

**CRESCIMENTO DE PLANTAS, TEOR E
COMPOSIÇÃO QUÍMICA VOLÁTIL DE *Mentha
arvensis* L. EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE E
QUALIDADE DE LUZ, MÉTODOS DE
SECAGEM E TEMPOS DE EXTRAÇÃO.**

JORGE HENRIQUE CHAGAS

2009

JORGE HENRIQUE CHAGAS

**CRESCIMENTO DE PLANTAS, TEOR E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA VOLÁTIL DE *Mentha arvensis* L. EM FUNÇÃO DA
INTENSIDADE E QUALIDADE DE LUZ, MÉTODOS DE
SECAGEM E TEMPOS DE EXTRAÇÃO.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos
da Biblioteca Central da UFLA**

Chagas, Jorge Henrique.

Crescimento de plantas, teor e composição química volátil de
Menta arvensis L. em função da intensidade e qualidade de luz,
métodos de secagem e tempo de extração / Jorge Henrique Chagas.
– Lavras : UFLA, 2009.

126 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: José Eduardo Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. Planta medicinal. 2. Óleo essencial. 3. Cromatografia gasosa.
4. Secagem. 5. Luz. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.82

JORGE HENRIQUE CHAGAS

**CRESCIMENTO DE PLANTAS, TEOR E COMPOSIÇÃO
QUÍMICA VOLÁTIL DE *Mentha arvensis* L. EM FUNÇÃO DA
INTENSIDADE E QUALIDADE DE LUZ, MÉTODOS DE
SECAGEM E TEMPOS DE EXTRAÇÃO.**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção
do título de “Doutor”.

APROVADA em 26 de outubro de 2009

Profa. Dra Suzan Kelly Vilela Bertolucci	UFLA
Prof. Dr. Ricardo Monteiro Corrêa	IFMG/BAMBUÍ
Prof. Dr. Luciano Donizete Gonçalves	IFMG/BAMBUÍ
Prof. Dr. Felipe Campos Figueiredo	IFSMG/MUZAMBINHO

Prof. PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais, Clarindo e Dorlinda

Meus irmãos, André e Pricila

Meus avós, Augusto (*in memoriam*) e Maria (*in memoriam*)

Jorge Batista (*in memoriam*) e Tereza,

DEDICO.

Aos meus tios, tias e primos.

Aos grandes amigos: Alexandre, Assis (Caruncho),

Carlos Eduardo (Dú), Fábio, Helder, Luiz Alberto,

Renato e Warley (*in memoriam*).

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço todas as pessoas que me ajudaram a trilhar este caminho.

Ao professor José Eduardo Brasil Pereira Pinto, pela orientação, amizade e respeito.

A profa. Suzan Kelly Vilela Bertolucci, pela coorientação e pelos ensinamentos valiosos durante a graduação e o mestrado.

Aos professores Ricardo Monteiro Corrêa, Luciano Donizete Gonçalves e Felipe Campos Figueiredo pela participação na banca examinadora, dedicação e colaboração.

Aos professores e funcionários do Departamento de Agricultura, em especial na secretaria a Marli.

Ao Luís, Dico e Sr. Geraldo, do Horto de Plantas Medicinais da UFLA, pela amizade e grande ajuda na condução dos experimentos.

A todo o pessoal do Laboratório de Cultura e Tecidos e Plantas Medicinais da UFLA, colegas de doutorado, mestrado e alunos de iniciação científica, em especial ao funcionário e grande amigo Evaldo. Aos meus colegas, formandos dez. 2004, em especial à turma de Agronomia.

Aos professores de minha vida estudantil, em especial os de minha terra natal, Morada Nova, MG, têm a sua contribuição.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos. Ao CNPq e a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG).

SUMÁRIO

Página

LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS.....	i
RESUMO GERAL.....	ii
GENERAL ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1.....	01
1 Introdução Geral.....	02
2 Referencias Bibliográficas.....	07
CAPÍTULO 2: Crescimento da <i>Mentha arvensis</i> L. cultivada sob malhas fotoconversoras.....	10
1 Resumo.....	11
2 Abstract.....	12
3 Introdução.....	13
4 Material e Métodos.....	15
5 Resultados e Discussão.....	19
6 Conclusões.....	30
7 Agradecimentos.....	30
8 Referencias Bibliográficas.....	31
CAPÍTULO 3: Teor, rendimento e composição do óleo essencial de <i>Mentha arvensis</i> L. cultivada sob malhas fotoconversoras.....	35
1 Resumo.....	36
2 Abstract.....	37
3 Introdução.....	38
4 Material e Métodos.....	40
5 Resultados e Discussão.....	44
6 Conclusões.....	54
7 Agradecimentos.....	55
8 Referencias Bibliográficas.....	55
CAPÍTULO 4: Crescimento, teor e rendimento de óleo essencial em plantas de <i>Mentha arvensis</i> L. sob diferentes malhas e níveis de sombreamento.....	61
1 Resumo.....	62
2 Abstract.....	63

3 Introdução.....	64
4 Material e Métodos.....	66
5 Resultados e Discussão.....	70
6 Conclusões.....	83
7 Agradecimentos.....	84
8 Referencias Bibliográficas.....	84

CAPÍTULO 5: Otimização do tempo de extração, métodos e temperaturas de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de *Mentha arvensis* L.....

1 Resumo.....	90
2 Abstract.....	91
3 Introdução.....	92
4 Material e Métodos.....	94
5 Resultados e Discussão.....	99
6 Conclusões.....	118
7 Agradecimentos.....	118
8 Referencias Bibliográficas.....	119

Considerações Finais.....	125
---------------------------	-----

LISTA DE ABREVIATURAS SIGLAS E SÍMBOLOS

AFE	Área foliar específica;
AFT	Área foliar total;
BSC	Biomassa seca dos caules;
BSF	Biomassa seca das folhas;
BSPA	Biomassa seca da parte aérea;
BSR	Biomassa seca das raízes e estolões;
BST	Biomassa seca total;
BSR/BSPA	Razão biomassa seca das raízes e estolões e biomassa seca da parte aérea;
CV	Coefficiente de variação;
PEF	Peso específico foliar;
RAF	Razão da área foliar;
RPF	Razão do peso foliar;
Tp	Teor de óleo essencial por peso;
Tv	Teor de óleo essencial por volume;

RESUMO GERAL

CHAGAS, Jorge Henrique. **Crescimento de plantas, teor e composição química volátil de *Mentha arvensis* L. em função da intensidade e qualidade de luz, métodos de secagem e tempos de extração.** 2009. 126 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

A hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L.) é uma espécie produtora de óleo essencial pertencente à família Lamiaceae. É também bastante utilizada nas indústrias farmacêutica, alimentícia e de aromas. Objetivou-se avaliar o crescimento de plantas, o teor, o rendimento e a composição química volátil de *M. arvensis*, em função da intensidade e da qualidade espectral da luz transmitida através do emprego de malhas, métodos de secagem e tempos de extração. Os experimentos foram conduzidos na cidade de Lavras, região sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. As plantas tiveram seu crescimento mais afetado pela intensidade luminosa do que pela variação espectral, sendo os melhores índices de crescimento vegetativo, teor, rendimento e qualidade do óleo essencial observados em plantas cultivadas sob pleno sol. O cultivo realizado sob malhas não influenciou o crescimento, exceto para a variável área foliar total e nem afetou consideravelmente a composição química qualitativa e quantitativa do óleo essencial. Portanto, o cultivo de menta deve ser realizado a pleno sol, não sugerindo consórcio com espécies de porte que possam vir a sombreá-la. Com base nos resultados dos experimentos de secagem, recomenda-se a secagem à sombra ou em estufa, a 25°C ou 40°C, para preservar os teores e a composição química do óleo essencial. O tempo de extração de 30 minutos foi o mais efetivo para a extração do óleo, pois associou o menor tempo de extração com eficiência do rendimento extrativo e preservação da composição química do óleo essencial.

* Comitê Orientador: PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto – UFLA (Orientador), Dra. Suzan Kelly Vilela Bertolucci (Co-orientadora).

GENERAL ABSTRACT

CHAGAS, Jorge Henrique. **Plants growth, contents and chemical volatile composition of *Mentha arvensis* L. in function of its intensity and light quality, drying methods and extraction times.** 2009. 126 p. Thesis (Doctorate in Agronomy/Crop Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Mint (*Mentha arvensis* L.) is one of the essential oil producer specie from Lamiaceae family. It is also used in pharmacy, food and fragrance industries. The study aimed to evaluate the plants growth, contents, yield and volatile chemical composition of *M. arvensis* in function of its intensity and spectral light quality transmitted by the use of nets, drying methods and extraction times. The experiment were carried out in the Lavras city, southern state of Minas Gerais, Brazil. The plants growth was more affected by the light intensity than spectral variation having better vegetative growth indexes, contents, yield and essential oil quality observed in plants cultured under full sun light. The culture under shade did not influenced the growth except to the total foliar area and neither affected the quantitative and qualitative essential oil chemical composition. However, mint should grow under full sun light, in places that will not have others plants that could shade them. Based on the results from drying experiments, it is recommended that the plants must be dried in the shadow or in the oven at 25°C or 40°C to preserve the contents and the essential oil chemical composition. The extraction time of 30 minutes was the most effective for the oil extraction because can be associated to the shortest extraction time with the efficiency of the extractive yield and essential oil composition preservation.

* Guidance Committee: PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto – UFLA (Major Professor), Dra. Suzan Kelly Vilela Bertolucci (Co- Major Professor).

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Muitas plantas têm compostos economicamente importantes, tais como óleos essenciais, alcalóides, resinas, taninos, ceras e outros (Balandrin et al., 1985). Os compostos químicos presentes no organismo vivo são sintetizados e degradados por inúmeras reações e esse complexo sistema de reações químicas constitui o metabolismo dos organismos. Todos os organismos têm caminhos metabólicos semelhantes de produção de compostos essenciais à sobrevivência, como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, nucleotídeos e seus polímeros derivados (polissacarídeos, proteínas, lipídeos, RNA, DNA, etc.). Esses compostos são denominados metabólitos primários. Por outro lado, as plantas produzem ampla diversidade de compostos orgânicos que não têm função direta no seu crescimento e desenvolvimento e que são conhecidos como produtos secundários ou metabólitos secundários, que têm função ligada à ecologia da planta, isto é, ao relacionamento da planta com o meio ambiente. A riqueza de metabólitos secundários em plantas é, pelo menos parcialmente, explicável pelo simples fato de que os vegetais estão enraizados no solo e não podem responder ao meio ambiente pelas vias possíveis aos animais (Kays, 1991).

As mentas são plantas medicinais e aromáticas, com folhas e inflorescências ricas em óleos essenciais, cuja composição química depende de fatores genéticos e ambientais. Popularmente, as mentas são utilizadas para combater distúrbios estomacais, do aparelho respiratório e parasitas intestinais. Suas folhas podem ser utilizadas frescas, secas, na forma de chá, tintura ou como inalante. Os óleos essenciais das mentas são ricos em monoterpenos, como mentol, mentona, carvona e linalol, que constituem os principais componentes químicos de valor econômico. Esses óleos e seus constituintes são

extensivamente aplicados nas indústrias de alimentos, medicamentos, cosméticos, fragrâncias e do tabaco (Garlet, 2007).

Dentro do gênero *Mentha*, pertencente à família Lamiaceae, se destaca a hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L.) como grande produtora de óleo essencial rico em mentol. Tem como centro de origem o sul da China. A *M. arvensis* L. é uma planta herbácea, estolonífera, semiperene, de caule quadrangular, ramificado, podendo atingir até 90 cm de altura. Suas folhas são grandes, opostas, ovaladas e largas, pubescentes, com limbo mais ou menos plano e bordas serradas (Figura 1). A inflorescência é em espiga terminal e de flores violáceas. Seu sistema radicular é formado por numerosos "rizomas" que se espalham pela camada superficial do solo, emitindo raízes e novos rizomas, dos quais brotam novas plantas. Esses rizomas são quadrangulares, vigorosos e frágeis. Por meio dessa abundante perfilhação, a planta, em pouco tempo, passa a ocupar vasta área de terreno ao seu redor. Essas características fazem com que a hortelã seja altamente exigente em relação às questões de solo e clima, com especial referência à fertilidade do solo, ao suprimento de água, à concorrência de plantas daninhas, não resistindo à seca intensa, à geada prolongada e ao excesso de umidade (May et al., 2007).

No Brasil, a hortelã-japonesa passou a ser cultivada em pequena escala pelos primeiros imigrantes japoneses que a trouxeram para o interior paulista, no começo do século XX. As restrições comerciais impostas aos produtos japoneses durante a guerra sino-japonesa e a II Guerra Mundial causaram a escassez do óleo de menta e do mentol no mundo todo, elevando seus preços e estimulando os agricultores japoneses imigrados para o Brasil a cultivarem a menta em escala industrial (Lima & Mollan, 1952).

A menta foi muito cultivada no Brasil, entre 1963 e 1975, quando, então, começou a entrar em declínio, devido à queda nos preços, provocada pelo advento do mentol sintético e ao deslocamento da fronteira agrícola para o

Paraguai. Atualmente, se destacam a China, o Paraguai e o norte da Índia como os principais produtores de menta e mentol (Maia, 1994).



FIGURA 1 Aspecto da planta de *Mentha arvensis* L. com inflorescência.

Mesmo com o advento do mentol sintético, o mentol natural, extraído principalmente da hortelã-japonesa, continua tendo um papel muito importante devido à sua qualidade, simplicidade e baixo custo de produção nas regiões em que a espécie é cultivada. O mentol sintético é contaminado com moléculas tóxicas durante o processo de produção, tornando-o impróprio para o uso em vários produtos alimentícios e farmacêuticos, somente encontrando mercado quando há elevação excessiva no preço do produto natural. Outros componentes do óleo têm comportamento mercadológico semelhante (Broderick, 1993).

Tem-se registrado a influência de inúmeros fatores determinando variações por vezes consideráveis sobre o teor, a composição, bem como o acúmulo de biomassa em plantas medicinais. Essas variações podem ser provocadas por diferentes situações geográficas, como altitude, latitude, luz e fotoperíodo. Também apresentam oscilações em função de fatores individuais da própria planta, tais como idade, maturidade e posição do órgão na planta, condições de sanidade ou fatores genéticos. Variam ainda em função das condições climáticas locais (temperatura, umidade, precipitação, etc.) nas quais se desenvolvem. Respondem, por vezes, às práticas e aos manejos culturais a que estejam sujeitas e, principalmente, aos métodos de colheita e secagem (Duarte, 1984).

As plantas podem responder de maneira específica aos estímulos luminosos em relação a alguns eventos bioquímicos, fisiológicos e anatômicos, tais como fotossíntese, acúmulo de biomassa seca, produção de metabólitos secundários, variações na estrutura interna e crescimento da planta como um todo (Martins et al., 1995; Gonçalves, 2001). Várias técnicas para manipulação da qualidade da luz têm sido utilizadas. Alguns trabalhos mostram efeitos marcantes sobre a fotomorfogênese de plantas, seja pela iluminação artificial (Rajapakse & Kelly, 1992; Pons & Van Berkel, 2004), por coberturas de solo refletoras, tintas ou coberturas coloridas para casas de vegetação ou malhas que modificam a radiação por elas transmitida (Rajapakse et al., 1999; Shahak et al., 2004).

De modo diferente das casas de vegetação, as malhas exercem menor interferência sobre o microclima da planta, entretanto, são capazes de modificar tanto a quantidade como a qualidade da radiação solar transmitida, determinando modificações ópticas da dispersão e reflectância da luz (Oren-Shamir et al., 2001). Malhas termorrefletoras, recentemente lançadas no mercado brasileiro, por serem revestidas de alumínio e terem fios retorcidos, fazem com que a

temperatura do ambiente abaixo de 10% a 20%, fornecendo, em média, 15% de luz difusa ao ambiente, não afetando os processos fotossintéticos, promovendo, ainda, o sombreamento (Vischi Filho, 2002). Já as malhas coloridas representam um conceito agrotecnológico novo, que objetiva combinar a proteção física, juntamente com a filtragem diferencial da radiação solar, para promover respostas fisiológicas desejáveis, reguladas pela luz (Shahak et al., 2004).

A qualidade das plantas medicinais e aromáticas é obtida durante todo o processo produtivo (pré-colheita), desde a identificação botânica, a escolha do material vegetal, a época e o local de plantio, os tratamentos culturais, a determinação da época de colheita e os cuidados na colheita, de modo a garantir o máximo da qualidade para o produto. Não é possível melhorar esta qualidade por meio do processamento pós-colheita, mas, sim, minimizar suas perdas (Marchese & Figueira, 2005).

Assim, o processo de secagem consiste em reduzir o teor de água no material vegetal com o mínimo de perdas possíveis, conservando ao máximo as características da planta. Para plantas com substâncias termolábeis, deve-se verificar a temperatura segura para evitar a degradação do princípio ativo. A perda de princípio ativo, em muitos casos, não é evitada, mas cuidados no processo de secagem minimizam tal perda, sabendo que a presença da água após a colheita também levaria a perdas por degradação e deterioração (Marchese & Figueira 2005).

Embora se note crescente demanda no mercado de fitoterápicos, este tem sido atendido, na maioria das vezes, com matéria-prima sem padronização, de qualidade duvidosa e, ainda fruto, do extrativismo sem critérios. Tecnologias de produção, incluindo o cultivo da matéria-prima, bem como os processos de secagem de espécies medicinais, são de extrema importância, considerando, ainda, a necessidade de atender aos padrões exigidos pela legislação vigente nos campos da química, das indústrias farmacêuticas e alimentícia, e para entrar no

mercado nacional e internacional. De fato, a busca por produtos com qualidade, que garantam a segurança e a eficácia das substâncias ativas dessas plantas, é a razão maior deste esforço (Silva, 2005).

Existe, hoje, maior preocupação com a qualidade do produto a ser consumido e com a reformulação no conceito de qualidade de vida. Nesse contexto, a cadeia produtiva de plantas medicinais, que segue desde o cultivo até a comercialização, deve ser muito bem estudada em todas as etapas do processo, para que o conjunto proporcione um produto final de qualidade e eficiência.

Este trabalho foi realizado com os objetivos de investigar e aperfeiçoar a produção da matéria-prima vegetal, por meio do emprego de malhas que alteram a qualidade e a intensidade da luz durante o cultivo e de técnicas que proporcionem a preservação da qualidade nos processos de extração do óleo essencial e de secagem do material vegetal.

2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALANDRIN, M. F.; KLOCKER, J. A.; WURTELE, E. S. Natural plant chemical source of industrial and medicinal materials. **Science**, Philadelphia, v. 228, n. 4704, p. 1154-1160, June 1985.

BRODERICK, J. J. Mint. **Perfumer and flavorist**, Wheaton, v. 18, n. 1, p. 51-52, Jan./Feb. 1993.

DUARTE, F. R. **Influência de dois tipos de solos sobre o teor total de alcalóides do comfrey (*Symphytum sp.*)**. 1984. 84 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

GARLET, T. M. B. **Produtividade, teor e composição do óleo essencial de espécies de *Mentha L.* (Lamiaceae) cultivados em hidroponia com variação**

de potássio. 2007. 112 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GONÇALVES, L. A. **Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da radiação solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae)**. 2001. 95 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

KAYS, S. S. J. **Postharvest physiology of perishable plants products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

LIMA, A. R.; MOLLAN, T. R. M. Nova variedade de *Mentha arvensis* L. **Bragantia**, Campinas, v. 12, n. 7/9, p. 277-284, jul./set. 1952.

MAIA, N. B. **Nutrição mineral, crescimento e qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva**. 1994. 69 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

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

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M. de; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 220 p.

MAY, A.; MORAES, A. R. A. de; BOVI, O. A.; MAIA, N. B.; PINHEIRO, M. Q. ***Mentha arvensis* L.** Infobibos, 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/menta/index.htm>. Acesso em: 20 out. 2009.

OREN-SHAMIR, O. M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SHPIEGEL, E.; LEVI, A. N.; RATNER, K.; OVADIA, R.; SHAHAK, Y. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, Kingdon, v. 76, n. 56, p. 336-353, Jan. 2001.

PONS, T. L.; BERKEL, Y. E. M. de J. van. Species-specific variation in the importance of the spectral quality gradient in canopies as a signal for

photosynthetic resource partitioning. **Annals of Botany**, London, v. 94, n. 5, p. 725-732, Nov. 2004.

RAJAPAKSE, N. C.; KELLY, J. C. Regulation of chrysanthemum growth by spectral filters. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 3, p. 481-485, May 1992.

RAJAPASKE, N. C.; YOUNG, R. E.; MCMAHON, M. J.; OI, R. Plant height control by photoselective filters: current status and future prospects. **Hortechology**, Alexandria, v. 9, n. 4, p. 618-624, Oct./Dec. 1999.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GAELEVIN, R. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 659, p. 143-161, Feb. 2004.

SILVA, F. **Avaliação do teor e da composição química do óleo essencial de plantas medicinais submetidas a processos de secagem e armazenamento**. 2005. 152 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas.

VISCHI FILHO, O. J. **Avaliação de casas de vegetação para fins quarentenários de flores, com diferentes graus de automação**. 2002. 126 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO DA *Mentha arvensis* L. CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras

1 RESUMO

As malhas coloridas têm sido utilizadas para manipular o desenvolvimento vegetativo, melhorando a utilização da radiação solar por plantas ornamentais e olerícolas. Diante da grande influência que a radiação solar exerce sobre os vegetais, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito da intensidade e da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoconversoras em relação ao crescimento das plantas de *Mentha*

arvensis L. Foram feitas duas avaliações, uma aos 85 dias após o plantio e outra aos 80 dias após a rebrota das plantas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, dispostos em quatro tratamentos e cinco repetições, sendo cada parcela composta de três vasos (uma planta por vaso) em cada corte. Os tratamentos foram caracterizados por plantas de hortelã-japonesa cultivadas a pleno sol e sob malhas com 50% de sombreamento na cor preta, vermelha e azul. As características avaliadas consistiram em: biomassa seca de folhas, caules, parte aérea, raízes e estolões e total, razão raiz/parte aérea, área foliar total, razão de área foliar, razão de peso foliar, área foliar específica, peso específico foliar e número de brotações após a rebrota. As plantas de *Mentha arvensis* L. tiveram o crescimento mais afetado pela intensidade luminosa do que pela variação espectral. Os melhores índices de desenvolvimento vegetativo foram observados em plantas cultivadas a pleno sol, independente da época de corte. Portanto, o cultivo de menta deve ser realizado a pleno sol, não sugerindo consórcio com espécies de porte que possam vir a sombreá-la.

Palavras-chave: Planta aromática, luz, malhas coloridas, sombreamento, menta.

2 ABSTRACT

The colored nets have been used to manipulate the vegetative development, making the sun rays much more useful for the ornamental and olericule plants. Due to the great influence that the solar radiation has on the vegetables, this research was carried out aiming to evaluate the intensive effect and spectral light quality transmitted by the shading nets related to *Mentha arvensis* L. plants growth. Were done two evaluations, one 85 days after planting and the other one 80 days after plants regrowth. Randomized complete

block design with 4 treatments and 5 replications, each plot with 3 pots (one plant per pot) in each cutting. The treatments were: *Mentha arvensis* L., mint cultured under full sun light and under shading net with 50% of black, red and blue screen. Were evaluated dry leaves biomass, stalk, aerial parts, roots and stolon and total biomass, root/aerial parts ratio, total foliar area, foliar area ratio, foliar weight ratio, specific foliar area, specific foliar weight and shoots number after regrowth. The *M. arvensis* L. plants had their growth affected more by the light intensity than by the spectral variation. The best vegetative development indexes were observed in cultured plants under full sun light, regardless of cutting period. However, mint should grow under full sun light and not with others taller plants that could shade them.

Key words: Aromatic plant, light, colored nets, shading, mint.

3 INTRODUÇÃO

O cultivo industrial da *Mentha arvensis* (hortelã-japonesa) é realizado em áreas subtropicais em vários países, tais como China, Índia, França, Estados Unidos e Brasil para a extração de seu óleo essencial. O óleo essencial de menta, (-)-mentol cristalizado a partir do óleo essencial, óleo essencial desmentolado e outros monoterpenos fracionados a partir do óleo desmentolado são alguns

produtos comerciais dessa espécie (Srivastava et al., 2002). Esses produtos são utilizados em larga escala nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, cosméticas e de perfumarias (Kalra et al., 2004).

A produção mundial anual de óleos essenciais de espécies aromáticas é estimada entre 110.000 e 120.000 t (Khotari, 2005) e, desta quantidade, 22.200 t vêm de espécies de *Mentha*: *M. arvensis* (16.000 t), *M. x piperita* (4.000 t), *M. spicata* (2.000 t) e outras (200 t) (Sanganeria, 2005).

As respostas morfofisiológicas das plantas não dependem apenas da presença, da atenuação ou da ausência da luz, mas também da qualidade espectral da radiação (Taiz & Zeiger, 2004). A manipulação espectral da radiação natural tem sido utilizada em casas de vegetação por meio de filtros fotosselativos líquidos contendo sulfato de cobre (Rajapakse & Kelly, 1992; McMahon & Kelly, 1995; Rajapakse et al, 1999) ou por meio de coberturas coloridas, as quais modificam especificamente a luz nas regiões espectrais no ultravioleta, no visível ou no vermelho-distante, aumentando a quantidade de luz difusa em seu interior (Oren-Shamir et al., 2001; Shahak et al., 2004).

A partir disso, surgiram no mercado várias opções para oferecer proteção às plantas. Foram desenvolvidas algumas estruturas, como telas, plásticos e vidros, originando os telados, as estufas e as casas de vegetação. De forma geral, os cultivos protegidos têm apresentado êxito para a produção comercial de algumas espécies. As malhas fotoconversoras são unidas densamente para atingir o mesmo efeito de sombreamento (50%) e alteram o espectro de luz por elas transmitido. Segundo Oren-Shamir et al. (2001), que utilizaram malhas coloridas e mediram a distribuição espectral da luz, sob malha azul, há transmissão de luz em uma banda abrangente em 470 nm, além de outros picos na região do vermelho-distante e infravermelho (acima de 750 nm), enquanto a vermelha tem maior transmitância em comprimentos de onda acima de 590 nm e pico menor em torno de 400 nm. A malha azul, diferentemente da vermelha, não

reduz a razão V/VD (vermelho/vermelho distante) do espectro da luz difusa (Shahak et al., 2004), mas eleva levemente essa relação. Seu efeito mais proeminente, segundo os autores, é aumentar a relação azul/vermelho na luz difusa em seu ambiente.

Podem-se estabelecer diferentes condições de cultivo pela manipulação da intensidade e da qualidade espectral por meio da utilização de telas coloridas. Vantagens específicas são obtidas com a utilização de telas diferenciadas, que exercem pequena interferência no microclima, mas modificam a intensidade e o espectro da luz transmitida para as plantas, melhorando o rendimento dos cultivos (Oren-Shamir et al., 2001). Neste contexto, o cultivo de plantas utilizando malhas coloridas objetiva combinar a proteção física com a filtragem diferencial da radiação solar, para promover respostas fisiológicas desejáveis reguladas pela luz (Shahak et al., 2004). A importância de estudos sobre o comportamento fisiológico das plantas medicinais consiste em gerar conhecimentos que possibilitem determinar condições ideais de cultivo, a fim de alcançar maiores índices de produção de matéria seca e princípios ativos de interesse econômico e farmacológico.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito da intensidade e da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoconversoras no crescimento das plantas de *Mentha arvensis* L.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Gota de Esperança, a 879 metros de altitude, 21°14'07" de latitude sul e 44°58'22" longitude oeste, do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras

(UFLA). O município de Lavras está situado na região Sul do estado de Minas Gerais e de acordo com a classificação climática de Köppen, o clima regional é do tipo Cwa, mas apresenta características de Cwb com duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro, e outra quente e úmida, de outubro a março (Brasil, 1992).

4.1 Obtenção do material vegetal

Exsicatas da espécie estão depositadas no herbário ESAL, do Departamento de Biologia da UFLA, sob o registro nº 3636. As mudas de hortelã-japonesa foram produzidas a partir de plantas matrizes utilizando microestacas apicais de 5 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro e postas para enraizar em bandejas de poliestireno de 128 células, contendo o substrato comercial Plantmax[®]. Foram cultivadas em casa de vegetação com 70% de sombreamento por 35 dias e, posteriormente, aclimatizadas por meio do aumento gradativo da intensidade luminosa. Os dados climatológicos de temperatura e precipitação da cidade de Lavras, MG, durante o período experimental, foram fornecidos pela Estação Climatológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA, estão expostas na Tabela 1.

TABELA 1 Dados climatológicos, temperaturas médias mensais e precipitação acumulada, da cidade de Lavras, MG, no período de janeiro de 2008 a junho de 2008.

Mês	Ano	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)
Jan	2008	27,7	17,7	21,8	263,0
Fev	2008	28,8	17,8	21,8	243,3
Mar	2008	28,8	17,2	21,9	194,2

Abr	2008	27,8	17,1	20,9	110,6
Mai	2008	25,4	12,6	17,8	2,8
Jun	2008	25,0	12,8	17,6	14,4

Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras, Convênio UFLA e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4.2 Instalação do experimento

Em janeiro de 2008, as mudas de 10 cm de altura foram transplantadas para vasos de 10 L, contendo solo, areia e esterco bovino curtido (3:1:1). O solo foi submetido a análises químicas no Laboratório de Análise de Solos da UFLA e corrigido com aplicação de calcário, cuja dose recomendada foi obtida pelo método da saturação por bases (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999).

Os tratamentos foram caracterizados pelo cultivo das plantas sob disponibilidade de radiação solar incidente e qualidade espectral: pleno sol e malhas com 50% de sombreamento na cor preta, azul (Chromatinet[®]) e vermelha (Chromatinet[®]) (Figura 1). Os vasos foram distribuídos entre quatro tratamentos, cada um composto de 30 vasos, divididos em duas épocas de avaliações: 15 vasos avaliados aos 85 dias pós-plantio e 15 vasos ficaram para serem avaliados 80 dias pós-rebrota. Os vasos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e cada parcela composta de três vasos (1 planta vaso⁻¹)



FIGURA 1 Área experimental de cultivo, mostrando detalhes da estrutura com as malhas preta, vermelha e azul e a área a pleno sol.

No final do mês de março, aos 85 dias após o transplântio das mudas para os vasos, foi feito o primeiro corte, rente ao solo, das plantas e 80 dias após o primeiro corte, foi realizado o segundo corte (rebrotar) no final do mês de junho. Após o primeiro corte, os vasos remanescentes para serem avaliados no segundo corte receberam uma adubação em cobertura com esterco bovino curtido de 100 g vaso⁻¹. A irrigação foi realizada até o solo atingir a capacidade de campo, três vezes por semana.

4.3 Análises de crescimento

Ao final do corte pós-plantio e do corte pós-rebrota das plantas de hortelã-japonesa, as características de crescimento avaliadas foram: biomassa seca de folhas (g parcela⁻¹), caules (g parcela⁻¹), parte aérea (g parcela⁻¹), raízes e estolões (g parcela⁻¹), biomassa seca total (g parcela⁻¹), razão raiz/parte aérea (g

g^{-1}), área foliar total (AFT, dm^2), razão de peso foliar (RPF, $g g^{-1}$), razão de área foliar (RAF, $dm^2 g^{-1}$), área foliar específica (AFE, $dm^2 g^{-1}$) e peso específico foliar (PEF, $g dm^{-2}$).

Para a determinação da área foliar total (AFT) em cada etapa, plantas foram coletadas, pela manhã, entre 8h e 9h. As folhas foram destacadas dos ramos e foi realizada a detecção da área foliar de cinco plantas de cada tratamento (1 planta parcela⁻¹), em 100% das folhas, por meio de um integralizador de área foliar Model LI-3100, Área Meter marca Licor. Posteriormente, as folhas e os caules foram colocados em sacos de papel kraft e acondicionados em estufa de circulação forçada de ar, a $37\pm 1^\circ C$, enquanto as raízes foram lavadas e, depois de retirada a umidade excessiva, foram também conduzidas à estufa. Depois de ter atingido peso constante, foram obtidas as biomassas. A razão da área foliar (RAF), a razão de peso foliar (RPF), a área foliar específica (AFE) e o peso específico foliar (PEF) foram determinados a partir dos valores de área foliar total (AFT), expressos em dm^2 , da biomassa seca total de cada planta (BST, $g planta^{-1}$) e da biomassa seca das folhas (BSF, $g planta^{-1}$) (adaptado de Benincasa, 2003):

$$RAF=AFT/BST \quad RPF=BSF/BST \quad AFE= AFT/BSF \quad PEF=BSF/AFT$$

Já as características de biomassa seca das folhas (BSF), biomassa seca dos caules (BSC), biomassa seca da parte aérea (BSPA), biomassa seca das raízes e estolões (BSR), biomassa seca total (BST) e a razão BSR/BSPA foram determinadas por meio da soma das biomassas das duas plantas restantes de cada parcela, das quais também foi coletada a parte aérea, separada em caules e folhas, e acondicionada em sacos de papel kraft e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a $35^\circ C$. As raízes foram lavadas e também conduzidas à estufa até atingirem peso constante, com as biomassas de cada planta utilizada na detecção da área foliar total.

4.4 Avaliação da rebrota

Aos 20 e aos 40 dias após o primeiro corte das plantas, foram feitas contagens das brotações maiores que 1 cm, nos 15 vasos que permaneceram para serem avaliados no corte pós-rebrota das plantas de hortelã-japonesa, sendo cinco repetições com três vasos por parcela.

4.5 Análise estatística

A análise estatística dos dados obtidos foi realizada pelo programa SISVAR[®] - versão 4.3 (Ferreira, 2003). As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância pelos testes de F e de Scott-Knott (P<0,05).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de biomassa seca nos diferentes órgãos das plantas foi afetado pelo uso das malhas coloridas, como também pela intensidade, quando comparadas às plantas cultivadas a pleno sol, tanto no primeiro corte após o plantio como no segundo corte (Tabelas 2 e 3, respectivamente).

TABELA 2 Biomassa seca das folhas (BSF), dos caules (BSC), da parte aérea (BSPA), das raízes e estolões (BSR) e total (BST) e relação raiz/parte aérea (BSR/BSPA) de *Mentha arvensis* L. cultivada a pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, avaliadas aos 85 dias pós-plantio.

Tratamentos	Parâmetros (g parcela ^{-1*})					
	BSF	BSC	BSPA	BSR	BST	BSR/

	BSPA					
Pleno sol	40,52 a	48,08 a	88,60 a	131,44a	220,04 a	1,48 a
Preta (50%)	25,78 b	44,32 a	70,10 b	92,96 b	163,06 b	1,32 b
Vermelha (50%)	26,12 b	42,70 a	68,82 b	76,64 c	145,46 c	1,11 c
Azul (50%)	22,12 b	38,10 b	60,22 b	68,56 c	128,78 c	1,13 c
Média geral	28,63	43,30	71,93	92,40	164,08	1,25
CV (%)	15,68	8,58	10,06	13,01	10,90	6,42

As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). * Parcela constituída pela soma de três plantas.

Observou-se maior sensibilidade das plantas de hortelã-japonesa à intensidade de luz para a produção de biomassa, de forma que o sombreamento empregado pelas malhas de 50% foi excessivo para a espécie, independente da cor, não resultando em benefícios em relação às plantas cultivadas a pleno sol, exceto para o acúmulo de biomassa seca dos caules (BSC), que não diferiu, estatisticamente, em relação às malhas preta e vermelha, no primeiro corte e à malha preta, no segundo corte das plantas (Tabelas 2 e 3).

Observou-se também que as plantas cultivadas a pleno sol floresceram mais intensamente e precocemente em relação às cultivadas sob malhas coloridas. Isso pode ter ocorrido devido ao crescimento e ao desenvolvimento mais intenso e rápido das plantas cultivadas a pleno sol. O acúmulo de biomassa seca pelas raízes e a razão raiz/parte aérea também foram maiores nas plantas cultivadas a pleno sol, indicando uma alocação preferencial de biomassa seca para o sistema radicular (Tabelas 2 e 3).

TABELA 3 Biomassa seca das folhas (BSF), dos caules (BSC), da parte aérea (BSPA), das raízes e estolões (BSR) e total (BST) e relação

raiz/parte aérea (BSR/BSPA) de *Mentha arvensis* L. cultivada a pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, avaliadas aos 80 dias pós-rebrota.

Tratamentos	Parâmetros (g parcela ^{-1*})					
	BSF	BSC	BSPA	BSR	BST	BSR/ BSPA
Pleno sol	41,08 a	45,88 a	86,96 a	170,96 a	257,92 a	1,96 a
Preta (50%)	29,16 b	42,28 a	71,44 b	120,80 b	192,24 b	1,69 b
Vermelha (50%)	21,15 c	35,40 b	56,56 c	83,82 c	140,38 c	1,48 b
Azul (50%)	21,68 c	33,82 b	55,50 c	88,62 c	144,12 c	1,59 b
Média geral	28,27	39,34	67,61	115,05	182,66	1,68
CV (%)	15,99	14,74	14,36	13,06	13,54	8,45

As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05). * Parcela constituída pela soma de três plantas.

Essa alocação de biomassa seca para as raízes evidencia-se, preferencialmente, em função da intensidade luminosa. O maior investimento de fotoassimilados em raízes, em detrimento de folhas nestas plantas, é condizente com a estratégia adaptativa de aumentar a capacidade de absorção de água e nutrientes e de sobreviver em ambientes com maior incidência de ventos e alta irradiância e, conseqüentemente, maior exigência hídrica. Os mesmos mecanismos de adaptabilidade de outras espécies sob condições experimentais semelhantes às das plantas de *Mentha arvensis* L. foram verificados em diversos trabalhos (Martins et al. 2008; Melo & Alvarenga et al. 2009; Oliveira et al. 2009 e Amaral, 2007).

Larcher (2004) afirma que plantas de sol, quando crescidas sob forte radiação, têm maior produção de biomassa seca. Gonçalves et al. (2001) observaram, para a espécie *Ocimum selloi* Benth, maior produção de biomassa

seca sob exposição solar plena. Diferentemente, Martins et al. (2008) verificaram que o acúmulo de biomassa seca de folhas e caules de *Ocimum gratissimum* L. foi semelhante sob cultivo protegido em malhas coloridas e pleno sol, porém, o acúmulo de biomassa das raízes variou entre as malhas, indicando que as respostas quanto à intensidade luminosa e ao emprego das malhas coloridas são particulares para cada espécie.

Entre as telas coloridas, no primeiro corte, a maior diferença foi no acúmulo de biomassa seca das raízes que, conseqüentemente, colaborou para o maior acúmulo de biomassa seca total nas plantas cultivadas sob malha preta (Tabela 2). No segundo corte, o acúmulo da biomassa seca nos diferentes órgãos das plantas cultivadas sob malha preta em relação às malhas vermelha e azul foi estatisticamente superior. Isso, provavelmente, ocorreu devido ao maior acúmulo de BSR no corte pós-plantio, já que a maior parte das brotações surge dos estolões o que, conseqüentemente, pode ter contribuído para o crescimento rápido e intenso das plantas e os maiores acúmulos de biomassas.

Em relação às análises foliares, observou-se que houve efeito significativo do ambiente de cultivo na área foliar total (AFT), na área foliar específica (AFE), na razão da área foliar (RAF) e no peso específico foliar (PEF) (Figuras 2 a 4).

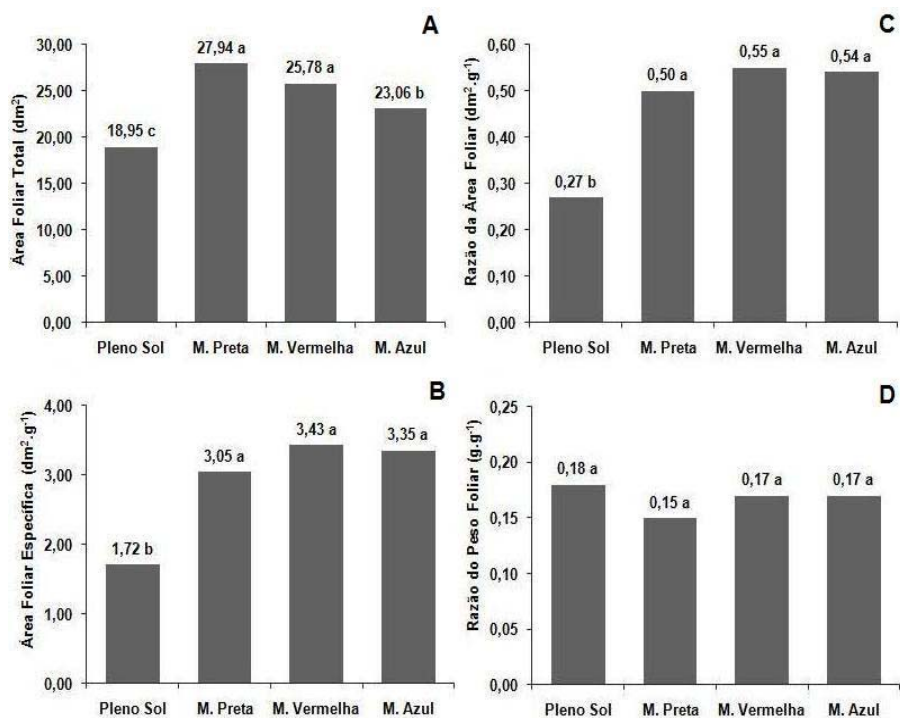


FIGURA 2 Análises de crescimento foliar de *Mentha arvensis* L. cultivada sob pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, aos 85 dias pós-plantio. A. Área foliar total (AFT, dm²); B. Área foliar específica (AFE, dm² g⁻¹); C. Razão de área foliar (RAF, dm² g⁻¹); D. Razão do peso foliar (RPF, g g⁻¹). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Na razão do peso foliar (RPF), não foi observada diferença entre os tratamentos, tanto na avaliação do primeiro corte após o plantio quanto na avaliação pós-rebrota (Figuras 2D e 3D). A AFT foi significativamente afetada pelo sombreamento nas duas avaliações (cortes) (Figuras 2A e 3A).

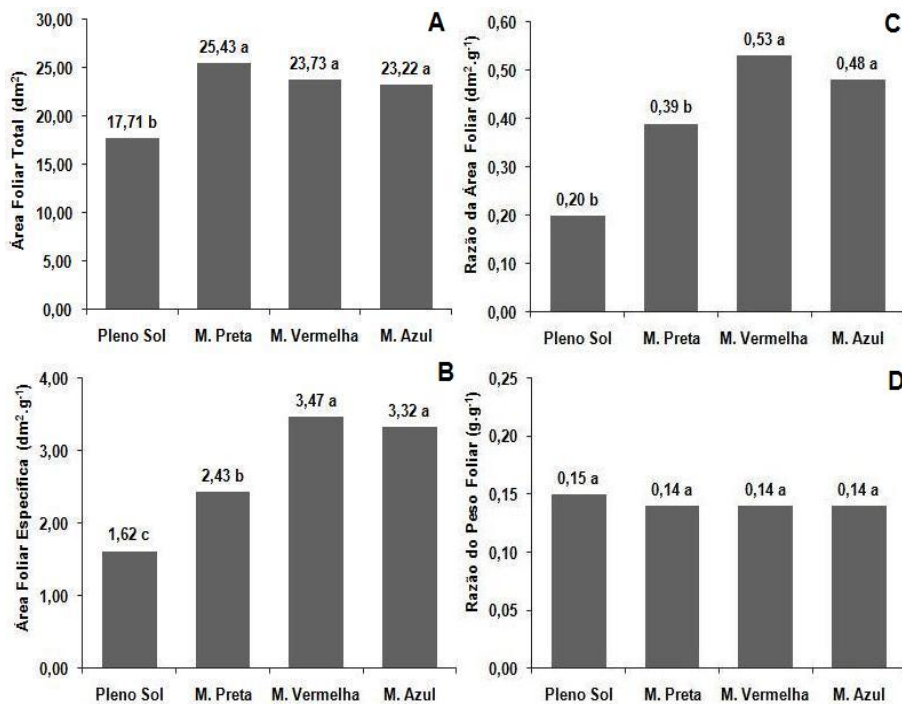


FIGURA 3 Análises de crescimento foliar de *Mentha arvensis* L. cultivada sob pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, aos 80 dias pós-rebrota. A. Área foliar total (AFT, dm²); B. Área foliar específica (AFE, dm² g⁻¹); C. Razão de área foliar (RAF, dm² g⁻¹); D. Razão do peso foliar (RPF, g g⁻¹). Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

A AFT foi maior nas plantas de hortelã-japonesa cultivadas sob as malhas preta e vermelha, seguidas pela malha azul no corte pós-plantio (Figura 2A). No corte pós-rebrota, as plantas cultivadas sob as malhas coloridas tiveram maiores áreas foliares em relação às cultivadas a pleno sol (Figura 3A). As plantas sob as malha preta, vermelha e azul exibiram aumento na área foliar total de 43%, 34% e 31,1%, respectivamente, no corte pós-rebrota, de 47% na malha

preta, de 36% na malha vermelha, seguida de 22% na malha azul, no corte pós-plantio, em relação às plantas cultivadas a pleno sol.

Segundo Kasperbauer (1994), sob luz vermelha, algumas espécies de plantas podem diferenciar-se pela expansão do limbo foliar para obter maior vantagem competitiva. No presente estudo, este comportamento desencadeado pela luz vermelha não variou em relação às plantas de hortelã-japonesa cultivadas sob a malha preta no corte pós-plantio e sob as malhas coloridas no corte pós-rebrota. Resultados semelhantes entre as malhas, principalmente no primeiro corte, foram relatados por Oliveira et al. (2009), com *Artemisia vulgaris*, nos quais a área foliar nas plantas sob a malha azul foi menor em relação às malhas preta e vermelha. Contudo, resultados das plantas a pleno sol, que não se diferenciaram das malhas vermelha e preta, foram contraditórios ao presente estudo.

O aumento da AFT nas plantas de *M. arvensis* cultivadas sob as malhas parece mais ligado à intensidade do que à qualidade espectral da luz. Segundo Jones & Mcleod (1990), este resultado sugere uma estratégia da planta em aumentar a superfície fotossintética, visando garantir um aproveitamento mais eficiente das reduzidas intensidades luminosas sob sombreamento e, conseqüentemente, compensar as baixas taxas fotossintéticas por unidade de área foliar, característica de uma folha de sombra. Além disso, segundo Castro et al. (2005), existe uma alocação preferencial de fotoassimilados para o sistema radicular nas plantas cultivadas a pleno sol em detrimento de plantas cultivadas sob baixas condições de luminosidade. Almeida (2001) evidencia como sendo uma resposta a atributos que melhoram o ganho de carbono sobre irradiância reduzida, com um aumento da área foliar. Essa influência da intensidade luminosa nos mecanismos de adaptabilidade das espécies é encontrada em vários trabalhos (Martins et al. 2008; Melo & Alvarenga 2009; Oliveira et al. 2009 e Amaral, 2007).

As plantas cultivadas a pleno sol tiveram suas áreas foliares significativamente reduzidas e menores AFE e RAF, em relação aos tratamentos em cultivo protegido, demonstrando a influência da intensidade luminosa (Figuras 2 e 3). Para área foliar específica (AFE) e razão da área foliar (RAF), os maiores valores foram registrados nas plantas cultivadas sob as malhas coloridas no corte pós-plantio (Figuras 2B e C). Já no corte pós-rebrota, as plantas cultivadas sob as malhas vermelha e azul apresentaram maiores índices, seguidos pela malha preta (Figuras 3B e C).

A AFE relaciona componentes morfoanatômicos, tais como superfície da folha e biomassa seca da própria folha (Benincasa, 2003). Portanto, AFE é um indicativo da espessura da folha e uma estimativa da proporção relativa da superfície assimilatória e dos tecidos de sustentação e condutores da folha. Assim, os resultados demonstraram que as folhas de *Mentha arvensis* são mais espessas nas condições a pleno sol no corte pós-plantio, seguida pelas folhas das plantas cultivadas sob a malha preta, no corte pós-rebrota (Figuras 2B e 3B).

Larcher (2004) afirma que algumas espécies de plantas que crescem sob forte radiação desenvolvem folhas espessas e apresentam um metabolismo mais ativo, o que proporciona maior produção de biomassa seca. Martins et al. (2008), trabalhando com *Ocimum gratissimum* L., observaram valores de AFE mais reduzidos na condição de pleno sol e concluíram que as folhas se tornaram mais espessas quando as plantas foram mantidas em local sem nenhum tipo de sombreamento.

Os aumentos na RAF constituem uma adaptação da planta à baixa luminosidade, representando maior proporção de tecido fotossinteticamente ativo na forma de área foliar (Benincasa, 2003). Em *M. arvensis*, a RAF foi superior nas malhas coloridas no primeiro corte e no segundo corte nas malhas vermelha e azul. Martins et al. (2008) também observaram que as plantas de *Melissa officinalis* cultivadas sob pleno sol tiveram baixa RAF e que, sob

malhas coloridas, não se diferenciaram entre si. Segundos esses autores, a baixa RAF nas plantas cultivadas a pleno sol, nos dois cortes, pode ser considerada benéfica, uma vez que menos material vegetal é exposto a eventuais danos causados pela alta intensidade de luz. De acordo com Aguilera et al. (2004), as plantas consideradas de sombra geralmente apresentam baixa razão de área foliar quando cultivadas a pleno sol, como resultado da sua capacidade de se adaptar a diferentes condições de luminosidade.

Considerando que as folhas são o centro de produção de biomassa seca e que o resto da planta depende da exportação de material da folha, a razão de peso foliar (RPF) expressa a fração de biomassa seca não exportada das folhas para outras partes da planta (Benincasa, 2003). No caso das plantas de *M. arvensis*, não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, tanto no corte pós-plantio quanto no corte pós-rebrota (Figuras 2D e 3D). Isso indica que a proporção de biomassa seca retida nas folhas e aquela exportada para as demais partes das plantas mantiveram a mesma tendência, dentre as condições experimentais. Resultados semelhantes foram observados por Brant et al. (2009), em seus trabalhos com *Melissa officinalis* L., que também não encontraram diferenças significativas na RPF. Já plantas de *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae) crescidas em ambiente de pleno sol e sob malha azul apresentaram menores valores de RPF que as plantas sob malhas preta e vermelha (Martins et al., 2008).

O PEF foi maior nas plantas cultivadas a pleno sol, com valores de 0,71 e 0,78 g dm⁻², respectivamente, para os cortes pós-plantio e pós-rebrota. Já as plantas cultivadas sob as malhas apresentaram valores menores e não diferiram estatisticamente, nas duas avaliações realizadas (Figura 4).

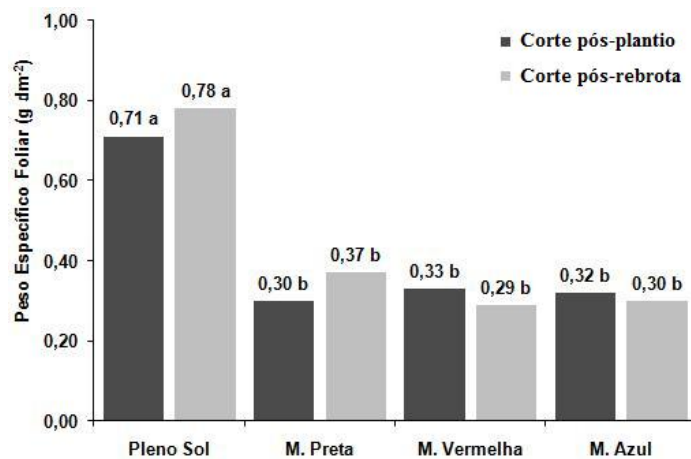


FIGURA 4 Peso específico foliar (PEF, g dm⁻²) de plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas sob pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, avaliadas 85 dias pós-plantio e 80 dias pós-rebrota. Médias seguidas da mesma letra, em cada corte, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

Esses resultados representam um maior espessamento do limbo foliar das plantas cultivadas sob pleno sol em relação às de cultivo realizado sob telas coloridas. Plantas cultivadas em pleno sol desenvolvem limbos foliares com maior espessura em relação às plantas cultivadas em locais com diferentes níveis de sombreamento (Taiz & Zeiger, 2004). Esse maior espessamento foliar é um mecanismo de proteção da planta contra as altas irradiações. Assim, maior PEF indica folhas mais espessas e maior produtividade de biomassa, porém, as folhas no ambiente pleno sol não foram tão vistosas quanto às folhas sob as telas coloridas.

Quanto ao número de brotações mensuradas aos 20 e aos 40 dias após o corte pós-plantio, eles foram maiores nos vasos com plantas que tiveram seu

cultivo a pleno sol, seguidas pelas brotações das plantas sob a malha preta aos 40 dias (Figura 5).

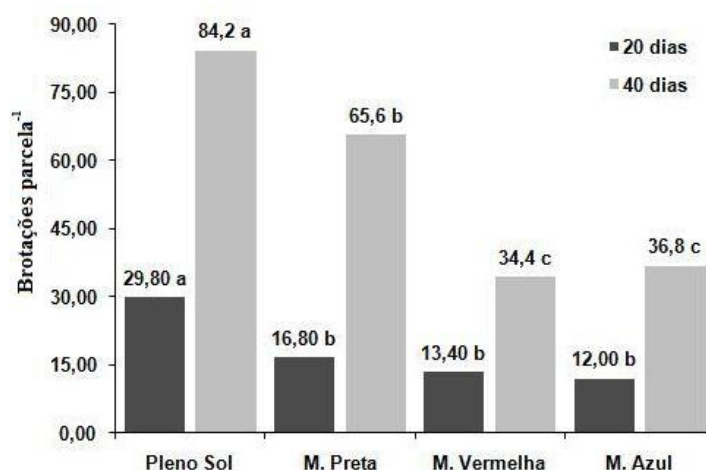


FIGURA 5 Número de brotações totais de *Mentha arvensis* L. cultivada sob pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, avaliadas aos 20 e aos 40 dias após o corte pós-plantio. Médias seguidas da mesma letra, em cada corte, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Esse maior número de brotos das plantas cultivadas a pleno sol e seguida pelas plantas cultivadas na malha preta aos 40 dias pode ser explicado pelo maior acúmulo de raízes e estolões observados na primeira avaliação (Tabela 2). Segundo Chagas et al. (2008), a produção de estolões é importante na cultura da hortelã-japonesa, na medida que, com a maior produção de estolões, a cultura tende a ocupar melhor e mais rapidamente a área, principalmente após o primeiro corte, podendo influenciar a produção de biomassa seca da parte aérea da planta nos cortes seguintes. Chaves et al. (2004) relatam a importância da

biomassa seca das raízes, pois, através das raízes, a nova planta transloca para a parte aérea os nutrientes para serem transformados em biomassa vegetal.

6 CONCLUSÕES

As plantas de *Mentha arvensis* L. têm seu crescimento mais afetado pela intensidade luminosa do que pela variação espectral. Os melhores índices de desenvolvimento vegetativo foram observados em plantas cultivadas a pleno sol no corte após o plantio e no corte após a rebrota.

7 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo suporte financeiro.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, jan./mar. 2004.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O. Afilhamento da aveia afetado pela qualidade de luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 393-400, set. 2001.

AMARAL, T. A. **Crescimento, características estruturais e teor de óleo essencial de *Mentha suaveolens* Ehrh., cultivada sob telas coloridas**. 2007. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSAL, L. F.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FERRI, P. H.; CORRÊA, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, ago. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas de 1961- 1990**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 84 p.

CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; MELO, H. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A.; LIMA JÚNIOR, E. C. Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 846-850, nov. 2005.

CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; NALON, F. H. Produção de mudas de hortelã-japonesa em função da idade e de diferentes tipos de estaca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2157-2163, nov. 2008.

CHAVES, F. C. M.; XAVIER, J. J. B. N.; PENA, E. A.; BOMFIM NETO, J. V.; COSTA, I. O. V. L. Propagação vegetativa de cipó-alho utilizando estacas de diversos diâmetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44, 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: UFCG, 2004.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - sistema de análise de variância: versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.

GONÇALVES, L. A. **Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da radiação solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae)**. 2001. 95 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

JONES, R. H.; MCLEOD, K. W. Responses to a range o light environments in Chinese Tallowtree and Carolina Ash seedlings. **Forest science**, Washington, v. 36, n. 4, p. 851-62, Dec. 1990.

KALRA, A.; SINGH, H. B.; PANDEY, R.; SAMAD, A.; PATRA, N. K.; KUMAR, S. Diseases in mint: causal organisms, distribution and control measures. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, Birmingham, v. 11, n. 1, p. 71-91, Jan. 2004.

KASPERBAUER, M. J. Light and plant development. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Plant environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 83-123.

KOTHARI, R. The indian essential oil industry. **Perfumer and Flavorist**, Wheaton, v. 30, n. 1, p. 46-50, Jan. 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2004. 531 p.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; SILVA, A. P. O. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 102-107, dez. 2008.

MCMAHON, M. J.; KELLY, J. W. Anatomy and pigments of chrysanthemum leaves developed under spectrally selective filters. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 64, n. 2/3, p. 203-209, Feb. 1995.

MELO, A. A. M.; ALVARENGA, A. A. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don ‘Pacifica White’ por malhas coloridas: desenvolvimento vegetatigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 514-520, mar./abr. 2009.

OLIVEIRA, M. I.; CASTRO, E. M.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L.

cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 56-62, jan. 2009.

OREN-SHAMIR, O. M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SHPIEGEL, E.; LEVI, A. N.; RATNER, K.; OVADIA, R.; SHAHAK, Y. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, Kingdon, v. 76, n. 56, p. 336-353, Jan. 2001.

RAJAPAKSE, N. C.; KELLY, J. C. Regulation of chrysanthemum growth by spectral filters. **Journal of the american society for horticultural science**, Alexandria, v. 117, n. 3, p. 481-485, May 1992.

RAJAPASKE, N. C.; YOUNG, R. E.; MCMAHON, M. J.; OI, R. Plant height control by photoselective filters: current status and future prospects. **Hortechonology**, Alexandria, v. 9, n. 4, p. 618-624, Oct./Dec. 1999.

SANGANEIRA, S. Vibrant India. **Perfumer and Flavorist**, Wheaton, v. 30, n. 1, p. 24-34, Jan. 2005.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GAELEVIN, R. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 659, p. 143-161, Feb. 2004.

SRIVASTAVA, R. K.; SINGH, A. K.; KALRA, A.; TOMAR, V. K. S.; BANSAL, R. P.; PATRA, D. D.; CHAND, S.; NAQVI, A. A.; SHARMA, S.; KUMAR, S. Characteristics of menthol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. **Industrial Crops and Products**, v. 15, n. 3, p. 189-198, May 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

CAPÍTULO 3

TEOR, RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Mentha arvensis* L. CULTIVADA SOB MALHAS FOTOCONVERSoras.

1 RESUMO

O uso das telas coloridas visa combinar a proteção física das plantas com a filtragem seletiva da radiação solar para promover respostas fisiológicas desejáveis, reguladas pela luz. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito da intensidade e da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoconversoras no teor, no rendimento e na composição química do óleo essencial de plantas de *Mentha arvensis* L. Foram realizadas duas avaliações, uma aos 85 dias após o plantio e outra aos 80 dias após a rebrota das plantas. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, disposto em quatro tratamentos e cinco repetições, sendo cada parcela composta de três vasos (uma planta por vaso) em cada corte. Os tratamentos foram caracterizados por plantas de hortelã-japonesa cultivadas em vasos sob pleno sol e sob malhas com 50% de sombreamento nas cores preta, vermelha e azul. Em ambas as avaliações foram

determinados o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial. As análises de composição química empregaram técnicas usuais de CG-FID e CG-EM. As plantas de *Mentha arvensis* L. apresentaram maior teor e rendimento de óleo essencial quando cultivadas a pleno sol, além da sua composição química ter sofrido alterações desconsideráveis quando comparada ao óleo essencial extraído da planta fresca. O cultivo sob as malhas, apesar de ter reduzido os teores e os rendimentos do óleo essencial, não afetou consideravelmente a composição química qualitativa e quantitativa do óleo essencial.

Palavras-chave: Óleo essencial, malhas coloridas, cromatografia gasosa, luz, mentol.

2 ABSTRACT

Colorful screens use has the purpose to combine physical plants protection with selective radiation protection plants to promote desirable physiological answers, regulated by light. This research was done witch the purpose to evaluate the intensity effect and the spectral quality of the transmitted light by those shading nets in the content, yield and essential oil chemical composition of *Mentha arvensis* L. Two evaluations were made, one 85 days after planting and the other one 80 days after plant regrowth. It was used randomized complete block design with 4 treatments and 5 replications, each plot had 3 pots (a plant per pot) in each cutting. The treatments were mint plants cultured in pots under full light and under shading with 50% of black, red and blue shading. In both evaluations were determined the content, yield, and essential oil chemical composition. Chemical composition analysis used CG-FID and CG-EM techniques. *Mentha arvensis* plants presented higher essential oil

contents and yield when cultured under full sun light, besides its chemical composition had inconsiderable changes when compared to essential oil extracted from fresh plants. The cultured plants under the screen although reduced essential oil contents and yield, the essential oil chemical composition had no considerable change.

Key words: Essential oil, colorful screens, gas chromatography, light, menthol.

3 INTRODUÇÃO

A família Lamiaceae compreende cerca de 200 gêneros, com 2.000 a 5.000 espécies, entre as quais se encontram diversas plantas aromáticas (Hedge, 1992). Menta é o nome comum de aproximadamente 30 espécies perenes do gênero *Mentha* que se desenvolvem em diversas regiões da Europa, Ásia, Austrália e América do Sul (Dorman et al., 2003). O interesse econômico por espécies de *Mentha* deve-se, principalmente, à exploração comercial dos óleos essenciais que são substâncias complexas com grande polimorfismo químico (Seigler, 1998; Ming et al., 1998).

A *Mentha arvensis* L., conhecida popularmente como hortelã-japonesa, tem como centro de origem o sul da China. Popularmente é utilizada como descongestionante nasal e empregada no setor industrial. Seu óleo essencial é rico em mentol. Cada quilo de óleo obtido das ramas é capaz de produzir aproximadamente 50% de óleo desmentolado e 40% de mentol cristalizado (Blanco, 2000).

A síntese e o acúmulo de óleo essencial são influenciados de forma significativa e complexa pela luz, uma vez que esta afeta direta ou indiretamente as vias biossintéticas dos metabólitos secundários (Taiz & Zeiger, 2004). Morini & Muleo (2003) afirmam que as plantas desenvolvem uma série de fotorreceptores que regulam seu desenvolvimento em relação às variações da radiação luminosa incidente, com o objetivo de aperfeiçoar a captação da energia luminosa para a fotossíntese.

As plantas podem perceber alterações sutis no balanço espectral do ambiente e fazer ajustes fisiológicos e morfológicos por meio dos fitocromos (Li et al., 2000), o que promove adaptações necessárias à sobrevivência em diferentes ambientes (Kasperbauer & Hamilton, 1984). Alterações na qualidade espectral podem produzir respostas fotomorfogênicas que atingem o crescimento e o desenvolvimento (Lee et al., 1997; Li et al., 2000), a eficiência fotossintética (Kasperbauer & Peaslee, 1973) e a composição química das plantas (Macedo et al., 2004).

Apesar da confirmação dos efeitos da qualidade espectral sobre as plantas, as respostas são muito variáveis em função das espécies (Kim et al., 2004). Portanto, a utilização efetiva de filtros espectrais como reguladores do crescimento de plantas depende do conhecimento de quais faixas do espectro estão envolvidas nas respostas de crescimento de cada planta (McMahon & Kelly, 1995). Desse modo, as plantas podem perceber mudanças sutis na faixa espectral, na composição de vermelho e vermelho-distante do ambiente em que

se encontram, ajustando-se morfológica e fisiologicamente por meio do fitocromo (Li et al., 2000). A relação vermelho/vermelho-distante (V/VD) é considerada um fator importante para respostas mediadas pelo fitocromo (Batschauer, 1998). Em resposta aos sinais de baixa relação V/VD, muitas plantas mostram rápido e pronunciado aumento na taxa de alongamento de caules e pecíolos e alterações no desenvolvimento de folhas e órgãos de armazenamento (Franklin & Whitelam, 2005).

Pesquisas revelaram que plantas crescidas sob malhas vermelhas apresentaram maior comprimento das ramificações e, sob malhas azuis, menor tamanho em relação à malha preta (neutra) (Oren-Shamir, et al. 2001; Shahak et al., 2004). O cultivo da cenoura sobre coberturas amarelas promoveu maior teor de β -caroteno e vitamina C. Isso indica que a reflexão da luz pode ter ação direta no sistema de regulação do crescimento natural das plantas entre caules e raízes, como também pode influenciar o rendimento e a composição química de cenoura (Antonious & Kasperbauer, 2002).

Assim, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da intensidade e da qualidade espectral da luz transmitida pelas malhas fotoconversoras no teor, no rendimento e na composição química do óleo essencial das plantas de *Mentha arvensis* L.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Gota de Esperança, a 879 metros de altitude, 21°14'07" de latitude sul e 44°58'22" longitude oeste, do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O município de Lavras está situado na região Sul do estado de Minas

Gerais e de acordo com a classificação climática de Köppen, o clima regional é do tipo Cwa, mas apresenta características de Cwb com duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro, e outra quente e úmida, de outubro a março (Brasil, 1992).

Exsicatas da espécie estão depositadas no herbário ESAL, do Departamento de Biologia da UFLA, sob o registro n° 3636. As mudas de hortelã-japonesa foram produzidas a partir de plantas matrizes, utilizando-se microestacas apicais de 5 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro e postas para enraizar em bandejas de poliestireno de 128 células, contendo o substrato comercial Plantmax®. Foram cultivadas em casa de vegetação com 70% de sombreamento por 35 dias e, posteriormente, aclimatizadas por meio do aumento gradativo da intensidade luminosa.

Os dados climatológicos de temperatura e precipitação acumulada, da cidade de Lavras, MG, durante o período experimental, foram fornecidos pela Estação Climatológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA e encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 Dados climatológicos, temperaturas médias mensais e precipitação acumulada, da cidade de Lavras, MG, no período de janeiro de 2008 a junho de 2008.

Mês	Ano	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura média (°C)	Precipitação (mm)
Jan	2008	27,7	17,7	21,8	263,0
Fev	2008	28,8	17,8	21,8	243,3
Mar	2008	28,8	17,2	21,9	194,2
Abr	2008	27,8	17,1	20,9	110,6
Mai	2008	25,4	12,6	17,8	2,8
Jun	2008	25,0	12,8	17,6	14,4

Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras, Convênio UFLA e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4.1 Instalação e condução do experimento

Em janeiro de 2008, mudas de 10 cm de altura foram transplantadas para vasos de 10 L, contendo solo, areia e esterco bovino curtido (3:1:1). O solo foi submetido a análises químicas no Laboratório de Análise de Solos da UFLA e corrigido com a aplicação de calcário, cuja dose recomendada foi obtida pelo método da saturação por bases (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999).

Os tratamentos foram caracterizados pelo cultivo das plantas sob disponibilidade de radiação solar incidente e qualidade espectral: pleno sol e malhas com 50% de sombreamento nas cores preta, azul (Chromatinet[®]) e vermelha (Chromatinet[®]). Os vasos foram distribuídos entre quatro tratamentos, cada um composto de 30 unidades, divididos em duas épocas de avaliações: 15 vasos avaliados aos 85 dias pós- plantio e 15 vasos a serem avaliados 80 dias pós-rebrota.

No final do mês de março, aos 85 dias após o transplântio das mudas para os vasos, foi feito o primeiro corte das plantas e, 80 dias após a esse corte, foi realizado um segundo corte, para avaliação da rebrota. Após o primeiro corte, os vasos remanescentes para serem avaliados no segundo corte receberam adubação em cobertura com esterco bovino curtido de 100 g vaso⁻¹. A irrigação foi realizada até o solo atingir a capacidade de campo, três vezes por semana.

Após cada corte das plantas feito rente ao solo, o material foi acondicionado em sacos de papel kraft e seco em estufa com circulação forçada de ar, a 37±1°C, até atingir peso constante. Das plantas (folhas e caules) correspondentes a ambos os cortes, determinaram-se o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial.

4.2 Extração do óleo essencial

Para as extrações dos óleos essenciais foi utilizado o método de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado. Amostras secas de 60 g da parte aérea das plantas, imediatamente após a pulverização em moinho de facas usando malha 20 mesh, foram transferidas para um balão de destilação de 2.000 mL. O volume de 1.200 mL de água destilada foi acrescentado, procedendo a hidrodestilação por 1 hora. A mistura resultante de água e óleo volátil foi coletada e o óleo foi extraído com diclorometano (3x25 mL), empregando-se a partição líquido-líquido em funil de separação. As frações orgânicas de cada repetição foram reunidas e secas com uma porção de cerca de 3 g de sulfato de magnésio anidro. O sal foi removido por filtração simples e o solvente evaporado à temperatura ambiente, sob capela de exaustão de gases até atingir peso constante, obtendo-se, então, o óleo essencial. Em seguida, as massas dos óleos essenciais foram determinadas em balança digital, com sensibilidade 0,0001 g e calculados seus teores percentuais ($p\ p^{-1}$) na parte aérea da planta seca e rendimento por parte aérea da planta ($g\ planta^{-1}$) de óleo essencial. O teor percentual e o rendimento do óleo volátil foram calculados pelas fórmulas: $T(\%) = [massa\ do\ óleo\ (g) / 60\ g] \times 100$ e $R\ (g\ planta^{-1}) = T(\%) \times BSPA\ (g) / 100$.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições.

4.3 Análises por CG/FID e CG/MS

As análises de composição química foram realizadas empregando-se uma amostra composta compreendida da reunião de alíquotas equivolumétricas do óleo volátil das repetições de cada tratamento. As análises foram realizadas no Laboratório de Cromatografia do Departamento de Química da Universidade

Federal de Sergipe. Foi empregado um sistema de cromatografia em fase gasosa, acoplado a um espectrômetro quadrupolar de massas (GC-EM) Shimadzu® QP5050A (Quioto, Japão), nas seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida, modelo CBP-5 (30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 µm de espessura do filme em 5% defenilmetilpolisiloxano) (Shimadzu®, Japão), hélio como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL min⁻¹, aquecimento com temperatura programada (60°C com rampa de temperatura de 3°C min⁻¹ até 240°C e, em seguida, de 10°C min⁻¹ até 270°C, mantendo-se uma isoterma de 5 minutos). A energia de ionização do detector foi de 70 eV, sendo o volume de injeção da amostra de 0,2 µL (20% em CH₂Cl₂, grau ultrarresíduo, Baker, EUA) e razão de injeção de 1:20. As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 220°C e 240°C, respectivamente. A análise foi conduzida no modo varredura, à velocidade de 1,0 scan s⁻¹, com intervalo de aquisição de massas de 40-400 *m z*⁻¹. A análise quantitativa foi obtida pela integração do cromatograma total de íons (TIC).

A identificação dos constituintes foi realizada por comparação dos espectros de massas com o banco de dados das bibliotecas NIST/EPA/NHI (1998), por comparação dos espectros de massas e índices de retenção (IR) com os da literatura (Adams, 2001) e coinjeção com padrões autênticos. Os IR foram determinados por meio da coinjeção com uma mistura de hidrocarbonetos, C₈-C₃₂ (Sigma, EUA) e calculados empregando-se a equação de Van Den Dool & Kratz (1963).

4.4 Análise estatística

A análise estatística dos dados obtidos foi realizada pelo programa SISVAR® - versão 4.3 (Ferreira, 2003). As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância pelos testes de F e de Scott-Knott (P<0,05).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de óleo essencial foram significativamente afetados pelas condições de cultivo nos diferentes tratamentos (Figura 1). As plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maior teor de óleo essencial, tanto no corte pós-plantio quanto no corte pós-rebrota das plantas. Entre as malhas, apenas a preta no segundo corte se diferenciou das malhas vermelha e azul, as quais apresentaram menores teores de óleo essencial. Isso mostra que as plantas de *M. arvensis* respondem mais à variação da intensidade luminosa do que à variação no espectro da luz para a produção de óleo essencial na planta. Os maiores teores de óleo essencial em condições de pleno sol em plantas de *M. arvensis* podem estar associados a uma estratégia adaptativa a esse ambiente, por ele apresentar maiores taxas de evapotranspiração, com maior incidência de ventos e irradiação e, conseqüentemente, maior exigência hídrica e de outros agentes ambientais, como insetos, que podem levar as plantas a um maior nível de estresse.

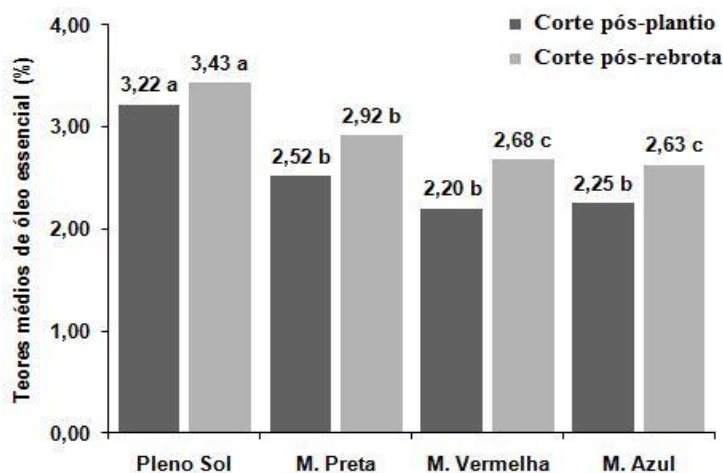


FIGURA 1 Teores médios percentuais de óleo essencial de *Mentha arvensis* L. cultivada sob pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, avaliadas pós-plantio e pós-rebrota. Médias seguidas da mesma letra, em cada corte, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Conforme Mattos (2002), o óleo essencial de uma planta é proveniente do metabolismo secundário e é bastante influenciado por fatores ambientais. Por sua vez, a sua produção é, em geral, uma resposta ao estresse. Ming (1998) concorda que, em condições estressantes, há uma maior produção de óleo essencial, o que poderia explicar também uma ligeira elevação nos teores de óleo essencial do corte realizado após a rebrota, no final do mês de junho, em relação ao primeiro corte após o plantio, realizado no final do mês de março, quando as plantas da rebrota cresceram sob condições de baixa precipitação e, principalmente, de temperaturas baixas (Tabela 1). Outro fator que pode ter contribuído para essa ligeira alta é o fotoperiodismo. Farooqi et al. (1999), trabalhando com três espécies de menta, inclusive com a *M. arvensis* L.,

verificaram que o teor de óleo essencial para as três espécies foi maior nas condições de dias curtos. Assim, a quantificação do óleo essencial varia com a espécie e com as condições ambientais e de cultivo.

Em estudos de Oliveira et al. (2009) com *Artemisia vulgaris* L. foi demonstrado que plantas cultivadas em pleno sol obtiveram maior teor de óleo essencial em relação àquelas cultivadas sob telas coloridas, ou seja, resultados semelhantes ao presente estudo. Em contrapartida, Sales et al. (2009) observaram que, para a espécie *Hyptis marruboides* (Lamiaceae), o teor de óleo essencial mostrou-se insensível aos níveis de irradiância. Já Amaral (2007) não observou a influência da intensidade, tampouco da qualidade espectral, nos teores de óleo essencial de *Mentha suaveolens*. Por outro lado, Martins et al. (2008) observaram que o teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. foi influenciado pela qualidade de luz e que as plantas cultivadas sob o telado azul foram superiores à dos demais tratamentos. Esses resultados indicam que não existe um consenso em relação às respostas apresentadas pelas plantas medicinais quanto ao teor de óleo essencial, uma vez que cada espécie responde aos estímulos ambientais de forma distinta.

Quanto ao rendimento de óleo essencial, as plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maior rendimento que as cultivadas sob as malhas no corte pós-plantio e no corte pós-rebrota das plantas. Entre as malhas, apenas no corte pós-rebrota as plantas cultivadas sob a malha preta apresentaram maior rendimento (Figura 2).

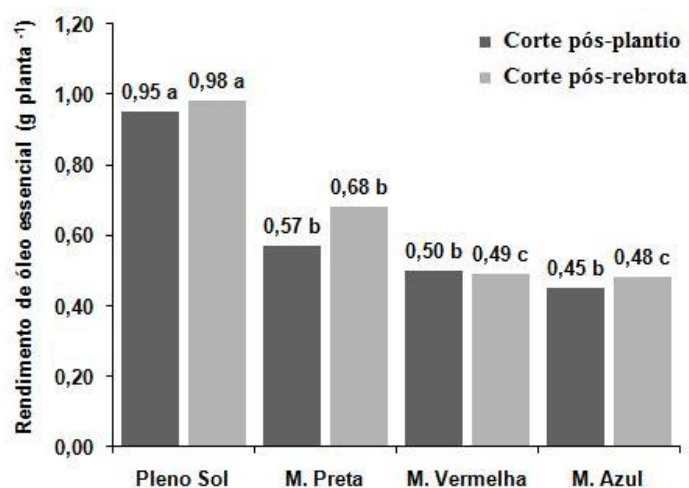


FIGURA 2 Rendimentos de óleo essencial (g planta⁻¹) de *Mentha arvensis* L. cultivada sob pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, avaliados pós-plantio e pós-rebrota. Médias seguidas da mesma letra, em cada corte, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Pode-se observar, pelos gráficos das Figuras 1 e 2, que a diferença do rendimento de óleo essencial (g planta⁻¹) a pleno sol para as malhas coloridas ficou mais pronunciada que a diferença do teor de óleo essencial a pleno sol para as malhas coloridas. Isso se deve ao fato de o rendimento ser composto por duas variáveis, o teor na planta e a produção de biomassa seca da parte aérea. A biomassa seca da parte aérea das plantas cultivadas a pleno sol apresentou valor estatisticamente superior (88,6 g), em comparação com as malhas preta (70,1 g), vermelha (68,8 g) e azul (60,2 g). Assim, mesmo que não houvesse diferenças entre teores, o rendimento do óleo essencial poderia ser maior, devido à maior produção de biomassa seca.

Brant et al. (2009), em suas pesquisas com *Melissa officinalis*, observaram que os teores e os rendimentos de óleo essencial foram maiores nas plantas cultivadas a pleno sol e nas malhas preta e azul. Estes autores observaram que as plantas cultivadas sob malha vermelha que apresentaram a biomassa seca das folhas iguais à das plantas cultivadas nas malhas azul e preta, tiveram rendimento reduzido, devido ao baixo teor de óleo essencial em relação aos outros tratamentos.

Foram observadas diferenças na constituição química e na concentração relativa dos constituintes presentes no óleo essencial de *M. arvensis* cultivadas nos diferentes ambientes e épocas de corte (Tabela 2). As diferenças qualitativas relativas ao corte pós-plantio podem ser observadas pelo número de constituintes identificados no óleo essencial das plantas cultivadas nas diferentes condições experimentais, sendo 12 constituintes nas plantas cultivadas a pleno sol, 11 sob a malha preta, 7 sob malha vermelha e 9 sob malha azul. Porém, em todos os ambientes dessa avaliação, os constituintes linalol, mentol, mentona, *neo*-mentol, *iso*-mentona, piperitona e β -cariofileno estavam presentes e suas concentrações relativas apresentaram pequenas diferenças. A intensidade de luz interferiu na produção do limoneno e do *iso*-pulegol, uma vez que não foram detectados nos tratamentos de sombreamento (Tabela 2).

A qualidade espectral imposta pelas malhas também interferiu na biossíntese de alguns constituintes. O *iso*-mentol e o 3-metil-butanoato de 3Z-hexenila não foram identificados no óleo essencial das plantas cultivadas sob malha vermelha e azul, enquanto o α -terpineol e o germacreno D não foram encontrados na malha vermelha. O germacreno D também não foi encontrado no óleo essencial de plantas a pleno sol (Tabela 2).

TABELA 2 Concentração relativa (%) dos constituintes químicos detectados no óleo essencial de plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas sob pleno sol (PS) e sombreamento (50%) com malhas preta (MP), vermelha (MV) e azul (MA), avaliadas no corte pós-plantio e no corte pós-rebrota.

IK*	Constituinte	Corte pós-plantio				Corte pós-rebrota			
		PS	MP	MV	MA	PS	MP	MV	MA
1029	Limoneno	0,30	n	n	n	n	n	n	n
1096	Linalol	0,48	0,63	0,60	0,48	0,50	n	n	n
1149	iso-pulegol	0,24	n	n	n	n	n	n	n
1152	Mentona	2,48	2,28	2,11	1,56	0,63	1,11	0,83	0,63
1162	iso-mentona	1,43	1,39	1,40	1,11	0,94	1,09	0,90	0,75
1165	neo-mentol	1,87	1,83	1,92	1,69	2,02	1,76	2,01	1,75
1171	Mentol	90,29	90,63	92,69	92,68	93,71	92,96	93,87	95,08
1182	iso-mentol	0,17	0,15	n	n	0,28	n	n	n
1188	α -terpineol	0,23	0,22	n	0,21	n	n	n	n
1235	3-metil-butanoato de 3Z-hexenila	0,18	0,21	n	n	n	n	n	n
1252	Piperitona	0,56	0,63	0,60	0,60	0,46	0,65	0,66	0,61
1388	β -bourboneno	n	n	n	n	0,32	n	n	n
1419	β -cariofileno	0,78	0,65	0,66	0,61	0,66	0,85	0,69	0,64
1485	Germacreno D	n	0,34	n	0,33	n	0,74	0,45	0,53
Total		99,01	99,30	99,98	99,27	99,52	99,16	99,41	99,99
Número de constituintes detectados		12	11	7	9	9	7	7	7

* IK - Índice de Kovat; n – não detectados.

De maneira geral, as concentrações relativas dos constituintes identificados no óleo essencial de *M. arvensis* nos diferentes ambientes de cultivo não sofreram grandes variações. Observou-se ligeiro incremento nos teores de mentol no óleo das plantas cultivadas sob as malhas vermelha e azul, acompanhado de uma pequena redução nas porcentagens de área relativa correspondentes ao pico da mentona nessas mesmas plantas.

O óleo essencial do material vegetal correspondente ao corte pós-rebrota também apresentou diferenças qualitativas na composição química e na

concentração relativa dos constituintes dos distintos tratamentos. Porém, em comparação com o corte pós-plantio, este apresentou menor número de constituintes identificados (9 a pleno sol e 7 para cada ambiente de cultivo protegido). Para essas amostras de óleo essencial, não foram observadas diferenças qualitativas dos tratamentos de cultivo protegido. O linalol, o *iso*-menthol e o β -bourboneno foram identificados no óleo essencial das plantas sob pleno sol, mas não foram identificados no óleo das plantas cultivadas sob as malhas. Já o germacreno D não foi observado nas plantas cultivadas a pleno sol, mas foi identificado no óleo das plantas sob malhas (Tabela 2).

Maior número de constituintes identificados nas plantas cultivadas a pleno sol (Tabela 2) também foi encontrado por Corrêa (2008), em pesquisas com *Origanum vulgare* L. Este autor observou maior número de compostos encontrados nas plantas cultivadas a pleno sol (14 constituintes) em relação às cultivadas sob as malhas preta (11 constituintes), vermelha (7 constituintes) e azul (9 constituintes). Em *Thymus vulgaris* (Lamiaceae), a concentração total do óleo foi mais alta em plantas cultivadas a 100% de intensidade luminosa e diminuiu com o decréscimo no nível da intensidade, o que não ocorreu no presente estudo, mas o número de constituintes identificados foi maior nas plantas cultivadas a 100% de luminosidade (Li et al., 1996).

Diferenças na composição química dos óleos essenciais do corte pós-plantio e do corte pós-rebrota também foram observadas. Os constituintes limoneno, *iso*-pulegol, α -terpineol e 3-metil-butanoato de 3Z-hexenila, que foram detectados no óleo do corte pós-plantio, não foram detectados no corte pós-rebrota. Já o constituinte β -bourboneno foi detectado no corte pós-rebrota, mas não foi detectado no óleo do corte pós-plantio (Tabela 2). Em relação à concentração relativa dos constituintes, não foram observadas diferenças consideráveis. Semelhante ao resultado do corte pós-plantio, os tratamentos que apresentaram maiores teores de mentol no cultivo protegido (95,08%, malha

azul; 93,87%, malha vermelha e 92,96%, malha preta) apresentaram, em direção oposta, menores teores de mentona (0,63%, 0,83% e 1,11%, respectivamente). Comportamento similar foi observado nas plantas sob pleno sol, cuja concentração relativa de mentol foi 93,71% e de mentona, 0,63% (Tabela 2).

Essa correlação oposta, segundo Glenn & Croteau (2004), se deve à conversão de mentona para mentol por meio da enzima (-)-mentol redutase, durante a biossíntese de terpenos em plantas do gênero *Mentha*. Assim, a qualidade espectral pode ter interferido na conversão da mentona a mentol (Figura 3).

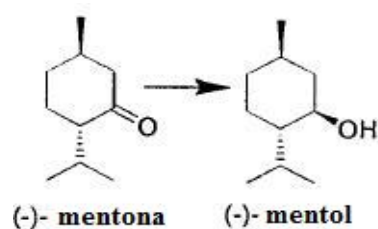


FIGURA 3 Conversão da mentona a mentol, durante a rota de biossíntese de terpenos em plantas do gênero *Mentha*.

O florescimento precoce das plantas de *M. arvensis* cultivadas a pleno sol em relação às cultivadas sob as malhas com 50% de sombreamento pode ser um fator determinante no teor e na composição do óleo essencial. Czepak (1998), que estudou épocas ideais de colheita de *M. arvensis*, sugeriu que o florescimento e o pós-florescimento podem ter influenciado o teor e a qualidade do óleo produzido. Durante o florescimento de *Rosmarinus officinalis* ocorre o aumento nos níveis do ácido carnósico (composto fenólico diterpênico) nas folhas e flores (Del Baño et al. 2004a), enquanto a concentração de flavonóides nos ramos das folhas aumenta durante o desenvolvimento das folhas (Del Baño

et al. 2004b). Desse modo, a concentração de determinados metabólitos secundários pode estar relacionada aos estágios de desenvolvimento do vegetal, ocorrendo o acúmulo de diferentes compostos devido a processos de síntese e transporte nas diferentes etapas do desenvolvimento da planta (Dixon e Paiva, 1995).

Na hortelã-japonesa, embora apresente grande diversidade de constituintes, os principais são os monoterpenos, que têm a função ecológica de proteger contra estresses bióticos e abióticos (Gershenzon & Croteau, 1991; Seigler, 1998). A pleno sol, as condições de cultivo são consideradas mais estressantes para a planta. Segundo Mattos (2002), o óleo essencial de uma planta é bastante influenciado por fatores ambientais. Essas condições, de acordo com Badi et al. (2004), promovem alterações tanto em rotas de síntese e degradação de compostos quanto na expressão gênica em resposta a algum tipo de estresse, promovendo alterações no crescimento e na quantidade ou na qualidade dos compostos secundários produzidos pelos vegetais.

Calculando a porcentagem de mentol em relação ao teor de óleo essencial produzido na biomassa seca da parte aérea das plantas de hortelã-japonesa nos dois cortes, pode-se notar maior teor de mentol nas plantas produzidas a pleno sol e, de modo geral, maior teor de mentol no corte pós-rebrota, realizado em junho (Figura 4).

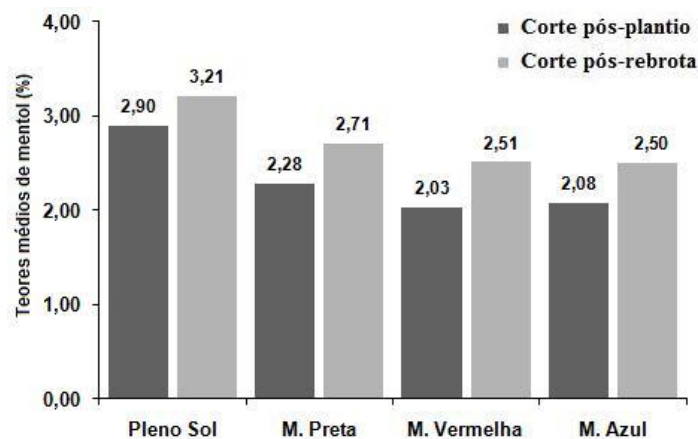


FIGURA 4 Teores relativos de mentol na biomassa seca da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* L. cultivada sob pleno sol e sombreamento (50%) com malhas preta, vermelha e azul, avaliados pós-plantio e pós-rebrota.

Dessa maneira, os pequenos incrementos observados na concentração relativa de mentol no óleo essencial das plantas cultivadas sob as malhas vermelha e azul não implicaram em aumento do teor de mentol na planta, devido ao maior teor e rendimento de óleo essencial nas plantas a pleno sol. Como discutido anteriormente, esse maior teor de mentol nas plantas cultivadas a pleno sol pode estar ligado a uma resposta as condições mais adversas e estressantes que ocorrem nesse ambiente. Segundo Firmage (1981), os efeitos das variações de luz e de temperatura podem influenciar a formação dos monoterpenos. As baixas intensidades luminosas e temperaturas causaram variações significativas na quantidade de alguns componentes principais desses metabolitos e no rendimento total.

Analisando-se os dados da Tabela 2 e da Figura 4, podem-se notar alterações na composição química, tanto no número de constituintes

identificados quanto no teor do óleo extraído no corte pós-plantio (março) em relação ao do corte pós-rebrota (junho). Essas alterações podem ser devido às condições climáticas vigentes, pois, durante o período de cultivo das plantas colhidas pós-plantio, houve variações em relação às condições durante o cultivo das plantas colhidas pós-rebrota (Tabela 1). Lima et al. (2003) afirmam que o fotoperíodo também influencia o teor e a composição dos óleos essenciais, o que pode ter provocado variações no teor e na composição química dos óleos essenciais em dias curtos, no segundo corte das plantas. Em estudos realizados por Farooqi et al. (1999), com três espécies de menta, incluindo *Mentha arvensis* L., foi demonstrado que o fotoperíodo provocou alterações na composição química dos óleos. Segundos os autores, as condições de dias curtos podem ter influenciado a rota metabólica do mentol e alterado o seu teor, bem como o dos constituintes que compõem sua rota, como a mentona, a *iso*-mentona, o limoneno, a piperitona e outros.

6 CONCLUSÕES

As plantas de *Mentha arvensis* L. têm maior teor e rendimento de óleo essencial quando cultivadas a pleno sol, dispensando o uso de malhas. O cultivo sob as malhas não afetou consideravelmente a composição química qualitativa e quantitativa do óleo essencial.

7 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo suporte financeiro.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gás chromatography/quadrupole mass spectrometry**. Allured: Illinois, 2001. 421 p.

AMARAL, T. A. **Crescimento, características estruturais e teor de óleo essencial de *Mentha suaveolens* Ehrh., cultivada sob telas coloridas**. 2007. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ANTONIOUS, G. F.; KASPERBAUER, M. J. Color of light reflected to leaves modifies nutrient of carrot roots. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 4, p. 1211-1216, July/Aug. 2002.

BADI, H. N.; YAZDANI, D.; ALI, S. M.; NAZARI, F. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 19, n. 3/4, p. 231-236, Nov./Dec. 2004.

BATSCHAUER, A. Photoreceptors of higher plants. **Planta**, Berlin, v. 206, n. 4, p. 479-492, Oct. 1998.

BLANCO, M. C. G. **Cultivo comunitário de plantas medicinais**. Campinas: CATI, 2000. 36 p.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; ROSAL, L. F.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FERRI, P. H.; CORRÊA, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, ago. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas de 1961- 1990**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 84 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999.

CORRÊA, R. M. **Adubação orgânica, intensidade e qualidade de luz no crescimento da plantas, características anatômicas e composição química do óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.)**. 2008. 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CZEPAK, M. P. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito frequências de colheita de menta (*Mentha arvensis* L.). In: MING, L. C. (Coord.). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, 1998. v. 2, p. 53-79.

DEL BAÑO, M. J.; LORENTE, J.; CASTILHO, J.; BENAVENTE-GARCIA, O.; DEL RIO, J. A.; ORTUNO, A.; QUIRIN, K. W.; GERARD, D. Phenolic diterpenes, flavones, and rosmarinic acid distribution during the development of leaves, flower, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis*. Antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 15, p. 4247-4253, June 2004a.

DEL BAÑO, M. J.; LORENTE, J.; CASTILHO, J.; BENAVENTE-GARCIA, O.; DEL RIO, J. A.; ORTUNO, A.; MARIN M. P.; BARRA, I. Flavonoid distribution during the development of leaves, flower, stems, and roots of *Rosmarinus officinalis*. Postulation of a biosynthetic pathway. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 16, p. 4987-4992, July 2004b.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **The Plant Cell**, Rockville, v. 7, n. 7, p. 1085-1097, July 1995.

DORMAN, H. J. D.; KOSAR, M.; KAHLOS, K.; HOLM, Y.; HILTUNEN, R. Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, Hybrids, Varieties, and Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 16, p. 4563-4569, June 2003.

FAROOQI, A. H. A.; SANGWAN, N. S.; SANGWAN, R. S. Effect of different photoperiodic regimes on growth, flowering and essential oil in *Mentha* species. **Journal of Plantgrowth Regulation**, New York, v. 29, n. 2, p. 181-187, Feb. 1999.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - sistema de análise de variância: versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.

FIRMAGE, D. H. Environmental influences on the monoterpene variation in *Hedeoma drummondii*. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 53-58, Jan. 1981.

FRANKLIN, K. A.; WHITELAM, G. C. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. **Annals of Botany**, London, v. 96, n. 2, p. 169-175, Aug. 2005.

FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; VIEIRA, I. J. C. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 9, p. 887-894, 2004.

GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. **Herbivores**: their interaction with secondary plant metabolites. San Diego: Academic, 1991. v. 1, 452 p.

GLENN, T. W.; CROTEAU, R. Organization of monoterpene biosynthesis in mentha. Immunocytochemical localizations of geranyl diphosphate synthase, limonene-6-hydroxylase, isopiperitenol dehydrogenase, and pulegone reductase. **Plant physiology**, Washington, v. 136, n. 4, p. 4215-4227, Dec. 2004.

HEDGE, I. C. A global survey of the biogeography of the Labiatae. In: HARLEY, R. M.; REYNOLDS, T. (Ed.). **Advance in labiatae science**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p. 7-17.

KASPERBAUER, M. J.; HAMILTON, J. L. Chloroplast structure and starch grain accumulation in leaves that received different red and far-red levels during development. **Plant Physiology**, Washington, v. 74, n. 4, p. 967-970, Apr. 1984.

KASPERBAUER, M. J.; PEASLEE, D. E. Morphology and photosynthetic efficiency of tobacco leaves that receive end-of day red or far red light. **Plant Physiology**, Washington, v. 52, n. 5, p. 440-442, Nov. 1973.

KIM, S. J.; HAHN, E. J.; HEO, J.; PAEK, K. Y. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, n. 2, p. 143-151, June 2004.

KUMAR, S.; BAHL, J. R.; BANSAL, R. P.; GUPTA, A. K.; SINGH, V.; SHARMA, S. High economic returns from companion and relay cropping of bread wheat and menthol mint in the winter-summer season in north Indian plains. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 15, n. 2/3, p. 103-114, June/Sept. 2002.

LEE, D. W.; OBERBAUER, S. F.; KRISHNAPILAY, B.; MANSOR, M.; MOHAMAD, H.; YAP, S. K. Effects of irradiance and spectral quality on seedling development of two Southeast Asian *Hopea* species. **Oecologia**, Berlin, v. 110, n. 1, p. 1-9, Jan./Apr. 1997.

LI, S.; RAJAPAKSE, N. C.; YOUNG, R. E.; OI, R. Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photoselective plastic films. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 84, n. 2, p. 215-225, Feb. 2000.

LI, Y.; CRAKER, L. E.; POTTER, T. Effect of light on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgaris*). **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 426, p. 419-426, 1996.

LIMA, H. R. P.; KAPLAN, M. A. C.; CRUZ, A. V. M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, Seropedica, v. 10, n. 2, p. 71-77, ago./dez. 2003.

MACEDO, A. F.; LAGE, C. L.; ESQUIBEL, M. A.; SOUZA, M. M.; SILVA, K. L.; NIERO, R.; CECHINEL-FILHO, V. Preliminary phytochemical and pharmacological studies on plantlets of *Alternanthera brasiliana* cultured under different spectral quality of lights. **Acta Farmacêutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 4, n. 23, p. 515-519, dez. 2004.

MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais**: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. 2. ed. Fortaleza: UFC, 2000.

MATTOS, S. H.; INNECCO, R. Idade ideal de corte da *Mentha arvensis* L. como produtora de óleo essencial e mentol para o estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 5, n. 1, p. 15-18, jan. 2002.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; SILVA, A. P. O. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 102-107, dez. 2008.

MCMAHON, M. J.; KELLY, J. W. Anatomy and pigments of chrysanthemum leaves developed under spectrally selective filters. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 64, n. 2-3, p. 203-209, Feb. 1995.

MING, L. C. Adubação orgânica no cultivo de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. – verbenaceae. In: MING, L. C. (Coord.). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, 1998. v. 1, p. 165-191.

MING, L. C.; CORREA JÚNIOR, C.; BARROS, I. B. I.; MATTOS, J. K. A. **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, 1998. v. 2, 220 p.

MORINI, S.; MULEO, R. Effects of light quality on micropropagation of woody species. In: JAIN, S. M.; ISHII, K. **Micropropagation of woody trees and fruits**. Dordrecht: Kluwer, 2003. p. 3-35.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **PC version of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database**. Gaithersburg: Department of Commerce, 1998.

OLIVEIRA, M. I.; CASTRO, E. M.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 56-62, jan. 2009.

OREN-SHAMIR, O. M.; GUSSAKOVSKY, E. E.; SHPIEGEL, E.; LEVI, A. N.; RATNER, K.; OVADIA, R.; SHAHAK, Y. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal Horticultural Science Biotechnology**, Kingdon, v. 76, n. 56, p. 336-353, Jan. 2001.

SALES, J. F.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; SILVA, F. G.; CORREA, R. M.; CARVALHO, J. G. Germinação de sementes, crescimento da planta e

composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* EPL., Lamiaceae. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 60-68, Jan. 2009.

SEIGLER, D. S. **Plant secondary metabolism**. Boston: Kluwer Academic, 1998. 285 p.

SHAHAK, Y.; GUSSAKOVSKY, E. E.; GAL, E.; GAELEVIN, R. Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 659, p. 143-161, Feb. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VAN DEN DOOL, D. H.; KRATZ, P. D. J. A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 11, p. 463-471, Sept. 1963.

CAPÍTULO 4

CRESCIMENTO, TEOR E RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL EM PLANTAS DE *Mentha arvensis* L. SOB DIFERENTES MALHAS E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO.

1 RESUMO

A irradiância é um componente vital para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, em função da sua importância nas reações luminosas da fotossíntese. A utilização da energia radiante pelos vegetais afeta diferentes respostas em relação ao padrão de desenvolvimento e à produção de matéria seca e síntese de metabólitos. Objetivou-se avaliar o crescimento, o teor

e o rendimento de óleo essencial de plantas de *Mentha arvensis* L cultivadas sob malhas termorefletora aluminizada e preta de diferentes níveis de sombreamento. O experimento constou do cultivo de plantas sob os dois tipos de malha (aluminizada e preta), com diferentes níveis de sombreamento: 30%, 50% e 70% de interceptação da radiação solar e a pleno sol (testemunha). Os vasos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), esquema fatorial 2x4, com cinco repetições e cada parcela composta pela média de quatro vasos (uma planta por vaso), 20 vasos por tratamento, totalizando 160 vasos. As variáveis de respostas avaliadas foram biomassa seca de folhas, caules, parte aérea, raízes e estolões e total; razão raiz/parte aérea; área foliar total; razão de área foliar; razão de peso foliar; área foliar específica; peso específico foliar; teor e rendimento do óleo essencial. O tipo de malha não influenciou o crescimento, o teor e o rendimento das plantas de *Mentha arvensis*, exceto para a variável área foliar total. O sombreamento promovido pelas malhas diminuiu o crescimento, o teor e o rendimento do óleo essencial. Portanto, o cultivo de menta deve ser realizado a pleno sol, não sugerindo consórcio com espécies de porte que possam sombreá-la.

Palavras-chave: Planta aromática, sombreamento, crescimento, óleo essencial, menta.

2 ABSTRACT

The irradiance is a vital compound for plants growth and development because of the light reaction in the photosynthesis. The use of radiant energy by plants affects different response to the relationship to the development pattern and the dry matter and metabolites synthesis. Aimed to evaluate the growth, content and *Mentha arvensis* L. plants essential oil yield, cultured under aluminized thermo reflective screens and black in different shading levels. The

experiment used plants cultured under two kinds of nets (aluminized and black) with different shading levels: 30, 50 and 70% of the solar radiation interception and (control) under full sun light. The post were randomized complete block design in a factorial scheme of 2 x 4, five replications and each plot was four pots (one plant per pot), 20 pots per treatment in a total of 160 pots. It were evaluate dry leaves biomass, stalks, aerial parts, roots and stolons and total biomass; root/aerial ratio; total foliar area; foliar area ratio; foliar weight ratio; specific foliar area; foliar specific weight; essential oil content and yield. The kind of net did not influenciante growth, *M. arvensis* L. plant content and yield, except for total foliar area. The shading from the screen decrease growth, essential oil content and yield. However, mint culture should be done under full sun light and not with others plants that could possible shade them.

Key words: Aromatic plant, shading, growth, essential oil, mint.

3 INTRODUÇÃO

A hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L.) é uma planta medicinal e aromática também conhecida popularmente como hortelã-japonesa, vick, hortelã-do-brasil ou, simplesmente, menta (Martins et al, 1995). Menta é o nome comum de, aproximadamente, 25 espécies perenes do gênero *Mentha*, que se

desenvolve melhor em regiões de clima temperado. O nome é bem mais usado para se referir a algum membro das Lamiaceae, frequentemente chamadas de “família das mentas”, pelo fato de as plantas serem caracterizadas por suas folhagens aromáticas. São cultivadas como ervas, cujas folhas podem ser secas e usadas como flavorizantes, e seu óleo essencial é usado como aromatizante e em fragrâncias, na indústria farmacêutica e como condimento alimentar (Joly, 1983).

O ambiente no qual o vegetal se desenvolve e o tipo de cultivo influenciam na produção de biomassa seca e óleos essenciais. Portanto, no cultivo de espécies medicinais, devem-se levar em conta fatores genéticos, fisiológicos e ecológicos que influenciam sua produção (Tetenyi, 1991). A luz, como fonte primária de energia, é um dos principais fatores, relacionados à produtividade fotossintética, a serem considerados. A luz influencia diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, causando alterações morfofisiológicas em plantas cultivadas sob diferentes níveis de luz. A radiação, dentre outros fatores, desempenha papel relevante no controle dos processos associados ao acúmulo de biomassa e é um dos fatores responsáveis pela produção vegetal (Valio, 2001).

A luz influencia diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, causando alterações morfofisiológicas e, indiretamente, o teor e a composição de metabólitos especiais (Valio, 2001; Vilela & Ravetta, 2000). As folhas, em particular, podem ser muito afetadas pelas condições do meio, pois é o órgão vegetal de maior plasticidade, com grande capacidade de adaptação de suas estruturas internas, o que lhe confere amplo potencial de aclimação (Björkman, 1981). A estrutura foliar pode ser um forte indicador da disponibilidade de luz durante as fases de crescimento das plantas. O aumento dos níveis de luz proporciona aumentos na espessura foliar, na massa foliar, na

epiderme, no parênquima e no número total de células das folhas (Castro et al., 1998; Lee et al., 2000).

As malhas termorrefletoras, recentemente lançadas no mercado brasileiro, por serem revestidas de alumínio e terem fios retorcidos, fazem com que a temperatura do ambiente abaixe de 10% a 20%, fornecendo, em média, 15% de luz difusa ao ambiente, não afetando os processos fotossintéticos e, ainda, promovendo o sombreamento (Vischi Filho, 2002).

Diferentes espécies medicinais têm sido estudadas com a finalidade de determinar a iluminação satisfatória para maximizar o rendimento de óleo essencial. Por exemplo, o tomilho (*Thymus vulgaris* L. - Lamiaceae), cultivado em maior nível de irradiância, apresentou menor altura, brotos eretos com mais perfilhos, ramos e folhas mais grossas, maior área foliar, além de biomassa seca da parte aérea e raízes. Em contraste, plantas cultivadas em menor intensidade de luz apresentaram crescimento prostrado, com folhas menos espessas, mais largas e coloração verde levemente pálida (Letchamo et al., 1994; Letchamo & Gosselin, 1996).

Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito das malhas termoreefletores (Aluminet®) e preta (Sombrite) de diferentes níveis de sombreamento no crescimento, no teor e no rendimento de óleo essencial de plantas de *Mentha arvensis* L.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Gota de Esperança, a 879 metros de altitude, nas coordenadas de 21°14'07" de latitude sul e de 44°58'22" de longitude oeste, do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O município de Lavras está situado na região Sul do estado de Minas Gerais e de acordo com a classificação climática de Köppen, o

clima regional é do tipo Cwa, mas apresenta características de Cwb com duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro, e outra quente e úmida, de outubro a março (Brasil, 1992).

4.1 Obtenção do material vegetal

Exsicatas da espécie estão depositadas no herbário ESAL, do Departamento de Biologia da UFLA, sob o registro n° 3636. As mudas de hortelã-japonesa foram produzidas a partir de plantas matrizes, utilizando-se microestacas apicais de 5 cm de comprimento e 2 mm de diâmetro e postas para enraizar em bandejas de poliestireno de 128 células, contendo o substrato comercial Plantmax[®]. Foram cultivadas em casa de vegetação com 70% de sombreamento, por 35 dias e, posteriormente, aclimatizadas por meio do aumento gradativo da intensidade luminosa.

4.2 Instalação do experimento

Em janeiro de 2009, as mudas de 10 cm de altura foram transplantadas para vasos de 10 L, contendo solo, areia e esterco bovino curtido (3:1:1). O solo foi submetido a análises químicas pelo Laboratório de Análise de Solos da UFLA e corrigido com aplicação de calcário, cuja dose recomendada foi obtida pelo método da saturação por bases (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999).

Os tratamentos foram caracterizados pelo cultivo das plantas sob dois tipos de malhas (Aluminet[®] e preta), cada malha com três diferentes níveis de disponibilidade de radiação solar incidente: 30%, 50% e 70% de interceptação da radiação solar (Figura 1).



FIGURA 1 Área experimental de cultivo, mostrando as estruturas com as malhas aluminizadas e pretas com diferentes níveis de sombreamento e a área a pleno sol.

As plantas também foram cultivadas a pleno sol (testemunha), ou seja, 0% de interceptação da radiação. Um total de 160 vasos foi aleatoriamente distribuído dentre as áreas experimentais sob sombreamento e a pleno sol, cada uma composta de 20 vasos. Os vasos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), esquema fatorial 2x4, com cinco repetições e cada parcela composta pela média de quatro vasos (1 planta vaso⁻¹). No final do mês de março, aos 90 dias após o transplante das mudas para os vasos, foi feito o corte das plantas. A irrigação foi realizada até o solo atingir a capacidade de campo, três vezes por semana.

4.3 Análises de crescimento

Ao final do período de cultivo das plantas de hortelã-japonesa, os seguintes parâmetros de crescimento foram avaliados: biomassa seca de folhas

(BSF, g planta⁻¹), caules (BSC, g planta⁻¹), parte aérea (BSPA, g planta⁻¹), raízes e estolões (BSR, g planta⁻¹), biomassa seca total (BST, g planta⁻¹), razão raiz/parte aérea (BSR/BSPA, g g⁻¹), área foliar total (AFT, dm²), razão de peso foliar (RPF, g g⁻¹), razão de área foliar (RAF, dm² g⁻¹), área foliar específica (AFE, dm² g⁻¹) e peso específico foliar (PEF, g dm⁻²).

Para a determinação da biomassa, as folhas e os caules foram colocados em sacos de papel kraft e acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 37±1°C, enquanto as raízes foram lavadas e, depois de retirada a umidade excessiva, foram também conduzidas à estufa. Os materiais vegetais foram secos até atingir peso constante, mensurando-se suas biomassas (g planta⁻¹).

Para a determinação da área foliar total (AFT) em cada etapa, plantas foram coletadas, pela manhã, entre 8h e 9h. As folhas foram destacadas dos ramos e realizou-se a detecção da área foliar de cinco plantas de cada tratamento (1 planta parcela⁻¹), em 100% das folhas, por meio de um integralizador de área foliar Model LI-3100, Área Meter marca Licor.

A razão da área foliar (RAF), a razão de peso foliar (RPF), a área foliar específica (AFE) e o peso específico foliar (PEF) foram determinados a partir dos valores de área foliar total (AFT), expressos em dm², da biomassa seca total de cada planta (BST) e da biomassa seca das folhas (BSF), expressos de acordo com Benincasa (2003):

$$\text{RAF}=\text{AFT}/\text{BST} \quad \text{RPF}=\text{BSF}/\text{BST} \quad \text{AFE}=\text{AFT}/\text{BSF} \quad \text{PEF}=\text{BSF}/\text{AFT}$$

4.4 Extração do óleo essencial

Para as extrações dos óleos essenciais, foi utilizado o método de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado. Amostras de 60 g da parte aérea pulverizada (Malha 20 mesh) das plantas foram, imediatamente após a moagem, transferidos para um balão de destilação de 2.000 mL. O volume de 1.200 mL de água destilada foi acrescentado, procedendo-se a hidrodestilação

por 1 hora. A mistura resultante de água e óleo volátil foi coletada e o óleo foi extraído com diclorometano (3x25 mL), empregando-se partição líquido-líquido em funil de separação. As frações orgânicas de cada repetição foram reunidas e secas com uma porção de cerca de 3 g de sulfato de magnésio anidro. O sal foi removido por filtração simples e o solvente evaporado, à temperatura ambiente, sob capela de exaustão de gases até atingir peso constante, obtendo-se, então, o óleo essencial. As massas dos óleos essenciais foram determinados em balança digital, com sensibilidade 0,0001 g e calculados seus teores percentuais ($p\ p^{-1}$) e rendimento ($g\ planta^{-1}$) por peso na parte aérea das plantas secas. Os volumes de óleos essenciais foram obtidos por meio de leitura direta no aparelho de Clevenger modificado graduado e calculados seus teores ($v\ p^{-1}$) e rendimentos ($mL\ planta^{-1}$) na parte aérea das plantas. O teor percentual e o rendimento do óleo volátil foram calculados pelas fórmulas: teor por peso (%) = [massa do óleo (g)/60 g] x 100; teor por volume (%) = [volume do óleo (mL)/60 g] x 100; rendimento por peso ($g\ planta^{-1}$) = [Tp (%) x BSPA (g)]/100 e rendimento por volume ($mL\ planta^{-1}$) = [Tv (%) x BSPA (g)]/100.

4.5 Análise estatística

A análise estatística dos dados obtidos foi realizada pelo programa SISVAR[®] - versão 4.3 (Ferreira, 2003). As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância pelo teste de F ($P < 0,05$). Para comparação dos dois tipos de malha, foram empregados o teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) e a análise de regressão polinomial para comparação dos diferentes níveis de sombreamento e os gráficos plotados no Microsoft Excel[®].

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo de biomassa seca das plantas de *M. arvensis* ocorreu de forma independente entre os fatores avaliados, ou seja, não houve interação significativa entre o tipo de malha e os níveis de sombreamento. Assim, analisando-se a influência das malhas e dos diferentes níveis de sombreamento, pode-se observar que as malhas aluminizada e preta não influenciaram a produção de biomassa seca das plantas de *M. arvensis* L. (Tabela1). Segundo Vischi Filho, (2002), o uso da malha termorrefletora revestida de alumínio reduz a temperatura ambiente e fornece, em média, 15% de luz difusa ao ambiente, o que, no presente estudo, não contribuiu para maior acúmulo de biomassa seca em relação à malha preta.

Os níveis de sombreamento influenciaram o acúmulo de biomassa seca pelas diferentes partes da planta (Figura 2). A biomassa seca das folhas (BSF), dos caules (BSC), da parte aérea (BSPA), das raízes e estolões (BSR) e total (BST) teve comportamento linear decrescente nas duas malhas estudadas; para cada 10% de aumento no sombreamento, ocorre decréscimo de 2,729 g planta⁻¹ da BSF, 1,839 g planta⁻¹ da BSC, 4,569 g planta⁻¹ da BSPA, 5,757 g planta⁻¹ da BSR e 10,327 g planta⁻¹ da BST. A maior produção de biomassa seca foi obtida nas plantas cultivadas a pleno sol, diminuindo linearmente com o aumento do sombreamento. Estes dados de crescimento mostram que a espécie não é apropriada para cultivo em consórcio com espécies de porte mais alto.

TABELA 1 Biomassa seca das folhas (BSF), dos caules (BSC), da parte aérea (BSPA), das raízes e estolões (BSR) e total (BST), e relação raiz/parte aérea (BSR/BSPA) de *Mentha arvensis* L. cultivadas por 90 dias sob malhas aluminizada e preta.

Tratamentos	Parâmetros (g planta ⁻¹)
-------------	--------------------------------------

	BSF	BSC	BSPA	BSR	BST	BSR/ BSPA
Aluminizada	23,55 a	14,92 a	38,48 a	36,57 a	75,05 a	0,9503 a
Preta	23,47 a	14,33 a	37,80 a	35,90 a	73,71 a	0,9497 a
Média geral	23,51	14,62	38,14	36,24	12,10	4,62
CV (%)	8,72	18,70	11,91	12,94	74,38	0,9500

As médias não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Respostas sobre o crescimento das plantas demonstram que as espécies respondem de maneira distinta ao sombreamento. Resultados encontrados em vários trabalhos mostram maior produção de biomassa seca a pleno sol, como em *Ocimum selloi* Bent. (Gonçalves, 2001), *Baccharis trimera* A. P. de Candolle (De Bona et al., 2003), *Baccharis trimera* (Less) D.C. (Silva et al., 2006) e *Artemisia vulgaris* L. (Oliveira et al., 2009). Por outro lado, são encontradas espécies em que o sombreamento parcial proporcionou melhores resultados, como *Bauhinia forficata* Link (Atroch, 2001), *Muntingia calabura* L. (Castro et al., 1996) e *Mikania glomerata* Sprengel (Castro et al., 2005). Lima Júnior et al. (2005) observaram que ocorreu maior acúmulo de biomassa seca em plantas de camboatã (*Cupania vernalis* Camb) cultivadas sob 50% de sombreamento em relação às cultivadas a pleno sol.

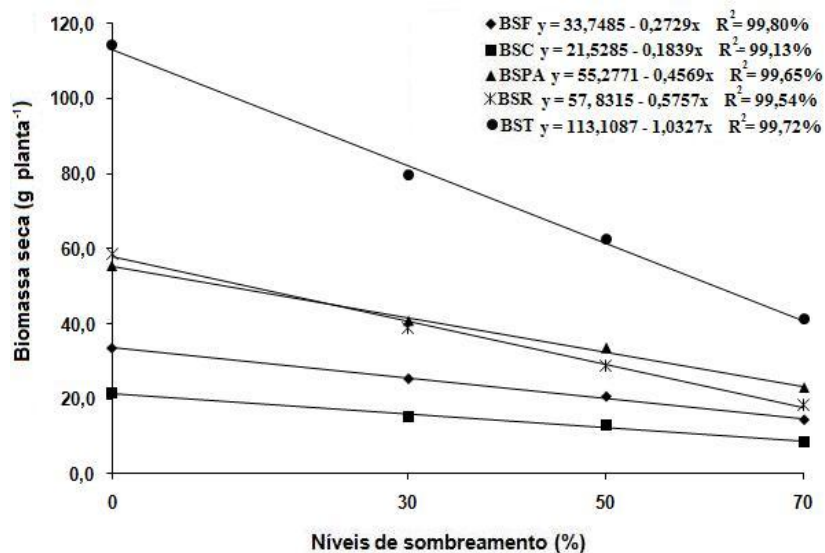


FIGURA 2 Biomassa seca das folhas (BSF), dos caules (BSC), da parte aérea (BSPA), das raízes e estolões (BSR) e total (BST), de *Mentha arvensis* L. cultivadas por 90 dias sob diferentes níveis de sombreamento. Significativo pelo teste de F ($P < 0,05$).

O aumento da biomassa seca ocorre pela variação das divisões celulares e no padrão de expansão celular. Romero et al. (2002) relatam que o gênero *Aloysia* tem plantas com característica de sub-bosque, ocorrendo em ambientes com sombreamento parcial; portanto, são plantas que necessitam de certa porcentagem de sombra, o que não foi observado no presente estudo com *M. arvensis*, que tolera um certo nível de sombreamento, contudo, necessita da radiação solar plena para ter seu máximo desempenho produtivo.

A razão entre biomassa das raízes e estolões e a parte aérea (BSR/BSPA) também decresceu linearmente $0,0037 \text{ g g}^{-1}$ com o aumento do sombreamento. Isso mostra um favorecimento da alocação de biomassa seca das raízes e

estolões em relação a parte aérea das plantas, à medida que o nível de sombreamento diminui (Figura 3).

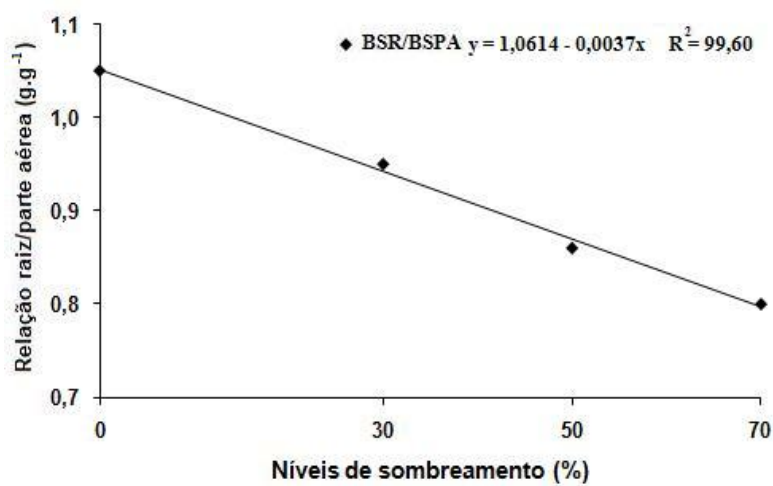


FIGURA 3 Relação biomassa seca das raízes e estolões (BSR) e biomassa seca da parte aérea (BSPA) de plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas por 90 dias sob diferentes níveis de sombreamento. Significativo pelo teste de F ($P < 0,05$).

Segundo Castro et al. (2005), existe uma alocação preferencial de fotoassimilados para o sistema radicular nas plantas cultivadas a pleno sol em detrimento de plantas cultivadas sob baixas condições de luminosidade. Almeida (2001) explica essa queda na alocação de fotoassimilados para as raízes, com a diminuição da luminosidade, como sendo uma resposta a atributos que melhoram o ganho de carbono sobre irradiância reduzida.

Em relação às análises foliares, a interação entre malhas e níveis de sombreamento foi significativa para área foliar total (AFT), ou seja, a área foliar

total das plantas cultivadas em cada malha apresentou comportamentos distintos nos diferentes níveis de sombreamento (Figura 4).

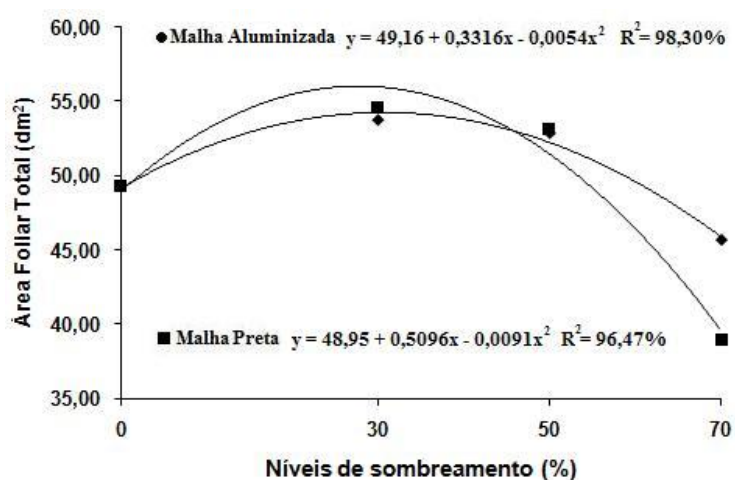


FIGURA 4 Área foliar total (AFT), desdobramento da interação: níveis de sombreamento dentro da malha aluminizada e da malha preta de plantas de *M. arvensis*, após 90 dias de cultivo. Significativo pelo teste de F ($P < 0,05$).

A AFT das plantas cultivadas na malha termorrefletora aluminizada teve comportamento quadrático, com a área máxima estimada de $54,25 \text{ dm}^2$ obtida com $30,70\%$ de sombreamento. As plantas cultivadas na malha preta também tiveram comportamento quadrático, com a área máxima estimada de $56,08 \text{ dm}^2$ obtida com $28,00\%$ de radiação. Pode-se observar, na Figura 4, que a AFT das plantas cultivadas sob a malha preta tem uma queda mais acentuada em relação às plantas cultivadas na malha aluminizada.

Observa-se também que, mesmo as plantas de *M. arvensis* acumulando menos biomassa seca das folhas com o aumento do sombreamento (Figura 2), elas conseguem expandir sua área foliar total até um sombreamento de 28% sob malha preta e 30,7% sob a malha aluminizada. A partir daí, a AFT começa a cair, indicando que as plantas não conseguem mais captar energia solar necessária para expansão da área foliar e suprir seus outros órgãos. Lopes et al. (1986) afirmam que a redução da intensidade luminosa pode, muitas vezes, ficar aquém do ponto de saturação luminosa, reduzindo o processo fotossintético e, com isso, a produção de biomassa seca.

O aumento da área foliar decorre de ampliação da superfície fotossintetizante na planta, visando maximização da absorção luminosa (Scalon et al., 2001). Em geral, folhas sombreadas podem ter área superficial de 20% a 80% maior do que folhas crescidas ao sol (Nobel, 1991). A redução no nível de radiação incidente induziu as plantas a investirem maior proporção dos seus recursos no crescimento em altura e em área foliar. O aumento na área foliar total pode decorrer tanto de aumento na expansão celular quanto de aumento no número de divisões celulares ao longo da lâmina foliar (Friend & Pomeroy, 1970).

Para as características área foliar específica (AFE), peso específico foliar (PEF), razão de área foliar (RAF) e razão do peso foliar (RPF) das plantas cultivadas sob as malhas aluminizada e preta, nos diferentes níveis de sombreamento, não foram observadas interações significativas. Assim, analisando o efeito individual das malhas, constata-se que não houve diferença estatística para AFE, PEF, RAF e RPF das plantas cultivadas na malha aluminizada em relação à malha preta (Tabela 2).

Já os níveis de sombreamento impostos pelas malhas afetaram AFE, PEF, RAF e RPF das plantas de *M. arvensis* (Figuras 5 e 6A). AFE, RAF, RPF e PEF aumentaram de forma linear com os aumentos dos níveis de sombreamento;

a cada 10% de acréscimo no sombreamento, estima-se um aumento de 0,219 $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$, 0,087 $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$, 0,00747 g g^{-1} e 0,0497 g dm^{-2} , respectivamente.

TABELA 2 Área foliar específica (AFE), peso específico foliar (PEF), razão de área foliar (RAF) e razão do peso foliar (RPF) de *Mentha arvensis* L., cultivadas por 90 dias sob malhas aluminizada e preta.

Tratamentos	Parâmetros			
	AFE ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$)	PEF (g dm^{-2})	RAF ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$)	RPF (g g^{-1})
Aluminizada	2,3055 a	0,4714 a	0,7485 a	0,3205 a
Preta	2,2890 a	0,4660 a	0,7630 a	0,3290 a
Média Geral	2,2972	0,4687	0,7557	0,3247
CV (%)	10,33	7,36	12,88	5,07

As médias não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

A AFE relaciona componentes morfoanatômicos (superfície da folha, peso da biomassa seca da própria folha) (Benincasa, 2003). Assim, a AFE é um indicativo da espessura da folha e estima a proporção relativa da superfície assimilatória e dos tecidos de sustentação e condutores da folha, indicando que as folhas de *Mentha arvensis* são mais espessas nas condições a pleno sol. Moraes Neto et al. (2001) sugerem que, sob pleno sol, a menor área foliar e a maior espessura do parênquima paliçádico podem levar a uma maior concentração de clorofila por unidade de área foliar e disposição dos cloroplastos em camadas sobrepostas ao longo de paredes radiais das células do mesofilo, o que pode proporcionar proteção contra os efeitos fotodestrutivos em intensidades de luz altas e promover maior absorção de luz por menor unidade de área foliar.

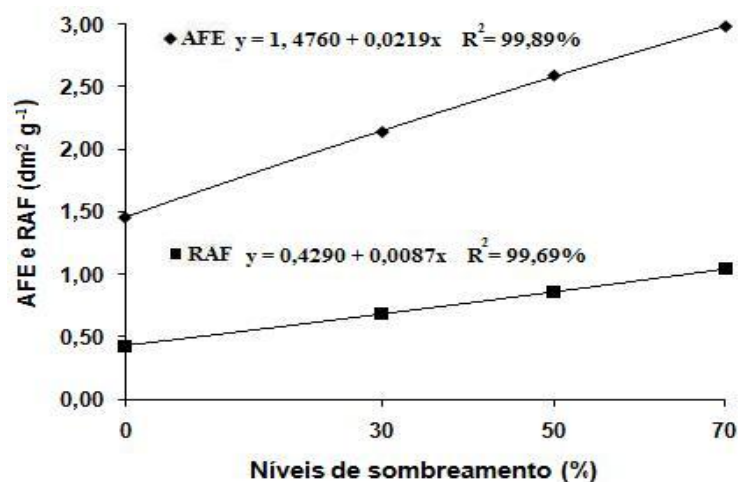


FIGURA 5 Área foliar específica (AFE) e razão de área foliar (RAF) em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas por 90 dias sob diferentes níveis de sombreamento. Significativo pelo teste de F ($P < 0,05$).

Os aumentos RAF constituem uma adaptação da planta à baixa luminosidade, representando maior proporção de tecido fotossinteticamente ativo na forma de área foliar (Benincasa 2003). Em *M. arvensis*, a RAF aumentou com o aumento nos níveis de sombreamento (Figura 5). Martins et al. (2008) também observaram que as plantas de *Melissa officinalis* cultivadas a pleno sol tiveram baixa RAF em relação àquelas cultivadas sob sombreamento. Segundo esses autores, a baixa RAF nas plantas cultivadas a pleno sol pode ser considerada benéfica, uma vez que menos material vegetal é exposto a eventuais danos causados pela alta intensidade de luz. De acordo com Aguilera et al.

(2004), a baixa razão de área foliar a pleno sol é um indicativo da capacidade da planta de se adaptar a diferentes condições de luminosidade.

A RPF expressa à fração de biomassa seca não exportada das folhas para outras partes da planta (Benincasa, 2003). No presente estudo, as plantas de *M. arvensis* apresentaram um aumento na RPF com o aumento do sombreamento (Figura 6B). Isso indica que a proporção de biomassa seca retida nas folhas e aquela exportada para as demais partes das plantas aumentaram com a diminuição da radiação solar.

Maior PEF indica folhas mais espessas e maior produtividade de biomassa. Segundo Taiz & Zeiger (2004), esse maior espessamento foliar é um mecanismo de proteção da planta contra as altas irradiações. Plantas cultivadas a pleno sol desenvolvem limbos foliares com maior espessura em relação às plantas cultivadas em locais com diferentes níveis de sombreamento.

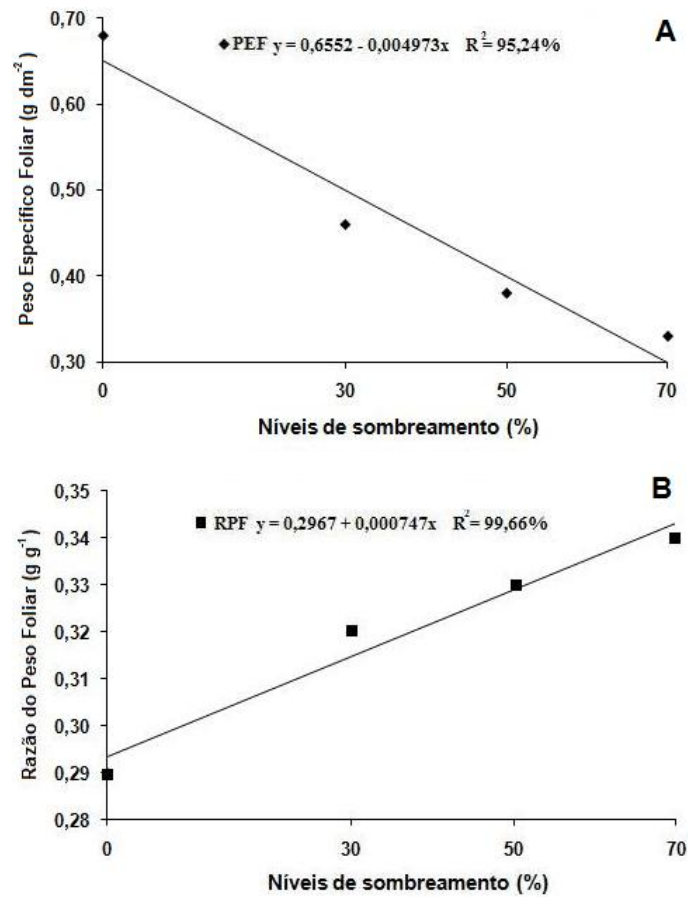


FIGURA 6 A. Peso específico foliar (PEF) e B. razão do peso foliar (RPF) em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas por 90 dias sob diferentes níveis de sombreamento. Significativo pelo teste de F ($P < 0,05$).

A análise dos dados referentes aos teores percentuais e rendimentos calculados pelo peso e volume mostraram não haver interação significativa entre os dois tipos de malha e os níveis de sombreamento fornecidos. Os teores e os

rendimentos de óleos essenciais calculados por peso e por volume não foram afetados pelos tipos das malhas (Tabela 3).

TABELA 3 Teores médios percentuais e rendimentos calculados por peso e por volume do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. cultivadas por 90 dias sob malha aluminizada e malha preta.

Tratamentos	Teores médios		Rendimentos médios	
	Peso(%)	Volume(%)	(g planta ⁻¹)	(mL planta ⁻¹)
Aluminizada	2,44 a	2,94 a	0,97 a	1,16 a
Preta	2,41 a	2,91 a	0,95 a	1,14 a
Média geral	2,42	2,93	0,96	1,15
CV (%)	4,05	4,47	11,51	12,13

As médias não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

As diferenças da malha termorrefletora aluminizada para a malha preta relatadas por Vischi Filho (2002) não influenciaram a produção de óleo essencial pelas plantas de *M. arvensis*. Contudo, os teores e os rendimentos foram afetados pelos níveis de sombreamentos impostos pelas malhas (Figuras 7 e 8).

Os teores baseados no peso e no volume diminuíram linearmente com a redução da radiação; a cada 10% de aumento no nível de sombreamento estimaram-se diminuições de 0,115% e 0,132%, respectivamente, nos teores dos óleos essenciais (Figura 7).

Os níveis de sombreamento também provocaram um decréscimo linear nos rendimentos baseados no peso e no volume do óleo essencial de *M. arvensis* (Figura 8). Os máximos rendimentos foram obtidos a pleno sol, diminuindo

0,184 mL planta⁻¹ e 0,154 g planta⁻¹ a cada 10% de sombreamento acrescentado pelas malhas.

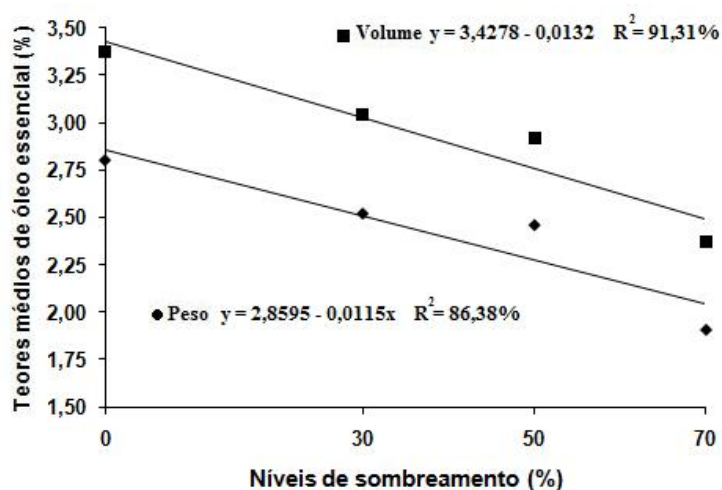


FIGURA 7 Teores médios percentuais calculados por peso e por volume do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. cultivadas por 90 dias sob diferentes níveis de sombreamento. Significativo pelo teste de F ($P < 0,05$).

O óleo essencial de uma planta é proveniente do metabolismo secundário, sendo, assim, bastante influenciado por fatores ambientais (Mattos, 2002). Por sua vez, a sua produção é, em geral, uma resposta ao estresse. Ming (1998) também observou, em seus estudos, que, em condições estressantes, há maior produção de óleo essencial, o que poderia explicar os maiores teores e rendimentos encontrados em plantas cultivadas em ambientes com maior intensidade luminosa. A resposta ao estresse seria uma estratégia adaptativa a esse ambiente, pelo fato de ele apresentar maiores taxas de evapotranspiração,

com maiores incidências de ventos e irradiância e, conseqüentemente, maior exigência hídrica.

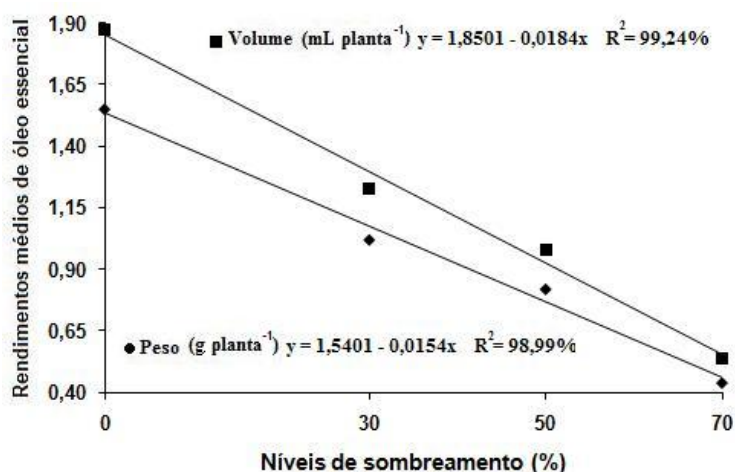


FIGURA 8 Rendimentos médios calculados por peso e por volume do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. cultivadas por 90 dias sob diferentes níveis de sombreamento. Significativo pelo teste de F ($P < 0,05$).

A redução na produção de óleo essencial em plantas sombreadas também foi encontrada, por Ventrela & Ming (2000), em erva-cidreira (*Lippia alba*); plantas submetidas a um nível maior de irradiância (pleno sol) tiveram elevação no teor de óleo essencial. O nível de radiação (pleno sol) também aumentou o rendimento de óleo essencial em carqueja (*Baccharis trimera*) (Silva et al. 2006). Li et al.(1996), pesquisando sálvia (*Salvia officinalis*), encontraram teor de óleo essencial menor em plantas cultivadas a 100% de irradiância, em relação às cultivadas a 45%.

Oliveira et al. (2009) demonstraram que, para *Artemisia vulgaris* L., as plantas cultivadas a pleno sol tiveram maior teor e rendimento de óleo essencial em relação às cultivadas sob telas com 50% de sombreamento. Em contrapartida, Sales et al. (2009) observaram que, para a espécie *Hyptis marruboides* (Lamiaceae), o teor de óleo essencial mostrou-se insensível aos níveis de irradiância, porém, o rendimento foi maior nas plantas crescidas com maior intensidade luminosa, devido à maior produção de biomassa seca da parte aérea. Já Amaral (2007) não observou a influência da intensidade nos teores de óleo essencial de *Mentha suaveolens*. Contudo, devido à maior produção de biomassa seca das folhas nas plantas sombreadas (50%), o rendimento do óleo essencial foi maior nas condições de sombreamento. Assim, pelo fato de o rendimento ser composto por duas variáveis, o teor na planta e a produção de biomassa seca da parte aérea, esta última variável é importante e influencia bastante o rendimento do óleo essencial por área.

O estudo mostrou que o cultivo de *M. arvensis* não pode ser realizado em consórcio com espécies que possam provocar sombreamento, o qual afeta o desenvolvimento da planta e o teor em rendimento de óleo essencial. O consórcio só é recomendado com espécies do mesmo porte da *M. arvensis*.

6 CONCLUSÃO

O tipo de malha não influenciou o crescimento, o teor e o rendimento das plantas de *Mentha arvensis*, exceto para a variável área foliar total.

O sombreamento promovido pelas malhas diminuiu o crescimento, o teor e o rendimento do óleo essencial. Assim, o cultivo deve ser realizado a

pleno sol e, no caso de consórcio, uso de espécies de mesmo porte, sem sombreamento.

7 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo suporte financeiro.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA, D. B.; FERREIRA, F. A.; CECON, P. R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, jan./mar. 2004.

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O. Afilhamento da aveia afetado pela qualidade de luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 393-400, set. 2001.

AMARAL, T. A. **Crescimento, características estruturais e teor de óleo essencial de *Mentha suaveolens* Ehrh., cultivada sob telas coloridas**. 2007. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ATROCH, E. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* LINK. submetidas as

diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 853-862, dez. 2001.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BJORKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.; NOBEL, P. S.; OSMONA, C. B.; ZIEGLER, H. (Ed.). **Physiological plant ecology: responses to the physical environment**. New York: Springer-Verlang, 1981. p. 57-60.

BONA, C. M. de; BIASI, L. A.; COSTA, G.; ZANETTE, F.; NAKASHIMA, T. Calagem e sombreamento na produção de biomassa e rendimento de óleo essencial em carqueja (*Baccharis trimera* A. P. de Candolle). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, n. 1, v. 6, p. 28-32, dez. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas de 1961- 1990**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 84 p.

CASTRO, E. M. de; ALVARENGA, A. A.; GOMIDE, M. B. Crescimento e distribuição de matéria seca de mudas calaboura (*Muntingia calabura* L.) submetida a três níveis de irradiância. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 4, p. 357-365, set. 1996.

CASTRO, E. M. de; GAVILANES, M. L.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, D. M. de; GAVILANES, T. O. T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, p. 31-35, jan. 1998.

CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; MELO, H. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A.; LIMA JÚNIOR, E. C. Aspectos anatômicos e fisiológicos de plantas de guaco submetidas a diferentes fotoperíodos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 846-850, jan. 2005.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - sistema de análise de variância: versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.

FRIEND, D. J. C.; POMEROY, M. E. Changes in cell size and number associated with the effects of light intensity and temperatures on the leaf morphology of wheat. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 48, n. 1, p. 85-90, Jan. 1970.

GONÇALVES, L. A. **Ontogenia dos tricomas glandulares e influência da radiação solar no desenvolvimento e no teor de óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth. (Lamiaceae)**. 2001. 95 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Nacional, 1983. 777 p.

LEE, D. W.; OBERBAUER, S. F.; JOHNSON, P.; KHIRNAPILAY, B.; MANSOR, M.; MOHAMAD, H.; YAP, S. K. Effects of irradiance and spectrum quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian *Hopea* (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 4, p. 447-455, Apr. 2000.

LETCHAMO, W.; GOSSELIN, A. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus vulgaris* influenced by light intensity and water supply. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 71, n. 1, p. 123-134, Jan. 1996.

LETCHAMO, W.; MARQUARD, R.; HOLZL, J.; GOSSELIN, A. Effects of supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. **Angewandte Botanik**, Berlin, v. 68, n. 3/4, p. 83-88, Oct. 1994.

LI, Y.; CRAKER, L. E.; POTTER, T. Effect of light on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgaris*). **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 426, p. 419-426, 1996.

LIMA JÚNIOR, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; OLIVEIRA, H. M. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1092-1097, dez. 2005.

LOPES, N. F.; OLIVIA, M. O.; CARDOSO, M. I.; GOMES, M. M. S.; SOUZA, V. F. Crescimento e conversão de energia solar em *Phaseolus vulgaris* submetido a três densidades de fluxo radiante e dois regimes hídricos. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 33, p. 142-114, 1986.

- MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M. de; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 220 p.
- MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; PINTO, J. E. B. P.; SILVA, A. P. O. Avaliação do crescimento e do teor de óleo essencial em plantas de *Ocimum gratissimum* L. cultivadas sob malhas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 102-107, dez. 2008.
- MATTOS, S. H.; INNECCO, R. Idade ideal de corte da *Mentha arvensis* L. como produtora de óleo essencial e mentol para o Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 5, n. 1, p. 15-18, jan. 2002.
- MING, L. C. Adubação orgânica no cultivo de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. – verbenaceae. In: MING, L. C. (Coord.). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares**: avanços na pesquisa agrônômica. Botucatu: UNESP, 1998. v. 1, p. 165-191.
- MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; TAKAKI, M. Produção de mudas de seis espécies arbóreas que ocorrem nos domínios da floresta atlântica, com diferentes substratos de cultivo e níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 277-87, set./dez. 2001.
- NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic, 1991. 635 p.
- OLIVEIRA, M. I.; CASTRO, E. M.; COSTA, L. C. B.; OLIVEIRA, C. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 56-62, jan. 2009.
- ROMERO, M. E. M. de; MARTINEZ, S.; ATKINS, S.; ROTMAN, A. D. Morfologia de lãs inflorescência em verbenaceae, verbenoideae. **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 40, n. 1, p. 1-15, ene./mar. 2002.
- SALES, J. F.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; SILVA, F. G.; CORREA, R. M.; CARVALHO, J. G. Germinação de sementes, crescimento da planta e composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubiioides* EPl., Lamiaceae. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 60-68, jan. 2009.

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista brasileira de fruticultura**, Cruz das Almas, v. 23, n. 1, p. 1-5, jan./abr. 2001.

SILVA, F. G.; PINTO, J. E. B. P.; CARDOSO, M. G.; NASCIMENTO, E. A.; NELSON, D. L.; SALES, J. F.; MOL, D. J. S. Influence of radiation level on plant growth, yield, and quality of essential oil in carqueja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 52-57, jan. 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TETENYI, P. Biological precoditions for cultivation and procescinal of medicinal plants. In: WIJESEKERA, R. O. B. **The medicinal plant industry**. Boca Raton: CRC, 1991. cap. 3, p. 33-41.

VALIO, I. F. M. Effects of Shading and removal of plant parts on Growth of *Trema micrantha* Seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v. 21, n. 1, p. 65-70, Jan. 2001.

VENTRELLA, M. C.; MING, L. C. Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva-cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 972-974, 2000. Suplemento.

VICHI FILHO, O. J. **Avaliação de casas de vegetação para fins quarentenários de flores, com diferentes graus de automação**. 2002. 126 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VILELA, A. E.; RAVETTA, D. A. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four Species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). **Journal of Arid Environments**, London, v. 44, n. 4, p. 415-423, Dec. 2000.

CAPÍTULO 5

OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE EXTRAÇÃO, MÉTODOS E TEMPERATURA DE SECAGEM NO TEOR E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Mentha arvensis* L.

1 RESUMO

A hortelã-japonesa (Família Lamiaceae) é uma planta aromática e medicinal, da qual se extrai um óleo essencial, rico em mentol, muito empregado nas indústrias farmacêutica, alimentícia, cosméticos e perfumes. Objetivou-se determinar o tempo de extração e avaliar diferentes métodos e temperaturas de secagem que proporcionem maior teor e rendimento do óleo essencial de plantas de *Mentha arvensis* L e preservem a sua composição química. Foram conduzidos três experimentos. No primeiro, a parte aérea das plantas foi submetida à secagem à sombra ($23\pm 5^{\circ}\text{C}$) e em estufa a 25° , 40° , 55° e 70°C . No segundo, a parte aérea foi submetida a quatro diferentes tipos de secagem: sombra ($23\pm 5^{\circ}\text{C}$), sol ($26\pm 5^{\circ}\text{C}$), sala fechada com desumidificador ($23\pm 3^{\circ}\text{C}$) e estufa (40°C). Em ambos os experimentos, extraíram-se óleos essenciais das plantas frescas como tratamento controle. No terceiro, a parte aérea, após a secagem em estufa 40°C até peso constante, foi submetida a quatro tempos de extração: 10, 30, 60 e 120 minutos, em aparelho de Clevenger modificado. Em todos os experimentos, o delineamento foi o inteiramente casualizado, com seis repetições de cada tratamento. A análise qualitativa do óleo foi realizada empregando-se técnicas usuais de cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). Com base nos resultados dos experimentos de secagem, recomenda-se a secagem à sombra ou em estufa, a 25°C ou a 40°C , para preservar os teores e a composição química do óleo essencial. O tempo de extração de 30 minutos foi o mais efetivo para a extração do óleo, pois associa o menor tempo de extração com eficiência do rendimento extrativo e preservação da composição química do óleo essencial.

Palavras-chave: Menta, secagem, extração, óleo essencial, cromatografia gasosa.

2 ABSTRACT

Mint (Lamiaceae Family) is an aromatic and medicinal plant from which essential oil rich in menthol is extracted, it is used in large scale in pharmacy,

food, cosmetic and perfume industry. The purpose of this work was to find out the extraction time and to evaluate the different methods and drying temperatures that could give higher contents and yield of essential oil from *Mentha arvensis L.* plants and to preserve its chemical composition. Were carried out three experiments. In the first one, the aerial plant parts were dried under shade at $(23 \pm 5^\circ\text{C})$ and in the oven at 25, 40, 55 and 70°C . In the second one, the aerial parts had four different kinds of drying: shade at $(23 \pm 5^\circ\text{C})$ under the sun $(23 \pm 5^\circ\text{C})$, closed room with dehumidifier at $(23 \pm 3^\circ\text{C})$ and in the oven (40°C). In both experiments, essential oil from fresh plants was extracted as control treatment. In the third treatment, aerial parts after been dried in the oven at 40°C until reach a constant weight was under four extraction time: 10, 30, 60 and 120 min in Clevenger modified apparatus. In all experiments, randomized complete block design were used, with six replications in each treatment. Quantitative oil analysis was done using chromatography usual techniques in gas phase bound to a mass spectrometry (CG/EM). From the drying experiments results, drying under shading or in the oven at 25°C or 40°C is recommended because those can preserve contents and the essential oil chemical composition. A 30 min extraction time is the most effective to oil extraction less extractive time is associated to the extractive yield efficiency and essential oil chemical composition.

Key words: mint, drying, extraction, essential oil, gas chromatography.

3 INTRODUÇÃO

Com sabor e aromas refrescantes, as mentas, ou hortelãs, destacam-se pelo uso culinário ou em chás medicinais, para combater parasitas intestinais e distúrbios digestivos (Lorenzi & Matos 2002). A *Mentha arvensis* L. (hortelã-japonesa) é uma espécie de destaque dentro do gênero *Mentha*, suas glândulas oleíferas, principalmente das folhas, concentram óleos voláteis ricos em terpenóides de amplo interesse industrial, em produtos farmacêuticos, de higiene, de alimentos e bebidas, cosméticos, aromatizantes e flavorizantes (Matos, 2000; Kumar et al., 2002). Devido ao grande interesse econômico pela produção de mentol, a espécie foi a mais cultivada no Brasil dentre as produtoras deste terpeno (Freitas et al., 2004).

A secagem é um processo de retirada de água por evaporação. O equilíbrio entre temperatura, circulação e umidade relativa do ar define o processo de secagem. Neste contexto, o sucesso da secagem vai depender da técnica utilizada para aumentar a capacidade higroscópica do ar, isto é, a capacidade de absorver a umidade. Se a temperatura for muito baixa, ou a umidade muito alta, o produto secará lentamente, permitindo a proliferação de microrganismos. Por outro lado, se a temperatura for muito alta, o produto terá algo similar a uma casca externa, que impedirá a saída da umidade, causando desse modo, deterioração do produto (Cruz, 1990).

No caso das plantas produtoras de óleo essencial, a secagem deve ser ainda mais criteriosa, pois essas substâncias químicas são altamente voláteis. Portanto, a temperatura de secagem deve ser controlada e estudos sobre a sua influência são necessários para a obtenção da temperatura de secagem mais apropriada para cada espécie, visando assegurar teores e composição química adequados do óleo essencial (Hertwig, 1998).

Blanco et al. (2000), estudando a influência da temperatura de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de menta (*Mentha piperita*), verificaram que não houve diferença significativa entre as secagens a 60° e

80°C, porém, o teor de óleo obtido em ambas foi 80% inferior ao obtido na secagem a 40°C. Quanto à composição química, observaram-se diferenças entre 40° e 60°C nas porcentagens relativas de três constituintes (1,8-cineol, mentona e mentol) dos cinco avaliados e, entre 40° e 80°C, houve diferença em todos os constituintes avaliados.

Costa et al. (1999), comparando a secagem natural com dois outros métodos de secagem (estufa solar e sala com desumidificador), observaram que, na secagem natural, as plantas de *Vernonia polyanthes* L. apresentaram aparência e aroma inadequados, porém, a secagem natural foi realizada em época de clima desfavorável. Na espécie *Mikania laevigata* também foi verificada variação no teor de cumarinas entre as folhas frescas e as submetidas ao processo de secagem. As folhas frescas (1,14%) apresentaram teor significativamente superior ao das secas, 0,19 e 0,69%, respectivamente, na secagem a 30°C, por 4 dias e a 45°C, por um dia (Rehder et al., 1998).

Nos últimos anos, a extração de óleo essencial tem merecido destaque na pesquisa científica, no intuito de se descobrir novas substâncias, assim como na indústria para se obter substâncias de interesse já consagradas. Porém, não foram encontrados, na literatura, dados disponíveis a respeito da influência do tempo na extração de óleo essencial. Há uma extensa variabilidade nos tempos de extração, variando entre uma hora (Venskutonis, 2003) e oito horas de destilação (Jantan et al., 2003). Técnicas comumente empregadas para a extração de óleos essenciais incluem destilação a vapor, hidrodestilação, extração por solventes entre outras (Guenther, 1972). Segundo Charles & Simon (1990), o método de extração e suas variáveis influenciam o teor e a composição química do óleo essencial.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a influência do tempo de extração, da temperatura e do tipo de secagem sobre o teor, o

rendimento e a composição química do óleo essencial das plantas de *Mentha arvensis* L.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Horto Medicinal e no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais e Plantas Medicinais do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de janeiro a abril de 2008, situado nas coordenadas geográficas 21°13' S e 44°58' W, a 919 m de altitude. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima regional é do tipo CWa, com características CWb, com duas estações definidas: quente e chuvosa, de outubro a março e, amena e seca, de abril a setembro (Brasil, 1992).

Exsicatas da espécie estão depositadas no herbário ESAL, do Departamento de Biologia da UFLA, sob o registro n° 3636. Para a propagação das mudas, estacas apicais foram coletadas de matrizes de *M. arvensis* pertencentes ao Horto Medicinal do DAG/UFLA e cultivadas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, contendo substrato comercial Plantmax®. As mudas foram cultivadas em casa de vegetação, com 70% de sombreamento, por 35 dias, até atingirem cerca de 10 cm de altura. As mudas, após a aclimatização, foram transplantadas para o campo, em janeiro de 2008.

As plantas foram cultivadas em canteiros homogêneos de 1,2 m de largura, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico, em quatro fileiras, utilizando o espaçamento de 30 cm entre linhas e 30 cm entre plantas na linha. No plantio, foi realizada uma adubação com esterco bovino curtido, na dose de 7,5 kg m⁻². O esterco aplicado foi incorporado e misturado à terra com enxada manual, à profundidade de 10 cm.

Os tratamentos culturais rotineiros, como capinas e irrigações, foram realizados conforme as necessidades das plantas e efetuados de maneira similar, a fim de não afetar o crescimento delas.

4.1 Temperaturas de secagem

Após 90 dias de cultivo, a parte aérea das plantas (folhas e caules) de hortelã-japonesa foi colhida às 10 horas da manhã, nos canteiros do horto medicinal. Em seguida, foram retiradas amostras frescas da parte aérea das plantas para a extração do óleo e o restante foi dividido: colocados para secar a sombra, à temperatura ambiente e ventilado sem a presença de raios solares, cuja temperatura média manteve-se em $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$, umidade relativa em torno de $54\%\pm 8\%$ e a outra parte acondicionada em sacos de papel kraft, etiquetados e levados às estufas de secagem e esterilização com circulação de ar forçada em equipamento Fanem Mod. 320-SE, reguladas nas seguintes temperaturas de 25°C , 40°C , 55°C e 70°C , com variação de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo seis tratamentos com seis repetições cada. Imediatamente após a realização da secagem, foi feita a determinação do teor de umidade das amostras e, em seguida, o óleo essencial foi extraído.

4.2 Métodos de secagem

A parte aérea das plantas (folhas e caules) de *Mentha arvensis* L. com 90 dias de cultivo foi colhida aleatoriamente nos canteiros do horto medicinal, às 10h da manhã, e levadas imediatamente ao Laboratório de Cultura de Tecidos e Plantas Medicinais da UFLA, para triagem e pesagem. Em seguida, foram retiradas amostras frescas da parte aérea das plantas para extração do óleo e o restante foi acondicionado em sacos de papel kraft e levado aos respectivos

tratamentos de secagem: secagem ao sol, secagem em estufa, secagem à sombra e sala fechada com desumidificador, até peso constante.

A temperatura em cada método de secagem foi mensurada utilizando-se termômetro de máxima e mínima. A secagem ao sol consistiu em expor a parte aérea das plantas no período de 8h às 17h, ao sol. A temperatura média obtida foi de $26\pm 5^{\circ}\text{C}$, durante o dia. Na secagem em estufa, o material vegetal foi disposto uniformemente sobre suas prateleiras metálicas. Para isso, utilizou-se uma estufa de secagem com circulação de ar forçada Fanem Mod. 320-SE, regulada a $40\pm 1^{\circ}\text{C}$. Na secagem à sombra, à temperatura ambiente, a parte aérea das plantas foi exposta durante todo o tempo de secagem em local sombreado e ventilado sem a presença de raios solares, cuja temperatura média manteve-se em $23\pm 5^{\circ}\text{C}$. A secagem em sala fechada com desumidificador caracterizou-se por uma sala escura fechada, mantida com um aparelho desumidificador ligado durante todo o período de secagem, sob temperatura média de $23\pm 3^{\circ}\text{C}$. Em todos os tipos de secagem, exceto na estufa a 40°C , o material coletado foi distribuído uniformemente sobre bandejas com moldura de madeira e fundo em tela de sombrite, a fim de permitir a circulação do ar.

De acordo com dados fornecidos pela Estação Climatológica do Departamento de Engenharia da UFLA, a temperatura média do ar nos dias de secagem variou de $21,8^{\circ}$ a $24,6^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa média do ar foi de $54\pm 10\%$. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo cinco tratamentos com seis repetições cada. Imediatamente após a conclusão de cada processo de secagem, foi feita a determinação do teor de umidade das amostras e o óleo essencial foi extraído.

4.3 Tempos de extração

A parte aérea das plantas de *M. arvensis* L. com 100 dias de cultivo foi colhida no horto medicinal, acondicionada em sacos de papel kraft, levada ao

Laboratório de Cultura de Tecidos e Plantas Medicinais da UFLA para a secagem em estufa com circulação de ar forçada, em aparelho Fanem Mod. 320-SE, regulado a $40\pm 1^{\circ}\text{C}$, até peso constante. Após a secagem, a parte aérea seca das plantas foi pulverizada em moinho de facas, utilizando-se tamis com malha de 20 mesh. Imediatamente após a moagem, amostras do material vegetal foram submetidas a quatro diferentes tempos de extração: 10, 30, 60 e 120 minutos, contados a partir da ebulição da água, e início do processo de destilação. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo quatro tratamentos com seis repetições cada.

4.4 Teor de umidade

A determinação do teor de umidade seguiu a metodologia descrita pela Pharmacopée Française (1986), utilizando-se 10,0 g de amostra moída em moinho de faca. As amostras foram submetidas à estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de $103\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, até peso constante.

5.5 Extração dos óleos essenciais

Para as extrações dos óleos essenciais, foi utilizado o método de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado. Amostras secas de 80 g pulverizadas em moinho de facas usando malha 20 mesh e frescas de 200 g da parte aérea das plantas foram transferidas para um balão de destilação de 2.000 mL. O volume de 1.200 mL de água destilada foi acrescentado, procedendo-se a hidrodestilação por 1 hora. A mistura resultante de água e óleo volátil foi coletada e o óleo foi extraído com diclorometano (3x25 mL), empregando-se a partição líquido-líquido em funil de separação. As frações orgânicas de cada repetição foram reunidas e secas com uma porção de cerca de 3 g de sulfato de magnésio anidro. O sal foi removido por filtração simples e o solvente evaporado, à temperatura ambiente, sob capela de exaustão de gases até atingir

peso constante, obtendo-se, então, o óleo essencial. Em seguida, as massas dos óleos essenciais foram determinados em balança digital, com sensibilidade 0,0001 g, e calculados seus teores percentuais ($p\ p^{-1}$) na parte aérea da planta seca, pela fórmula: $T(\%) = [\text{massa do óleo (g)}/\text{peso seco da amostra (g)}] \times 100$.

4.6 Análises por CG/FID e CG/MS

As análises de composição química foram realizadas empregando-se uma amostra composta compreendida da reunião de alíquotas equivolúmetricas do óleo volátil das repetições de cada tratamento. As análises foram realizadas no Laboratório de Cromatografia do Departamento de Química da Universidade Federal de Sergipe. Foi empregado um sistema de cromatografia em fase gasosa acoplado a um espectrômetro quadrupolar de massas (GC-EM) Shimadzu® QP5050A (Quioto, Japão), nas seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida, modelo CBP-5 (30 m comprimento x 0,25 mm diâmetro interno x 0,25 μm de espessura do filme em 5% defenilmetilpolisiloxano) (Shimadzu®, Japão), hélio como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL min^{-1} , aquecimento com temperatura programada (60°C com rampa de temperatura de 3°C min^{-1} até 240°C e, em seguida, de 10°C min^{-1} até 270°C, mantendo uma isoterma de 5 min). A energia de ionização do detector foi de 70 eV, o volume de injeção da amostra de 0,2 μL (20% em CH_2Cl_2 , grau ultrasresíduo, Baker, EUA) e razão de injeção de 1:20. As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 220°C e 240°C, respectivamente. A análise foi conduzida no modo varredura, à velocidade de 1,0 scan s^{-1} , com intervalo de aquisição de massas de 40-400 $m\ z^{-1}$. A análise quantitativa foi obtida pela integração do cromatograma total de íons (TIC).

A identificação dos constituintes foi realizada por comparação dos espectros de massas com o banco de dados das bibliotecas NIST/EPA/NHI (1998), por comparação dos espectros de massas e índices de retenção (IR) com

os da literatura (Adams, 2001) e coinjeção com padrões autênticos. Os IR foram determinados por meio da coinjeção, com uma mistura de hidrocarbonetos, C₈-C₃₂ (Sigma, EUA) e calculados empregando-se a equação de Van Den Dool & Kratz (1963).

4.7 Análise estatística

A análise estatística dos dados obtidos foi realizada pelo programa SISVAR[®] - versão 4.3 (Ferreira, 2003). As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância pelos testes de F e de Scott-Knott (P<0,05).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Temperaturas de secagem

As diferentes temperaturas de secagem afetaram a duração do processo de secagem, o teor, a qualidade do óleo essencial e a umidade final da biomassa seca da parte aérea das plantas de *Mentha arvensis* L. Para a secagem à sombra (23°C) e nas estufas reguladas com temperaturas a 25°C e a 40°C, foi necessário mais tempo para redução do teor de água no material vegetal, respectivamente, 78, 73 e 55 horas. Nas secagens realizadas em estufas a 55°C e a 70°C, o tempo gasto durante a secagem foi menor (Figura 1).

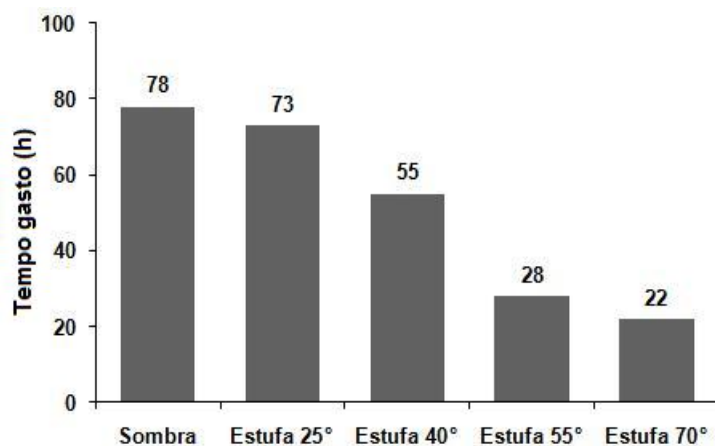


FIGURA 1 Tempo gasto, em horas, na secagem da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* L. à sombra (23°C) e em estufas a 25°, 40°, 55° e 70°C.

Pode-se observar correlação negativa entre o tempo e a temperatura do ar, na secagem da parte aérea das plantas de *Mentha arvensis* L. Esses resultados estão de acordo com os de Radünz et al. (2002), que trabalharam com *Lippia sidoides* Cham. Segundo esses autores, isso ocorre porque o potencial de secagem do ar aumenta com o acréscimo da temperatura, devido à redução da sua umidade relativa.

Quando um material vegetal é submetido à secagem, ocorre uma redução considerável da sua biomassa em relação à biomassa da planta fresca. De acordo com a Farmacopéia Brasileira IV (1988), o limite de umidade para drogas vegetais, em geral, deve estar dentro da faixa de 8% a 14%. Em hortelã-japonesa, a biomassa seca da parte aérea apresentou diferentes teores de umidade ao final dos distintos processos de secagem (Figura 2).

A parte aérea das plantas secas à sombra, em estufa a 25°C e a 40°C apresentou maiores teores de umidade, seguida pelas secas em estufa a 55°C e, com menor teor de umidade, as plantas secas a 70°C (Figura 2). Os teores de umidade final variaram de 14,02% a 10,13% dentre os tratamentos, o que está dentro dos limites estabelecidos e especificados pela Farmacopéia Brasileira IV (1988).

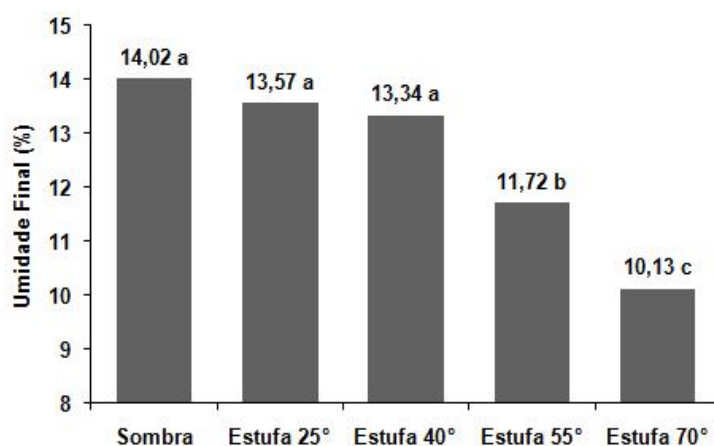


FIGURA 2 Teores de umidade final (%), na base seca, da parte aérea de *M. arvensis* L. à sombra e em estufas a 25°, 40°, 55° e 70°C. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Observa-se, nos gráficos das Figuras 1 e 2, que o tempo gasto na secagem da parte aérea das plantas de hortelã-japonesa em estufa com temperaturas de 55°C e 70°C foi em torno de três vezes menor que nos tratamentos à sombra e em estufa a 25°C e em torno de duas em relação à estufa a 40°C, refletindo também no menor teor de umidade final da biomassa seca. Analisando somente essas duas variáveis, as secagens em estufas a 55°C e a

70°C seriam desejáveis, na medida em que reduziria o tempo gasto para se obter uma biomassa seca com teores de umidade baixos, o que poderia refletir em menores perdas futuras. Contudo, outras variáveis interferem na qualidade da biomassa seca de uma planta medicinal e aromática, como o teor e a qualidade do óleo essencial.

As maiores temperaturas de secagem (50° e 70°C) refletiram em queda brusca dos teores de óleo essencial na biomassa seca da parte aérea de *M. arvensis* (Figura 3). Isso demonstra a termolabilidade do óleo essencial de *M. arvensis* em temperaturas superiores a 40°C. As secagens à sombra e em estufa a 25°C e a 40°C não se diferenciaram estaticamente entre si e entre o teor de óleo essencial extraído do material fresco (testemunha), calculados na base seca. Esse resultado contribui para a confirmação da sensibilidade do óleo essencial de menta em temperaturas superiores a 40°C.

Segundo Simões & Spitzer (2003), a principal característica dos óleos essenciais é a volatilidade. Além disso, em geral, não são estáveis na presença de fatores como ar, luz, umidade, metais e, principalmente, a temperaturas elevadas. Outro fator importante a considerar é a localização anatômica dos óleos essenciais nas plantas, que varia de acordo com a família botânica a que pertence, podendo ocorrer em estruturas secretoras especializadas, tais como pêlos ou tricomas glandulares característicos na família Lamiaceae, como é o caso da hortelã-japonesa ou estruturas mais internas, como canais ou bolsas lisígenas (Simões & Spitzer, 2000). Os tricomas glandulares na menta se encontram na superfície das folhas, ficando mais expostos a danos e a perdas no teor e na qualidade do óleo essencial, provocados por temperaturas mais elevadas (Simões & Spitzer, 2003).

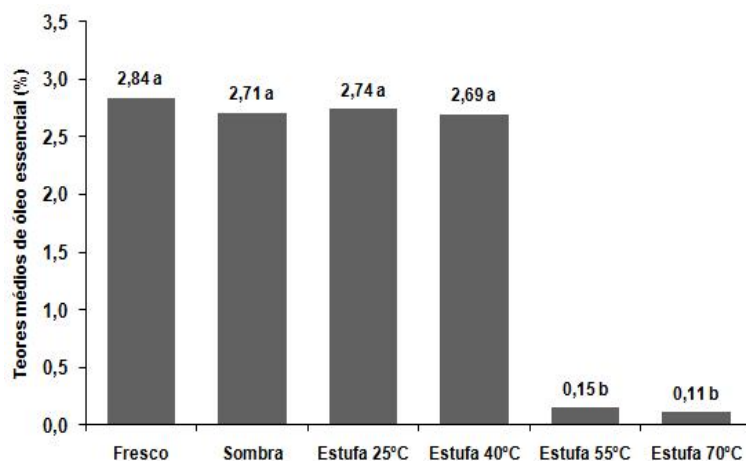


FIGURA 3 Teores percentuais de óleo essencial, na base seca, da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* L. do material fresco, seco à sombra e em estufas a 25°, 40°, 55° e 70°C. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Resultados semelhantes foram obtidos por David et al. (2006), em suas pesquisas com *Ocimum selloi*, em que temperaturas superiores a 40°C provocaram perdas crescentes no teor do óleo essencial, ocasionadas pela volatilização do óleo e pelos danos que essas altas temperaturas proporcionam aos órgãos vegetais (estruturas secretoras ou armazenadoras dos óleos essenciais), conferindo, assim, maiores perdas quantitativas de óleo no produto seco. Blanco et al. (2000), ao estudarem o efeito de diferentes temperaturas na secagem de *Mentha piperita* L., também observaram redução de 80% no teor de óleo essencial nas plantas secas em estufa, a 60°C e a 80°C, em relação às plantas secas a 40°C. No presente trabalho, a perda foi de 94% a 96% em relação à secagem a 40°C. Deans & Svoboda (1992) também observaram a

diminuição do teor de óleo essencial com aumento da temperatura do ar de secagem, quando empregaram temperaturas do ar de secagem entre 40° e 100°C, durante 24 horas, para a secagem de manjerona (*Origanum majorana* L.).

Foram observadas diferenças na constituição química e na concentração relativa dos constituintes presentes no óleo essencial de *M. arvensis*, nas diferentes temperaturas de secagem experimentais (Tabela 1). A análise do óleo essencial extraído das partes aéreas de *M. arvensis* secas à sombra e em temperaturas de 25°C e 40°C em estufa indicam a presença de 15 a 16 constituintes químicos, enquanto a secagem a 55°C e a 70°C apresentaram apenas 7 constituintes. Dentre os óleos essenciais obtidos à sombra e em estufa a 25°C e a 40°C, apenas o α -terpineol não foi encontrado nas plantas secas à sombra. Já no óleo extraído das plantas frescas, foram identificados 11 constituintes, número reduzido comparado ao das plantas secas em temperaturas mais amenas, nas quais não foram identificados o β -pineno, o 3-octanol, o *iso*-pulegol, o *iso*-mentol e o biciclogermacreno. Nas plantas secas na estufa a 55°C e a 70°C, não foram detectados os constituintes β -pineno, 3-octanol, limoneno, linalol, *iso*-pulegol, *iso*-mentol, 3-metil-butanoato de 3Z hexenila, germacreno D e biciclogermacreno, quando comparados com a secagem a 25°C e 40°C.

Quanto às porcentagens dos compostos identificados, o mentol foi o composto majoritário. Nos tratamentos submetidos às secagens, as plantas secas em estufa a 55°C e a 70°C tiveram redução nos compostos como mentona, *iso*-mentona, *neo*-mentol e β -cariofileno, enquanto o mentol e a piperitona tiveram aumento nas porcentagens em relação às secagens em temperaturas mais baixas (Tabela 1).

TABELA 1 Concentração relativa (%) dos constituintes químicos detectados no óleo essencial de plantas de *Mentha arvensis* L. frescas e submetidas à secagem à sombra e em estufa a 25°, 40°, 55° e 70°C.

IK*	Constituinte	Fresco	Sombra	25°C	40°C	55°C	70°C
979	β -Pinoeno	n	0,16	0,23	0,21	n	n
991	3-octanol	n	0,34	0,43	0,35	n	n
1029	Limoneno	0,49	1,16	1,04	1,09	n	n
1096	Linalol	0,48	0,48	0,49	0,47	n	n
1149	iso-pulegol	n	0,24	0,24	0,22	n	n
1152	Mentona	3,29	2,54	2,68	2,46	0,57	0,48
1162	iso-mentona	1,28	1,43	1,49	1,47	0,42	0,38
1165	neo-mentol	1,78	1,83	1,75	1,78	1,27	1,30
1171	Mentol	89,82	87,93	87,41	88,27	95,48	95,64
1182	iso-mentol	n	0,16	0,15	0,15	n	n
1188	α -terpineol	0,20	n	0,20	0,19	0,37	0,37
1235	3-metil-butanoato de 3Z hexenila	0,23	0,20	0,20	0,21	n	n
1252	Piperitona	0,67	0,62	0,70	0,64	0,76	0,85
1419	β -cariofileno	0,59	1,03	0,92	0,91	0,54	0,48
1485	Germacreno D	0,32	0,52	0,51	0,48	n	n
1500	Biciclogermacreno	n	0,23	0,21	0,21	n	n
Total		99,15	99,28	99,12	99,36	99,41	99,50
Número de constituintes detectados		11	15	16	16	7	7

* IK - Índice de Kovat; n – não detectado.

A redução do número de compostos identificados nas plantas secas em estufa a 55°C e a 70°C pode ter ocorrido devido ao processo de volatilização, indicando que a composição do óleo essencial de *M. arvensis* é sensível a secagens a temperaturas acima de 40°C. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Blanco et al. (2002 a,b), os quais demonstraram que temperaturas de secagem igual ou superior a 40°C, para a *Mentha piperita* L. (hortelã) e *Rosmarinus officinalis* L. (alecrim), causaram alterações significativas nos constituintes de seus óleos essenciais. Venskutonis (1997) verificou reduções de 43% e 31% na quantidade total de compostos isolados de

tomilho (*Thymus vulgaris* L.) e sálvia (*Salvia officinalis*), respectivamente, quando submetidos à secagem em estufa a 60°C, em relação à planta fresca. Segundo esse autor, a redução dos compostos voláteis durante a secagem depende da volatilidade e da estrutura química dos constituintes da planta.

A temperatura do ar de secagem pode variar entre 35° e 70°C, dependendo da parte da planta a ser utilizada e das características químicas das substâncias de interesse. Vários trabalhos vêm demonstrando que plantas que contêm substâncias voláteis devem ser secas em temperaturas inferiores a 40°C (Corrêa Júnior et al., 1994; Martins, 2000; Arruda et al., 2002; Chagas et al., 2003; Figueira et al., 2003). Houve redução na porcentagem de mentona, *iso*-mentona e *neo*-mentol nas plantas secas em estufa a 55°C e a 70°C. David et al. (2006), estudando diferentes temperaturas de secagem sobre o teor e a composição química de *Ocimum selloi* Benth., observaram que, com o aumento da temperatura de secagem, houve diminuição da concentração relativa dos constituintes por meio da volatilização.

O mentol, que é o constituinte de interesse das mentas, o α -terpineol e a piperitona tiveram seus teores aumentados no óleo essencial das plantas secas em estufa a 55°C e a 70°C (Tabela 1). Esse aumento na concentração relativa, provavelmente, ocorreu devido à volatilização de outros constituintes mais sensíveis a temperaturas superiores a 40°C presentes nesse óleo, tais como β -pineno, limoneno, linalol e outros. Já que a quantificação é proporcional, logo, a redução de um constituinte ou, mesmo, a ausência deste, implica no aumento relativo do outro. Como se observa no gráfico da Figura 3, esses aumentos na concentração relativa dos constituintes, principalmente do mentol, nos óleos extraídos a 55°C e a 70°C, se tornaram mínimos, considerando a produção total do constituinte na biomassa seca, pois os teores de óleo essencial extraídos das plantas secas foram extremamente baixos, 0,15% e 0,11%, respectivamente,

quando comparados aos tratamentos com secagem feita sob temperaturas mais amenas.

Comparando-se o óleo essencial extraído das plantas frescas com o das plantas secas à sombra e em estufa a 25°C e a 40°C, pode-se notar menor número de constituintes na composição química do material fresco, indicando que, durante o processo de secagem mais lenta, pode ainda ter ocorrido síntese ou interconversões desses metabólitos. Segundo Radünz et al. (2006), o aumento ou a redução dos compostos podem ser ocasionados por reações de oxidação, redução e rearranjos, durante o processo de secagem, devido à temperatura ou a longos períodos de secagem.

Diante dos resultados, as secagens à sombra e em estufa a 25°C e a 40°C apresentaram os melhores resultados, com altos teores de óleo essencial, não alterando a qualidade do óleo essencial. A secagem à sombra tem vantagens frente à secagem em estufa, por não usar energia elétrica e nem equipamentos de custo elevado. Contudo, esse tipo de secagem requer muitos cuidados e está sujeito aos imprevistos do tempo, como aumento da umidade relativa do ar, o que pode trazer prejuízos irreversíveis ao material vegetal.

5.2 Métodos de secagem

Os resultados do estudo de métodos de secagem foram consideravelmente distintos entre as variáveis de respostas avaliadas. Com relação ao tempo gasto na secagem, a secagem realizada à sombra foi a que mais demorou (78 horas) (Figura 4). A secagem ao sol, em sala fechada com desumidificador e em estufa a 40°C gastaram menos tempo, 52, 54 e 55 horas, respectivamente. Silva et al. (1995), estudando aspectos de secagem do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), também verificaram maior tempo gasto pela secagem natural, enquanto na secagem em estufa e em sala fechada com desumidificador o tempo foi menor.

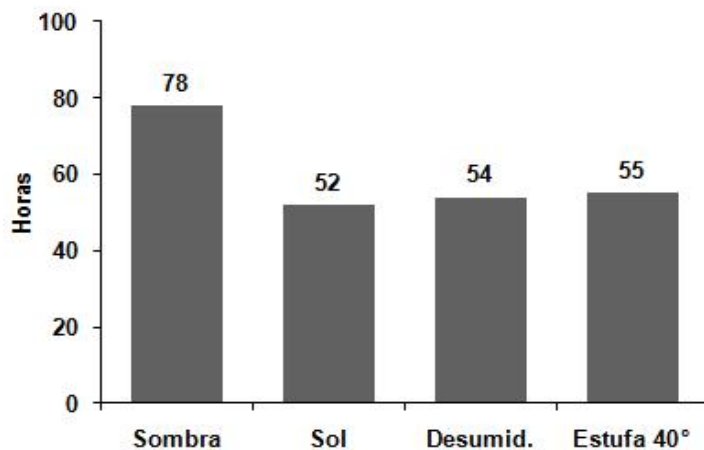


FIGURA 4 Tempo gasto, em horas, na secagem da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* L. submetidas à secagem à sombra, ao sol, em sala fechada com desumidificador e em estufas a 40°C.

É importante ressaltar que, no caso de pequeno produtor que tem dificuldades de investimentos em estruturas e equipamentos, a secagem à sombra torna-se uma alternativa viável. Apesar do maior tempo gasto na secagem, quando bem feita, ela reduz os teores de umidade final a limites recomendados a cada espécie. Desse modo, a escolha do método mais adequado de secagem depende da espécie e dos componentes químicos da planta, de forma que ele contribua o mínimo com perdas de ordem visual e composição do produto. Todavia, Pinheiro (2002), em estudos sobre secagem com *Lychnophora pinaster* Mart. (Asteraceae), resalta que, por ser um processo mais lento, pode facilitar a decomposição da droga vegetal em função da presença de enzimas e da proliferação microbiana.

Radünz et al. (2002a) demonstraram, em seus estudos de secagem com alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*, Cham.), que a secagem à temperatura ambiente foi um processo muito longo e favoreceu o desenvolvimento de fungos, a alteração da coloração do produto final e a degradação do óleo essencial, o que não ocorreu no presente trabalho.

Observa-se, na Figura 5, que as secagens à sombra (14,02%), em sala fechada com desumidificador (13,83%) e em estufa (13,34%) apresentaram os maiores teores de umidade final, o que poderia reduzir o tempo de armazenamento da biomassa seca em relação às plantas secas ao sol (12,11%), apesar de, segundo a Farmacopeia Brasileira IV (1988), esses teores de umidade encontrarem-se dentro dos limites tolerados.

As secagens ao sol, em sala fechada com desumidificador e em estufa a 40°C reduziram o tempo gasto na secagem quanto à umidade final. Entretanto, somente a secagem ao sol obteve o menor teor, o que seria interessante do ponto de vista do processo de secagem, menor tempo e teor de umidade final. Contudo, a secagem ao sol afetou negativamente o teor de óleo essencial da parte aérea das plantas de *M. arvensis* L. Os demais métodos de secagem não apresentaram diferenças estatísticas quanto ao teor de óleo essencial (Figura 6).

Observando em conjunto os dados nas Figuras 4 a 6, constata-se que a secagem em sala com desumidificador e em estufa 40°C apresenta os melhores resultados, quando se almeja um processo de secagem mais rápido. Diante do exposto, verifica-se que o desumidificador é um aparelho eficiente, de custo reduzido e econômico no uso da energia elétrica em comparação com a estufa, representando, dessa forma, uma vantagem do ponto de vista prático. Na secagem com desumidificador ocorreu a desidratação do material vegetal apenas pela redução da umidade do ar sem elevação da temperatura do ambiente, preservando, dessa forma, as características originais da planta.

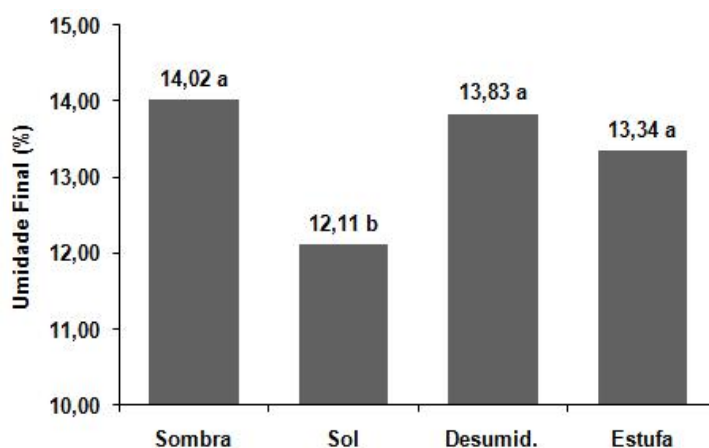


FIGURA 5 Teores de umidade final (%), na base seca, da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* L. submetidas à secagem à sombra, ao sol, em sala com desumidificador e em estufa a 40°C. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Em estudos com capim-limão (*Cymbopogon citratus*), Costa et al. (2005) concluíram que a secagem das folhas em sala fechada com uso do desumidificador apresenta vantagens, pois proporciona maiores rendimentos na quantidade e na composição do óleo, em comparação com o uso da estufa a 40°C. Martins et al. (1995), estudando a secagem de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e hortelã (*Mentha piperita*) em câmara com desumidificador, concluíram que o desumidificador em sala fechada, ao abrigo de luz solar direta, mostrou-se eficiente na secagem das plantas medicinais. Além da eficiência, destaca-se a secagem à temperatura ambiente, sem riscos de excessos, como nos sistemas que utilizam ar aquecido e necessitam de controle constante.

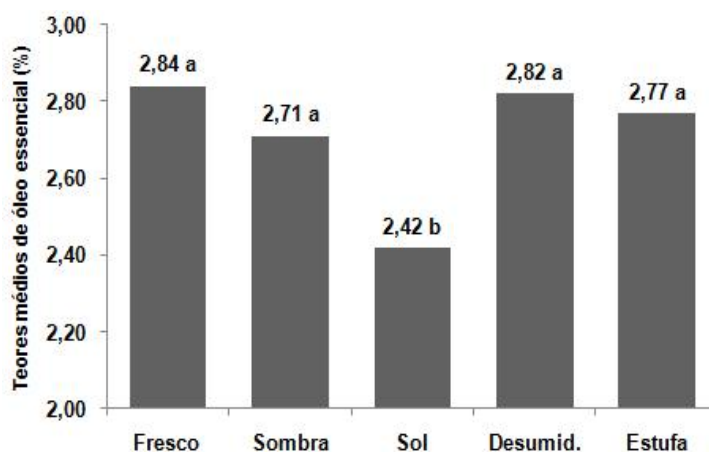


FIGURA 6 Teores médios percentuais de óleo essencial, na base seca, da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* L. submetidas à secagem à sombra, ao sol, em sala com desumidificador e em estufa a 40°C. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Em contrapartida, Rosal et al. (2004) estudando o efeito de diferentes métodos de secagem no teor de óleo essencial de folhas e inflorescências de basilicão (*Ocimum basilicum*), verificaram que a secagem em estufa a 35°C permitiu maior teor de óleo essencial nesta espécie, em comparação com a secagem em desumidificador.

Outro aspecto a ser observado na Figura 6 é o alto teor de óleo essencial na biomassa fresca das plantas de *M. arvensis*, calculada na base seca. Desse modo, quando o interesse for a extração do óleo essencial bruto, esse pode ser

feito após a colheita no campo, para melhor rendimento do óleo, evitando perdas na pós-colheita, como na secagem e no armazenamento.

A análise química dos óleos essenciais da hortelã-japonesa extraídos da planta fresca e secas à sombra, ao sol, em sala fechada com desumidificador e em estufa a 40°C indicou diferenças sutis na concentração relativa e no número dos constituintes químicos detectados (Tabela 2). A secagem ao sol proporcionou maior número de constituintes identificados (16), seguida pela secagem à sombra e em estufa (15 constituintes cada) e, por fim, sala fechada com desumidificador (10).

Comparando à secagem ao sol, apenas o constituinte α -terpineol não foi detectado à sombra e o β -pineno na secagem em estufa. Já a secagem em sala com desumidificador apresentou o menor número (10), em relação a plantas secas ao sol, não detectados β -pineno, 3-octanol, *iso*-pulegol, *iso*-mentol, α -terpineol e 3-metil-butanoato de 3Z hexenila (Tabela 2).

As concentrações relativas dos constituintes, de modo geral, não sofreram grandes variações. O teor de mentol encontrado ficou em torno de 88%-90% nos óleos essenciais, sendo o composto majoritário. O teor de mentona foi menor na secagem feita em estufa em relação aos demais. Comparando-se a constituição química do óleo extraído das plantas frescas com o das plantas submetidas aos diferentes tipos de secagem, constata-se que o óleo do material fresco apresentou 11 constituintes, não tendo sido detectados β -pineno, 3-octanol, *iso*-pulegol, *iso*-mentol e biciclogermacreno em relação à secagem ao sol. Em relação à concentração relativa, destacam-se o maior teor de mentona e os menores teores relativos de limoneno, *iso*-mentona e β -cariofileno (Tabela 2).

TABELA 2 Concentração relativa (%) dos constituintes químicos detectados no óleo essencial de plantas de *Mentha arvensis* L. frescas e submetidas à secagem à sombra, ao sol, em sala fechada com desumidificador e em estufa a 40°C.

IK*	Composto	Fresco	Sombra	Sol	Desumidificador	Estufa
979	β -pineno	n	0,16	0,15	n	n
991	3-octanol	n	0,34	0,35	n	0,34
1029	Limoneno	0,49	1,16	1,09	0,83	0,75
1096	Linalol	0,48	0,48	0,48	0,47	0,48
1149	<i>iso</i> -pulegol	n	0,24	0,24	n	0,27
1152	Mentona	3,29	2,54	2,67	2,40	1,97
1162	<i>iso</i> -mentona	1,28	1,43	1,40	1,37	1,46
1165	<i>neo</i> -mentol	1,78	1,83	1,80	1,80	1,83
1171	Mentol	89,82	87,93	89,03	90,60	88,75
1182	<i>iso</i> -mentol	n	0,16	0,15	n	0,17
1188	α -terpineol	0,20	n	0,20	n	0,19
1235	3-metil-butanoato de 3Z hexenila	0,23	0,20	0,21	n	0,18
1252	Piperitona	0,67	0,62	0,56	0,67	0,60
1419	β -cariofileno	0,59	1,03	0,84	1,00	0,99
1485	Germacreno D	0,32	0,52	0,37	0,58	0,55
1500	Biciclogermacreno	n	0,23	0,19	0,27	0,24
Total		99,15	99,28	99,73	99,99	98,77
Número de compostos detectados		11	15	16	10	15

* IK: Índice de Kovat; n - não detectado.

A secagem ao sol proporcionou maior número de compostos identificados, contudo, o teor de óleo essencial foi o menor entre os tratamentos (2,42%), tornando a secagem ao sol prejudicial, quanto à concentração final desses compostos na planta. Rosado (2009), comparando dois métodos de secagem, estufa a 35°C e sala fechada com desumidificador, concluiu que a secagem em estufa conservou melhor os constituintes do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*). Já Silva et al. (1998), em trabalhos de secagem de orégano (*Origanum vulgare* L.) em sala com desumidificador, verificaram

que esse tipo de secagem foi adequado para esta espécie, pois manteve as características da planta, como teor de óleo essencial e qualidade microbiológica.

Desse modo, analisando-se os resultados em conjunto, a secagem à sombra e em estufa a 40°C se mostraram os métodos mais eficientes de secagem para as plantas de *M. arvensis*, com altos teores de óleo e preservação de seus constituintes.

5.3 Tempos de extração

A extração do óleo essencial da biomassa seca da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* L. é rápida, com 10 minutos de extração, 92,4% do óleo é extraído, quando comparada à extração realizada durante 120 minutos (Figura 7). Apesar de crescentes e acumulativas, as extrações feitas com 30, 60 e 120 minutos não apresentaram diferenças significativas. Com 30 minutos de extração, pois 97,9% do óleo já havia sido extraído, ou seja, seriam mais 90 minutos para se extrair 2,1% do restante do óleo, elevando o custo do processo. Isso demonstra a grande volatilidade dos componentes do óleo essencial da *M. arvensis*, o que pode ser observado também na Figura 3, causando os baixos teores na parte aérea das plantas secas sob temperaturas mais elevadas (55°C e 70°C), ou seja, o óleo se volatiliza com facilidade sendo bastante sensível a temperaturas acima de 40°C.

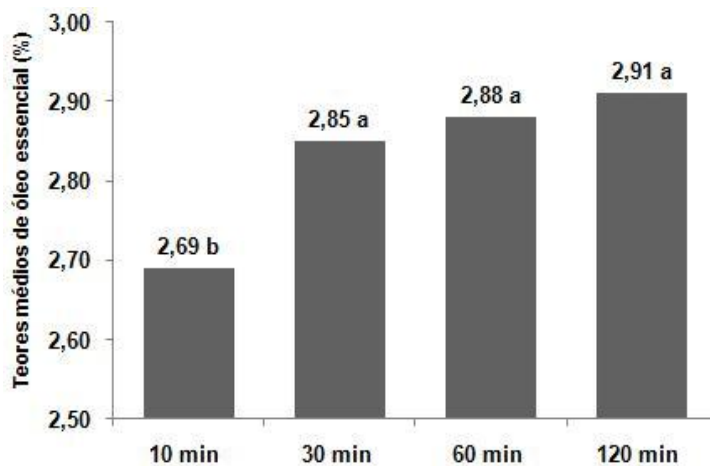


FIGURA 7 Teores médios percentuais de óleo essencial, da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* L. submetidas a quatro tempos de extração, 10, 30, 60 e 120 minutos. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Verificou-se que esse tempo de extração (30 minutos) é inferior ao tempo de hidrodestilação observado por Prins et al. (2006) que, estudando vários tempos de extração (30, 60, 90 e 120 minutos) em *Rosmarinus officinalis*, concluíram que as plantas submetidas a 90 e a 120 minutos de extração favoreceram o teor de óleo essencial. Azevedo et al. (2002), em estudo com seis quimiotipos de *Hyptis suaveolens*, utilizaram 360 minutos. Os resultados encontrados também divergiram dos de Figueiredo et al. (2000), Chaves (2002) e Stefanini (2002), em estudos com outras espécies aromáticas, demonstrando que o tempo de extração é variável para cada espécie. Assim, deve-se fazer uma avaliação prévia do tempo de extração antes de se iniciar um trabalho visando à

obtenção do óleo essencial e à otimização do processo, a fim de se evitar o desperdício e elevar os custos.

O composto predominantemente identificado na biomassa seca da parte aérea de plantas de *Mentha arvensis* foi o mentol, correspondendo, em média, a 89% da composição geral. A composição do óleo extraído foi influenciada pelos diferentes tempos de extração (Tabela 3).

TABELA 3 Concentração relativa (%) dos picos constituintes químicos detectados no óleo essencial de plantas de *Mentha arvensis* L. submetidas a quatro tempos de extração, 10, 30, 60 e 120 minutos.

IK*	Constituinte	10 min	30 min	60 min	120 min
991	3-octanol	0,43	0,31	n	n
1029	Limoneno	0,36	0,30	0,47	0,32
1096	Linalol	0,61	0,56	0,54	n
1149	<i>iso</i> -pulegol	0,26	0,25	n	n
1152	Mentona	2,85	2,54	2,57	2,13
1162	<i>iso</i> -mentona	1,71	1,50	1,57	1,46
1165	<i>neo</i> -mentol	2,00	1,81	1,83	1,87
1171	Mentol	89,79	89,25	88,93	90,39
1188	α -terpineol	0,18	0,20	n	n
1235	3-metil-butanoato de 3Z hexenila	0,23	0,22	0,22	n
1252	Piperitona	0,46	0,58	0,61	n
1419	β -cariofileno	0,52	0,69	0,87	1,22
1485	Germacreno D	0,30	0,40	0,47	0,69
1500	Biciclogermacreno	n	0,43	0,24	0,33
Total		99,70	99,04	98,32	98,41
Número de constituintes detectados		13	14	11	8

* IK: Índice de Kovat; n – não detectado.

Com 30 minutos de extração, foi observado o maior número de constituintes (14), seguindo-se a extração com 10 minutos (13), 60 minutos (11) e 120 minutos (8). Assim, tomando-se a extração com 30 minutos como

referência, na extração com 10 minutos apenas não foi detectado o composto biciclogermacreno; com 60 minutos, não foram detectados o 3-octanol, *iso*-pulegol e o α -terpineol e, aos 120 minutos de extração, não foram detectados os seguintes constituintes: 3-octanol, linalol, *iso*-pulegol, α -terpineol, 3-metil-butanoato de 3Z hexenila e piperitona.

As concentrações dos constituintes, de modo geral, não sofreram grandes modificações entre os tratamentos. Observou-se um aumento da concentração relativa do β -cariofileno e do germacreno D, com o aumento dos tempos de extração e uma pequena diminuição na concentração de constituintes, como a mentona, a *iso*-mentona e o *neo*-mentol, nas extrações com 30, 60 e 120 minutos, em relação à extração com 10 minutos. As concentrações relativas do β -cariofileno e do germacreno D aumentam com o aumento do tempo de extração, tendo o máximo de teor aos 120 minutos.

A maior concentração de alguns compostos com 10 minutos de extração, ou seja, nos momentos iniciais em relação à extração de 30 minutos, segundo Fraser & Wish, (1997), se deve a um processo chamado hidrodifusão, que consiste no favorecimento da extração de compostos oxigenados no início da hidrodestilação, como o mentol e outros compostos presentes no óleo essencial da *M. arvensis*. Isso decorre devido à maior solubilidade destes compostos em água, assim, sendo arrastados em concentrações maiores durante os primeiros minutos. Com o progressivo predomínio da volatilidade sobre a hidrodifusão como fator determinante da extração, observa-se, aos 30 minutos, uma tendência de relativa redução dos compostos oxigenados em relação a outros compostos voláteis que são extraídos em quantidades mais constantes ao longo do tempo. Prins et al. (2006), estudando tempos crescentes de extração em *Rosmarinus officinalis*, também observaram o processo de hidrodifusão favorecendo a extração de determinados compostos oxigenados presentes no óleo.

6 CONCLUSÃO

As secagens recomendadas são à sombra e em estufa a 25°C e a 40°C, que apresentaram altos teores de óleo essencial, não alterando a qualidade do óleo essencial. Temperaturas mais altas de secagem (55°C e 70°C) provocaram perdas na quantidade e na qualidade do óleo.

A secagem ao sol não é recomendada, pois reduziu o teor de óleo essencial, enquanto a secagem em sala fechada com desumidificador afetou a qualidade do óleo.

Aos 30 minutos após o início da hidrodestilação, foi possível extrair a mesma quantidade de óleo essencial que a extração com 120 minutos. A extração visando o β -cariofileno e o germacreno D deve ser feita com 120 minutos.

7 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo suporte financeiro.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gás chromatography/quadrupole mass spectrometry**. Allured: Illinois, 2001. 421 p.

ARRUDA, V. M.; CASALI, V. W. D.; COSTA, C. C. Qualidade da matéria-prima de *Melissa officinalis* L.) após manejo pós-colheita e secagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, 2002. 1CD ROM.

AZEVEDO, N. R.; CAMPOS, I. F. P.; FERREIRA, H. D.; PORTES, T. A.; SERAPHIN, J. C.; PAULA, J. R.; SANTOS, S. C.; FERRI, P. H. Essential oil chemotypes in *Hyptis suaveolens* from Brazilian Cerrado. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 30, n. 2-3, p. 205-16, Mar. 2002.

BLANCO, M. C. S. G.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; BOVI, O. A. Drying temperature effects in peppermint essential oil content and composition. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 569, p. 95-98, Jan. 2002a.

BLANCO, M. C. S. G.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; BOVI, O. A. Drying temperature effects in rosemary essential oil content and composition. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 569, p. 99-103, Jan. 2002b.

BLANCO, M. C. S. G.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; BOVI, O. A. Influência da temperatura de secagem no teor e na composição química. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 901-903, 2000. Suplemento.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas de 1961- 1990**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 84 p.

CHAGAS, J. H.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S. Rendimento de óleo essencial em canfora submetida a diferentes tipos de secagem. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, 2003. 1 CD ROM.

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

CHAVES, F. C. M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função da adubação orgânica e épocas de corte**. 2002. 144 p. Tese (Doutorado em

Horticultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu.

CORREA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais e aromáticas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 162 p.

COSTA, C. C.; CASALI, V. W. D.; ANDRADE, N. J. Avaliação da droga *Vernonia polyanthes* L. – “assa-peixe” obtida a partir de dois métodos de secagem e em duas épocas de coleta. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 2, n. 1, p. 7-11, jan. 1999.

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

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos**. São Paulo: Blücher, 1990. 207 p.

DAVID, E. F. S.; PIZZOLATO, M.; FACANALI, R.; MORAIS, L. A. S.; FERRI, A. F.; MARQUES, M. O. M.; MING, L. C. Influência da temperatura de secagem no rendimento e composição química do óleo essencial de *Ocimum selloi* Benth. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 66-70, dez. 2006.

DEANS, S. G.; SVOBODA, K. P. Effects of drying regime on volatile oil and microflora of aromatic plants. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 306, n. 4, p. 450-452, Apr. 1992.

FARIAS, M. R. Avaliação da qualidade das matérias-primas vegetais. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELO, J. C. P. de; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 468-495.

FARMACOPÉIA Brasileira. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 1988.

FERREIRA, D. F. **SISVAR** - sistema de análise de variância: versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.

FIGUEIRA, G. M.; SARTORATTO, A.; SILVA, C. A. L. Efeito da secagem em espécies do gênero *Cymbopogon* na composição do óleo essencial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, 2003. 1 CD ROM.

FIGUEIREDO, R. O.; MING, L. C.; STEFANINI, M. B. Teor de óleo essencial em sementes de funcho em dois estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 922-933, 2000. Suplemento.

FRASER, S.; WISH, J. P. M. **Commercial herb industry for NSW**: an infancy enterprise. Australia: Rural industries research and development corporation, 1997. 133 p.

FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A.; VIEIRA, I. J. C. Produção e qualidade de óleos essenciais de *Mentha arvensis* em resposta à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 9, p. 887-894, 2004.

GUENTHER, E. **The essential oils**. Malabar: Krieger, 1972. 427 p.

HERTWIG, I. F. **Plantas aromáticas e medicinais**: plantio, colheita, secagem e comercialização. Viçosa, MG: UFV, 1998. 220 p.

JANTAN, I.; LING, Y. E.; ROMLI, S. A comparative study of the constituents of the essential oils of three *Cinnamomum* species from Malaysia. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 15, n. 1, p. 387-391, Jan./Feb. 2003.

KUMAR, S.; BAHL, J. R.; BANSAL, R. P.; GUPTA, A. K.; SINGH, V.; SHARMA, S. High economic returns from companion and relay cropping of bread wheat and menthol mint in the winter-summer season in north Indian plains. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 15, n. 2/3, p. 103-114, June/Sept. 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. São Paulo: Plantarum, 2002. 275 p.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M. de; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 220 p.

MARTINS, P. M. **Influência da temperatura e velocidade do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) STAPF)**. 2000. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais**: guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no Nordeste do Brasil. 2. ed. Fortaleza: UFC, 2000.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **PC version of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Database**. Gaithersburg: Department of Commerce, 1998.

PHARMACOPEE FRANÇAISE X^a EDITION. Sup. 1. **Monografia de Melissa** (*Melissa officinalis*). Jul. 1986.

PINHEIRO, R. C. **Abordagem fitoquímica, rendimento de óleo essencial de *Lychonophora pinaster* Mart. Utilizando dois métodos de secagem**. 2002. 41 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PRINS, C. L.; LEMOS, C. L. S.; FREITAS, S. P. Efeito do tempo de extração sobre a composição e o rendimento do óleo essencial de Alecrim (*Rosmarinus officinalis*). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, n. 4. p. 92-95, dez. 2006.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BARBOSA, L. C. A.; BARBOSA, F. F. Influência da temperatura do ar de secagem na composição do óleos essencial de hortelã-comum (*Menta x villosa* Huds). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1. p. 52-58, jan. 2006.

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

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; MARTINS, P. M.; SANTOS, R. H. S.; SANTOS, R. R.; MACHADO, M. C. Secagem de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*, Cham.) em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 5, n. 1, p. 79-82, jan. 2002.

REHDER, V. L. G.; SARTORATTO, A.; MAGALHÃES, P. M.; FIQUEIRA, G. M.; MONTANARI JÚNIOR, I.; LOURENÇO, C. Variação fenológica do teor de cumarina em *Mikania laevigata* Schultz Bip., ex Baker. In: **WORKSHOP DE PLANTAS MEDICINAIS DE BOTUCATU**, 3., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1998. p. 26.

ROSADO, L. D. S. **Micropagação, pós-colheita e efeito alelopático do manjeriço “Maria Bonita”**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROSAL, L. F.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; SOARES, G. A.; BARROS, T. A. Teor de óleo essencial de folhas e inflorescências de basilicão sob diferentes métodos de secagem. In: CONGRESSO DOS PÓS-GRADUANDOS DA UFLA, 8., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. p. 23.

SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; MACEDO, J. A. B. Armazenamento pós colheita de orégano (*Origanum vulgari* L.) e salsa (*Petroselinum sativum* L.) em embalagem de vidro. In: WORKSH OP DE PLANTAS MEDICINAIS DE BOTUCATU, 3., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1998. p. 25.

SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudo dos métodos de secagem. In: SILVA, J. S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. p. 105-143.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELO, J. C. P. de; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 387-416.

STEFANINI, M. B.; FIGUEIREDO, R. O.; MING, L. C. Rendimento do óleo essencial de diferentes posições de folhas de duas espécies de citronela. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, 2002. 1 CD-ROM.

VAN DEN DOOL, D. H.; KRATZ, P. D. J. A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 11, p. 463-471, Sept. 1963.

VENSKUTONIS, P. R. Composition os essential oil of sweet flag (*Acorus calamus* L.) leaves at different growing phases. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 15, n. 2, p. 313-318, Mar./Apr. 2003.

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

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescente mercado de matérias-primas oriundas de plantas medicinais e aromáticas, como óleos essenciais e drogas vegetais, gera uma demanda cada vez maior por qualidade e quantidade dessas matérias-primas. Uma das principais formas de se obter isso é por meio da pesquisa, com o

desenvolvimento de metodologias mais eficientes de cultivo e pós-colheita das plantas.

Em estudos iniciais, durante o mestrado, com a planta *Mentha arvensis* L., variando a intensidade luminosa em experimento utilizando a malha aluminizada em dois níveis de intensidade, os dados obtidos sugeriram que a espécie toleraria certo nível de sombreamento. Contudo, no presente estudo, mais minucioso, com o uso da malha aluminizada e da malha preta com quatro níveis de sombreamento, pode-se observar que as plantas de *Mentha arvensis* L. cresceram e se desenvolveram melhor quando cultivadas a pleno sol, tendo sua produção de biomassa seca e de óleo essencial reduzida quando cultivada sob sombreamento. Assim, não é recomendado o cultivo de *M. arvensis* em consórcio com espécies que possam provocar sombreamento. O consórcio só é recomendado com espécies do mesmo porte da *M. arvensis*.

Observou-se também que sob sombreamento as plantas apresentaram folhas mais vistosas, com melhor aspecto visual, ou seja, um material vegetal de melhor qualidade, o que é interessante principalmente quando o destino das folhas for a alimentação, seja na forma de chás ou adicionada a outros alimentos e bebidas.

O uso de malhas que alteram o espectro luminoso não apresentou melhorias no cultivo da espécie, principalmente devido ao sombreamento provocado por elas. O uso da malha aluminizada não se justificou em relação ao uso da malha preta.

Os estudos envolvendo o tempo de extração mostraram que, com 30 minutos de extração, quase 98% do óleo essencial foi extraído da biomassa seca, sem perdas na qualidade. Quanto à secagem, esta não deve ser feita em local no qual possam ocorrer temperaturas superiores a 40°C. Pode ser usada a secagem em sala fechada com desumidificador, em estufa até 40°C e também a secagem à sombra, com os devidos cuidados, é uma alternativa interessante para o pequeno

produtor, entretanto, sujeita às condições de clima, principalmente umidade relativa baixa e temperaturas diurnas de 24° a 32°C, para que a secagem ocorra num espaço de tempo que não leve à deterioração do material vegetal.