. A review of the toxicity of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil. **Food and Chemical Toxicology**. v. 44, p. 616-625, 2006.

HAUSEN, B. A.; REICHLING, J.; HARKENTHAL, M. Degradation Products of Monoterpenes Are the Sensitizing Agents in Tea Tree Oil. **American Journal of Contact Dermatitis**, v. 10, n. 2 (June), p. 68-77, 1999.

International Standards Organization. Oil of melaleuca, Terpinen-4-ol Type (Tea Tree Oil). **International Standard ISO 4730**: 1996(E); International Standards Organization: Geneva, Switzerland, 1996.

IORI, A.; grazioli, D.; gentile, E.; marano, G.; salvatore, G. Acaricidal properties of the essential oil of Melaleuca alternifolia Cheel (tea tree oil) against nymphs of Ixodes ricinus. **Veterinary Parasitology**. v. 129, p. 173-176. 2005.

JOLY, A. B. Botânica – **Introdução à taxonomia vegetal**. 11. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1993. 777 p.

KIM, H.J.; CHEN, F.; WU, C. WANG, X. CHUNG, H. Y.; JIN, Z. Evaluation of antioxidant activity of Australian tea tree (*Melaleuca alternifolia*) oil and its components. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. p.2849-2854. 2004.

MARTINAZZO, A. P. **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf**. Viçosa, MG: UFV. p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

MARTINS, P.M; MELO, E.C.; CORRÊA, P.C.; SANTOS, R.H. Secagem de capim-limão em camada delgada nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C com

duas velocidades do ar de secagem: 0,5 e 1,0 m.s⁻¹. **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2000.**

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

MURTAGH, J. Tea Tree Oil. The new rural industries-a handbook for farmers and investors. Rural industries research & development corporation. 1998. Disponível em: <<http://www.rirdc.gov.au/pub/tto5yr.htm>>. Acesso: 08/02/2008.

OLIVEIRA, T. T. de. **Avaliação toxicológica, caracterização de atividades biológicas, toxicologia e controle de qualidade do fitoterápico Larix.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, [s. n.], 2002. 64p.

RADÜNZ, L.L.; MELO, E.C.; BARBOSA, L.C.A.; SANTOS, R.H.S.; BARBOSA, F.B.; MARTINAZZO, A.P. Influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*Mentha X Villosa* Huds). **Revista Engenharia na Agricultura**, v.14, n.4, p.250-257, 2006.

RADÜNZ, L.L.; MELO, E.C.; BERBERT, P.A.; BARBOSA, L.C.A.; ROCHA, R.P.; DE GRANDI, A.,M. Efeitos da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade do óleo essencial de alecrim pimenta (*Lippia sidoides* Cham) **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.27, n.2, p.09-13, 2002b.

RADÜNZ, L.L.; MELO, E.C.; ROCHA, R.P. SANTOS, R.H.S. Secagem de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) em secador de bandejas. **XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2002.** Salvador-BA. 2002a.

RADÜNZ, L. L. **Secagem de alecrim pimenta, guaco e hortelã comum sobre diferentes temperaturas e sua influência na quantidade e qualidade dos princípios ativos.** Viçosa, MG: UFV. 90p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.

RAMACCIATO, J.C. **Atividade antimicrobiana de soluções à base de alho (*Allium sativum*), óleo de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) e clorexidina sobre microrganismos totais e estreptococos do grupo mutans. Estudo in vivo.** Piracicaba-SP: UNICAMP. 88 p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2000.

SAEG – **Sistema para Análises Estatísticas.** Versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes, Viçosa, MG, 2007.

SHABIR, G.A. Method development and validation for the GC-FID assay of p-cymene in tea tree oil formulation. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. v.39, p. 681-684, 2005.

SILVA, C.J. da. **Morfoanatomia foliar e composição química dos óleos essenciais de sete espécies de *Melaleuca* L. (Myrtaceae).** Viçosa-MG: UFV.

81p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SILVA, F. da; CASALI, V. W. D. **Plantas Medicinais e aromáticas: Pós-Colheita e Óleos Essenciais**. Viçosa-MG: UFV, DFT, 2000. 135p.

SILVA, S. R. S. **Composição química, avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial e deficiência de *Melaleuca alternifolia* Cheel crescida no Brasil**. Viçosa-MG: UFV. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. DE A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre característica de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SIMÕES, R.P.; GROppo, F. C.; SARTORATO, A.; FIOl, F.S.D.; MATTOS FILHO, T.R.; RAMACCIATO, J.C.; RODRIGUES, M.V.N. Efeito do óleo de *melaleuca alternifolia* sobre a infecção estafilocócica. **Revista Lecta**, Bragança Paulista, v. 20, n. 2, p. 143-152, 2002.

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

VENSKUTONIS, P. R. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris*.) and sage (*Salvia officinalis* L.). **Food Chemistry**, v. 59, n.2, p.219-227, 1997.

VIEIRA, T. R. **Anatomia foliar de espécies do gênero *Melaleuca* L. e caracterização da composição química de *Melaleuca alternifolia* Cheel (Myrtaceae)**. Viçosa-MG: UFV. 122 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

ANEXOS

1 - Dados obtidos de extração de óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel)

Tratamento de PFP

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
100,0000	0,52	1,3316	47,6131	2,80			
100,0000	0,51	1,3843	48,6700	2,84	2,95	0,2293	7,767
100,0000	0,52	1,5310	47,6131	3,22			

Tratamento de PFT

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
100,0000	0,52	1,1137	48,2117	2,31			
100,0000	0,52	1,0567	48,2117	2,19	2,34	0,1603	6,8586
100,0000	0,52	1,2014	47,8846	2,51			

Tratamento de 40°C – 1º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,11	0,9405	44,3894	2,12			
50,0000	0,11	0,9114	44,3894	2,05	2,14	0,09	4,43
50,0000	0,12	0,9879	44,1034	2,24			

Tratamento de 40°C – 2º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,10	0,8023	44,7765	1,79			
50,0000	0,10	0,9699	44,7765	2,17	1,93	0,21	10,71
50,0000	0,11	0,8174	44,7286	1,83			

Tratamento de 40°C – 3º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,10	0,8768	45,1280	1,94			
50,0000	0,10	0,9580	45,1280	2,12	2,06	0,10	4,85
50,0000	0,10	0,9511	45,1280	2,11			

Tratamento de 50°C – 1º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,11	0,9498	44,5360	2,13			
50,0000	0,11	0,8793	44,5360	1,97	2,06	0,08	3,90
50,0000	0,11	0,9255	44,5360	2,08			

Tratamento de 50°C – 2º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,11	0,8362	44,3500	1,89			
50,0000	0,11	0,7959	44,3500	1,79	1,97	0,23	11,82
50,0000	0,11	0,9905	44,3000	2,24			

Tratamento de 50°C – 3º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,12	0,8591	44,2460	1,94			
50,0000	0,12	0,9364	44,2460	2,12	2,05	0,09	4,63
50,0000	0,12	0,9263	44,2460	2,09			

Tratamento de 60°C – 1º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,10	0,7522	44,8149	1,68			
50,0000	0,09	0,7854	45,2531	1,74	1,78	0,12	6,91
50,0000	0,10	0,8577	44,8149	1,91			

Tratamento de 60°C – 2º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,11	0,8564	44,4218	1,93			
50,0000	0,11	0,9730	44,4218	2,19	2,08	0,13	6,47
50,0000	0,11	0,9365	44,4218	2,11			

Tratamento de 60°C – 3º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,11	0,8959	44,4900	2,01			
50,0000	0,11	0,8679	44,4900	1,95	1,96	0,04	2,28
50,0000	0,11	0,8574	44,4900	1,93			

Tratamento de 70°C – 1º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,09	0,9266	45,5432	2,03			
50,0000	0,09	0,8934	45,5432	1,96	1,93	0,12	6,10
50,0000	0,09	0,8215	45,5432	1,80			

Tratamento de 70°C – 2º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,10	0,7758	45,0250	1,72			
50,0000	0,10	0,7907	45,0250	1,76	1,80	0,10	5,50
50,0000	0,10	0,8592	45,0250	1,91			

Tratamento de 70°C – 3º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,11	0,8365	44,4950	1,88			
50,0000	0,11	0,7919	44,4950	1,78	1,85	0,06	3,42
50,0000	0,11	0,8440	44,4950	1,90			

Tratamento de 80°C – 1º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,09	0,8052	45,7442	1,7602			
50,0000	0,09	0,9210	45,7442	2,0134	1,94	0,16	8,07
50,0000	0,09	0,9362	45,7442	2,0466			

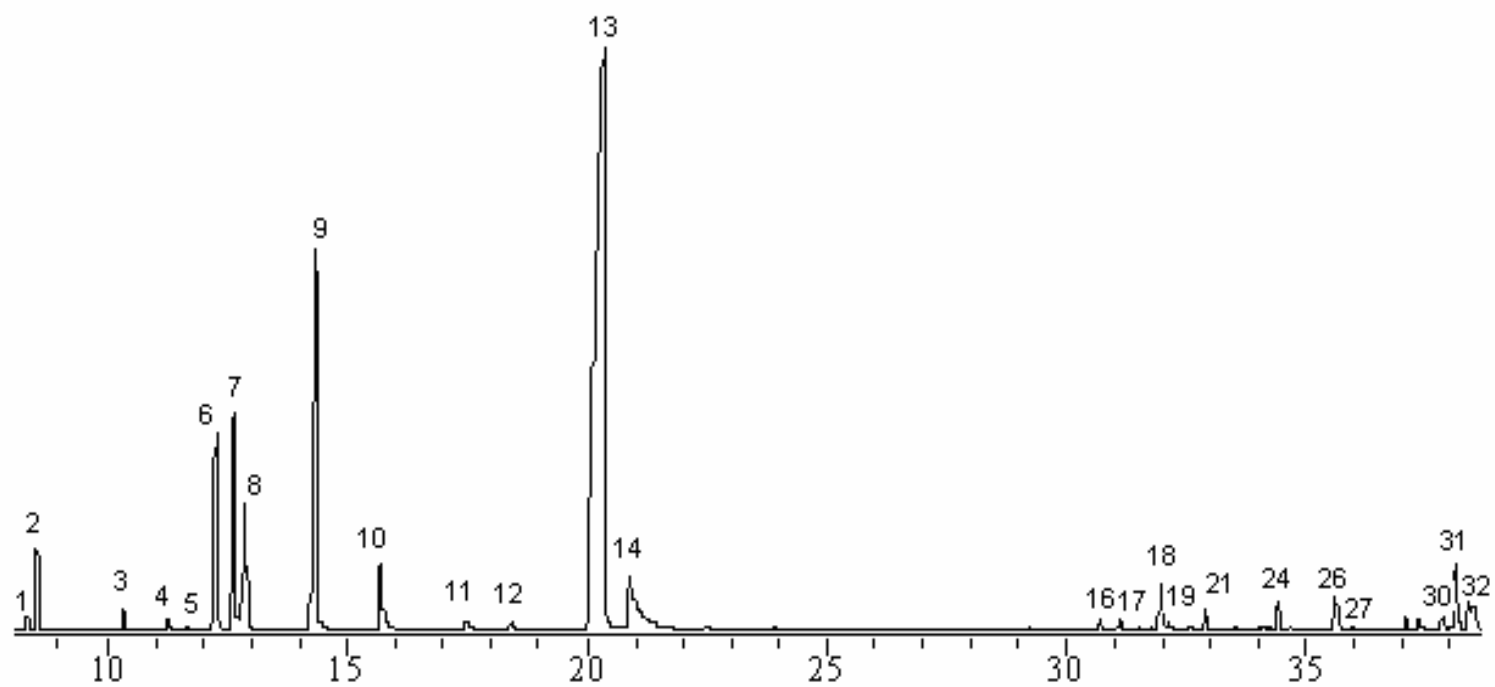
Tratamento de 80°C – 2º teste de secagem

Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,11	0,8991	44,7081	2,01			
50,0000	0,11	0,9657	44,7081	2,16	2,04	0,10	5,11
50,0000	0,11	0,8758	44,7081	1,96			

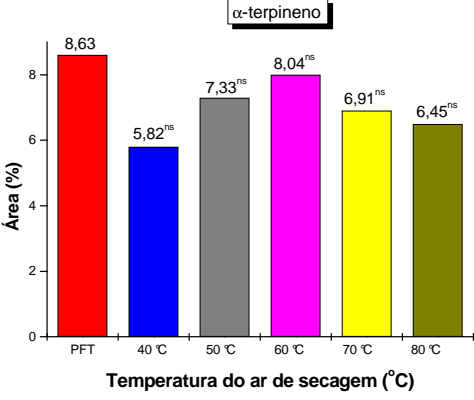
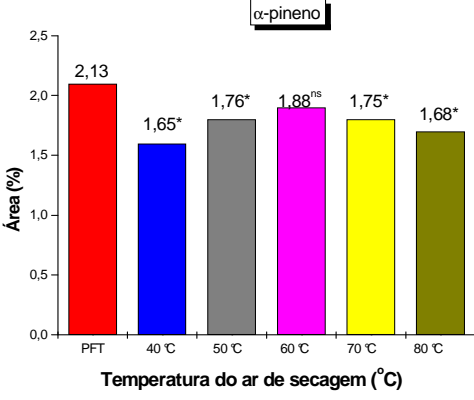
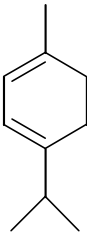
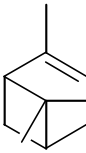
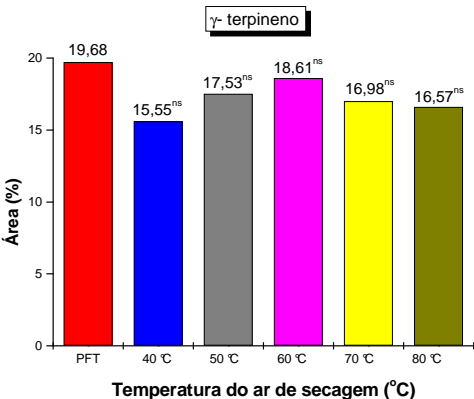
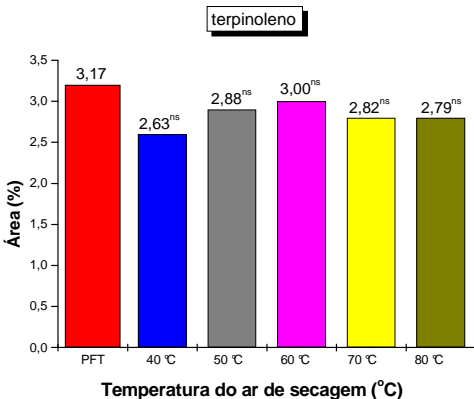
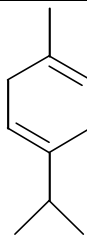
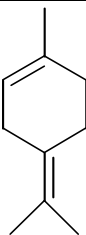
Tratamento de 80°C – 3º teste de secagem

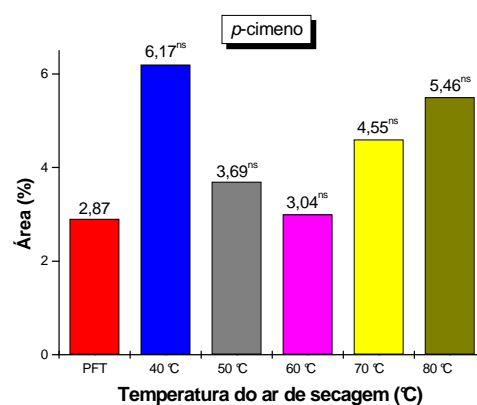
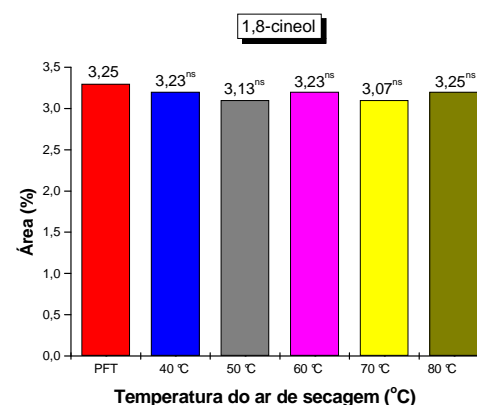
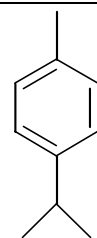
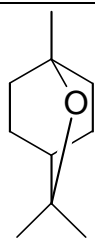
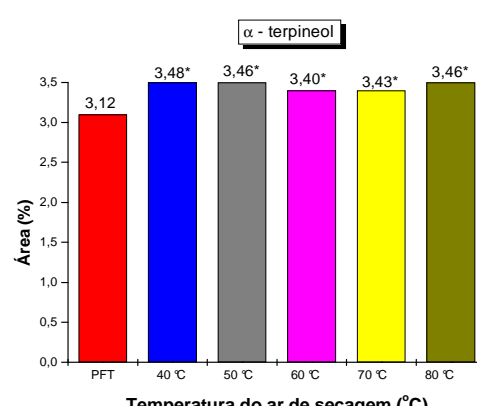
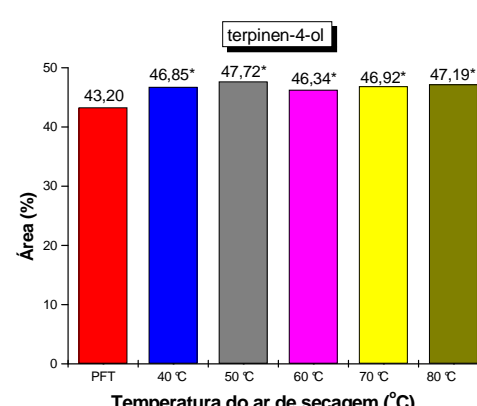
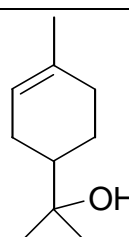
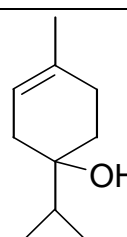
Massa Total (g)	Teor de água (decimal, b.u.)	Massa de óleo (g)	Massa seca (g)	Teor de óleo (%)	Teor de óleo medio (%)	Desvio padrão	Coefficiente variação
50,0000	0,10	0,9181	45,1400	2,03			
50,0000	0,10	0,9644	45,1400	2,14	2,06	0,07	3,47
50,0000	0,10	0,9024	45,1400	2,00			

2 - Cromatograma do óleo essencial de melaleuca estudado



3 - Gráficos dos teores, fórmulas estruturais e propriedades físicas dos principais constituintes químicos do óleo essencial, extraído das plantas trituradas de melaleuca submetida à secagem, sob diferentes temperaturas do ar.

 <p>α-terpineno</p>	 <p>α-pineno</p>																		
 <p>α-terpineno</p>	 <p>α-pineno</p>																		
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Densidade</td> <td>=</td> <td>0,847 g/ml</td> </tr> <tr> <td>Massa Molar</td> <td>=</td> <td>136,24 g/mol</td> </tr> <tr> <td>Ponto de Ebulição</td> <td>=</td> <td>182 °C</td> </tr> </tbody> </table>	Densidade	=	0,847 g/ml	Massa Molar	=	136,24 g/mol	Ponto de Ebulição	=	182 °C	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Densidade</td> <td>=</td> <td>0,850 g/ml</td> </tr> <tr> <td>Massa Molar</td> <td>=</td> <td>136,24 g/mol</td> </tr> <tr> <td>Ponto de Ebulição</td> <td>=</td> <td>154-157 °C</td> </tr> </tbody> </table>	Densidade	=	0,850 g/ml	Massa Molar	=	136,24 g/mol	Ponto de Ebulição	=	154-157 °C
Densidade	=	0,847 g/ml																	
Massa Molar	=	136,24 g/mol																	
Ponto de Ebulição	=	182 °C																	
Densidade	=	0,850 g/ml																	
Massa Molar	=	136,24 g/mol																	
Ponto de Ebulição	=	154-157 °C																	
 <p>γ-terpineno</p>	 <p>terpinoleno</p>																		
 <p>γ-terpineno</p>	 <p>terpinoleno</p>																		
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Densidade</td> <td>=</td> <td>0,847 g/ml</td> </tr> <tr> <td>Massa Molar</td> <td>=</td> <td>136,24 g/mol</td> </tr> <tr> <td>Ponto de Ebulição</td> <td>=</td> <td>182°C</td> </tr> </tbody> </table>	Densidade	=	0,847 g/ml	Massa Molar	=	136,24 g/mol	Ponto de Ebulição	=	182°C	<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									
Densidade	=	0,847 g/ml																	
Massa Molar	=	136,24 g/mol																	
Ponto de Ebulição	=	182°C																	

					
 <p style="text-align: center;"><i>p</i>-cimeno</p>		 <p style="text-align: center;">1,8-cineol</p>			
Densidade	=	0,854 g/ml	Densidade	=	0,925 g/ml
Massa Molar	=	134,22 g/mol	Massa Molar	=	154,25 g/mol
Ponto de Ebulição	=	47 °C	Ponto de Ebulição	=	176-177 °C
					
 <p style="text-align: center;">α-terpineol</p>		 <p style="text-align: center;">terpinen-4-ol</p>			
Densidade	=	0,936 g/ml	Densidade	=	0,928 g/ml
Massa Molar	=	154,25 g/mol	Massa Molar	=	154,25 g/mol
Ponto de Ebulição	=	214-224 °C	Ponto de Ebulição	=	212 °C

^{ns} Não significativo e * Significativo em relação à testemunha (plantas fresca triturada) pelo teste de Dunnett a 5% de significância.