



ANDRESSA GIOVANNINI COSTA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA, NÍVEIS DE
SOMBREAMENTO E TIPOS DE MALHAS
SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DE
ÓLEO ESSENCIAL DE HORTELÃ-PIMENTA**

LAVRAS – MG

2011

ANDRESSA GIOVANNINI COSTA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA, NÍVEIS DE SOMBREAMENTO E TIPOS DE
MALHAS SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DE ÓLEO
ESSENCIAL DE HORTELÃ-PIMENTA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

Orientador

PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto

LAVRAS - MG

2011

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

Costa, Andressa Giovannini.

Adubação orgânica níveis de sombreamento e tipos de malhas sobre o crescimento e a produção de óleo essencial de hortelã-pimenta / Andressa Giovannini Costa. – Lavras : UFLA, 2011.

122 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: José Eduardo Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. Qualidade de luz. 2. Intensidade de radiação. 3. Mentol. 4. Mentona. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.82

ANDRESSA GIOVANNINI COSTA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA, NÍVEIS DE SOMBREAMENTO E TIPOS DE
MALHAS SOBRE O CRESCIMENTO E A PRODUÇÃO DE ÓLEO
ESSENCIAL DE HORTELÃ-PIMENTA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de Concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 22 de junho de 2011.

Dra Suzan Kelly Vilela Bertolucci UFLA

Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes UFLA

Dr. Amauri Alves de Alvarenga UFLA

Dr. Felipe Campos Figueiredo IFSMG

PhD. José Eduardo Brasil Pereira Pinto

Orientador

LAVRAS - MG

2011

Aos meus pais, exemplos da minha vida
A minha irmã e ao meu sobrinho, minha maior alegria
Ao meu filho, incondicional e eterno amor

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram a trilhar este caminho.
Aos colegas e amigos que fiz nesses três anos.

Ao professor José Eduardo Brasil Pereira Pinto e à professora Suzan Kelly Vilela Bertolucci, pelas orientações, amizade e respeito.

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

A Marli, da pós-graduação, por estar sempre pronta a ajudar.

A todo o pessoal do Laboratório de Cultura de Tecidos e Plantas Medicinais da UFLA, colegas de doutorado, mestrado e alunos de iniciação científica.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

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

RESUMO GERAL

Luz e adubação são componentes vitais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Tanto a qualidade como a quantidade da radiação incidente e a adubação orgânica podem afetar o crescimento vegetativo e a biossíntese e acúmulo de metabólitos secundários em plantas medicinais e aromáticas. Objetivou-se neste trabalho avaliar o crescimento vegetativo da planta, o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivada sob diferentes intensidades e qualidade espectral de luz, e adubação orgânica no município de Lavras-MG, Brasil. No primeiro experimento as mudas de *M. piperita* foram cultivadas em cinco ambientes: 1) pleno sol, 2) malhas preta, 3) aluminizada, 4) azul e 5) vermelha (todas as malhas com 50% de irradiância). No segundo experimento as plantas foram cultivadas sob as malhas preta e aluminizada com diferentes níveis de sombreamento 0%, 30%, 50% e 70%. O terceiro experimento foi conduzido com dois adubos (esterco bovino e avícola) e cinco doses (0, 3, 6, 9 e 12 kg m⁻²). Foi observado que tanto o uso das malhas como as doses de esterco bovino e avícola influenciaram significativamente na produção de biomassa das plantas, rendimento e composição química do óleo essencial de hortelã-pimenta. Sendo possível manipular o crescimento das plantas, produção e composição química do óleo essencial de *M. piperita* com o uso de malhas ou cultivo em pleno sol, e com o uso de diferentes doses de adubação orgânica.

Palavras-chave: Qualidade de luz. Intensidade de radiação. Mentol. Mentona.

GENERAL ABSTRACT

Light and fertilizer, which are essential for growth and development of plants. Both the quality and the amount of incident radiation and organic manure could affect the vegetative growth and the biosynthesis and accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. The objective was to evaluate the growth of the plant, the content, yield and chemical composition of essential oil of *Mentha piperita* L. grown under different intensities and spectral quality of light, and organic manure in Lavras-MG, Brazil. In the first experiment, scion of *M. piperita* were grown in five environments: 1) full sun, 2) black net, 3) aluminet net 4) blue net 5) red net (all mesh with 50% of shade). In the second experiment plants were grown under the black mesh and aluminet with different shading levels 0%, 30%, 50% and 70%. The third experiment was conducted with two manure fertilizers and five doses (0, 3, 6, 9 and 12 kg m⁻²). It was observed that both the use of colored shade netting as the doses of organic fertilizer affected the production of plant biomass, yield and and chemical composition of essential oil of peppermint. Being possible to manipulate plant growth, production and chemical composition of essential oil of *M. piperita* using nets or growing to full sunlight, and with the use of different doses of organic manure.

Keywords: Light quality. Radiation. Organic manure. Menthol. Menthone.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Teores relativos (%) dos constituintes majoritários do óleo essencial de <i>M. piperita</i> cultivada sob diferentes malhas. Lavras, 2011	50
Figura 2	Rota biossintética dos monoterpenos em <i>M. piperita</i> . Adaptado de Mahamound e Croteau (2003)	52
Figura 3	Desdobramento da interação das variáveis biomassa seca de folha (BSF, A), de caule (BSC, B), de raiz (BSR, C) e total (BST, D) de plantas de <i>M. piperita</i> cultivadas em diferentes níveis de sombreamento na malha aluminizada e na malha preta de plantas. Lavras, 2011	69
Figura 4	Médias da área foliar (AF) das plantas de <i>M. piperita</i> nos diferentes níveis de sombreamento. Lavras, 2011	72
Figura 5	Desdobramento da interação das variáveis razão da área foliar (RAF, A) e área foliar específica (AFE, B) de plantas de <i>M. piperita</i> cultivadas em diferentes níveis de sombreamento na malha aluminizada e na malha preta de plantas. Lavras, 2011	73
Figura 6	Teor e rendimento do óleo essencial de plantas de <i>M. piperita</i> cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento sob malha preta e aluminizada. LAVRAS, Lavras, 2011	75
Figura 7	Teores relativos (%) dos constituintes majoritários do óleo essencial de <i>M. piperita</i> cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento sob malha preta e aluminizada. Lavras, 2011	77
Figura 8	Rota biossintética dos monoterpenos em <i>M. piperita</i> . Adaptado de Mahamound e Croteau (2003)	78
Figura 9	Fotos das plantas de <i>Mentha piperita</i> cultivadas em	

	diferentes doses de esterco bovino e avícola. Lavras, 2011 ..	97
Figura 10	Biomassa seca de folha (BSF, A), de caule (BSC, B), de raiz (BSR, C) e total (BST, D) em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola no crescimento de <i>Mentha piperita</i> . Lavras, 2011	98
Figura 11	Área folia (AF, A) e razão do peso foliar (RPF, B) em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola no crescimento de <i>Mentha piperita</i> . Lavras, 2011	103
Figura 12	Razão da área foliar (RAF) de <i>Mentha piperita</i> em função das diferentes doses de esterco. Lavras, 2011	104
Figura 13	Área foliar específica (AFE) em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola no crescimento de <i>Mentha piperita</i> . Lavras, 2011	105
Figura 14	Razão da raiz e parte aérea (R:PA) em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola no crescimento de <i>Mentha piperita</i> . Lavras, 2011	106
Figura 15	Teor de óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> em função das diferentes doses de esterco. Lavras, 2011	107
Figura 16	Rendimento de óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola. Lavras, 2011	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Acúmulo de biomassa seca em plantas de <i>M. piperita</i> cultivadas sob diferentes malhas. Biomassas secas de folhas (BSF); caule (BSC), raiz (BSR), parte aérea (BPA), total (BST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) – Lavras - 2011	45
Tabela 2	Análises de crescimento em plantas de <i>M. piperita</i> cultivadas sob diferentes malhas. AF: Área foliar; RPF: razão do peso foliar; RAF: razão de área foliar; AFE: área foliar específica e PEF: peso específico foliar – Lavras - 2011	47
Tabela 3	Teor e rendimento de óleo essencial de <i>M. piperita</i> cultivada sob diferentes malhas. BSF: biomassa seca das folhas – Lavras - 2011	48
Tabela 4	Porcentagens relativas dos compostos presentes no óleo essencial de <i>M. piperita</i> cultivadas sob diferentes malhas – Lavras – 2011	49
Tabela 5	Biomassas secas de folhas (BSF), caule (BSC), raiz (BSR) e total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA), área foliar (AF), razões do peso foliar (RPF) e da área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), peso específico foliar (PEF) e, rendimento e teor de óleo essencial (OE) de <i>M. piperita</i> cultivadas sob níveis de sombreamento e tipos de malha – Lavras - 2011	70
Tabela 6	Porcentagens relativas dos compostos presentes no óleo essencial de plantas de <i>M. piperita</i> cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento sob malha preta e	

	aluminizada – Lavras - 2011	76
Tabela 7	Tabela de recomendação de doses de esterco (bovino e avícola) e suas proporções, utilizados durante o experimento – Lavras - 2011	93
Tabela 8	Média geral das biomassas secas de folhas (BSF), caule (BSC), raiz (BSR), parte aérea (BPA) e total (BST), área foliar (AF), razões do peso foliar (RPF) e da área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) de <i>Mentha piperita</i> em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola – Lavras - 2011	101
Tabela 9	Composição química e porcentagem da área do pico dos componentes do óleo essencial de folhas de <i>Mentha piperita</i> sob diferentes doses de esterco bovino e avícola - Lavras - 2011	109

LISTA DE ABREVIATURAS

AF	Área foliar total
AFE	Área foliar específica
BPA	Biomassa seca da parte aérea
BSC	Biomassa seca dos caules
BSF	Biomassa seca das folhas
BSR	Biomassa seca das raízes
BST	Biomassa seca total
CV	Coefficiente de variação
OE	Óleo essencial
PEF	Peso específico foliar
R/PA	Razão raiz/parte aérea
RAF	Razão da área foliar
RPF	Razão do peso foliar

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	15
1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Caracterização botânica de <i>Mentha piperita</i>	17
2.2	Aspectos agronômicos do gênero <i>Mentha</i>	17
2.3	Óleos essencial de <i>Mentha piperita</i>	19
2.4	Fatores que influenciam produção de óleo essencial	20
2.4.1	Intensidade e qualidade espectral da luz no crescimento vegetativo e na produção de óleo essencial	22
2.4.2	Adubação orgânica em plantas aromáticas	24
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	26
	REFERÊNCIAS	28
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	34
	ARTIGO 1 Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sobre tipos de malhas	35
1	INTRODUÇÃO	37
2	MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1	Caracterização da área	40
2.2	Preparo das mudas e instalação do experimento	40
2.3	Análise de crescimento da planta	41
2.4	Extração e análises do óleo essencial	42
2.5	Análise estatística	43
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1	Análise de crescimento das plantas	44
3.2	Teor, rendimento e composição química do óleo essencial	48
4	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54
	ARTIGO 2 Níveis de sombreamento e tipos de malha no crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta	59
1	INTRODUÇÃO	61
2	MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1	Caracterização da área	63
2.2	Preparo das mudas e instalação do experimento	63
2.3	Análise de crescimento da planta	65
2.4	Extração e análises do óleo essencial	65

2.5	Análise estatística	67
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4	CONCLUSÃO	81
	REFERÊNCIAS	82
	ARTIGO 3 Adubação orgânica na produção de biomassa e de óleo essencial de hortelã-pimenta	87
1	INTRODUÇÃO	89
2	MATERIAL E MÉTODOS	92
2.1	Caracterização da área	92
2.2	Preparo das mudas e instalação do experimento	92
2.3	Análise de crescimento da planta	94
2.4	Extração e análises do óleo essencial	94
2.5	Análise estatística	96
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
3.1	Produção de biomassa	97
3.2	Índices fisiológicos de crescimento	102
3.3	Teor, rendimento e composição do óleo essencial	106
4	CONCLUSÃO	111
	REFERÊNCIAS	112
	APÊNDICE	117
	ANEXOS	121

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O mercado de plantas aromáticas movimenta no Brasil aproximadamente R\$ 1 bilhão em toda sua cadeia produtiva, gerando mais de 100 mil empregos, sendo usados por mais de 90% da população (ABIFISA, 2011). No caso específico do óleo essencial de menta, a exploração comercial deve-se principalmente à utilização de seus constituintes químicos nas indústrias de alimentos, farmacêutica e de perfumaria. No mundo, a produção atual de menta concentra-se na China, Índia e Estados Unidos, com produção anual de aproximadamente 22 mil toneladas de óleo essencial das espécies *Mentha arvensis*, *M. x piperita* e *M. spicata* (VARSHNEY, 2005). Embora o Brasil tenha sido o maior produtor mundial do óleo essencial de menta no passado, atualmente essa cultura representa apenas uma pequena parcela do total da produção das espécies aromáticas no país, insuficiente para atender à demanda da indústria nacional. A obtenção de materiais genéticos adaptados, com alto potencial de rendimento de óleo essencial e o conhecimento da fisiologia e manejo poderão resultar em aumento da produção dessa espécie.

O gênero *Mentha* caracteriza-se pela existência de quimiotipos, produzindo óleos essenciais com diferentes composições e valor comercial. Desta forma, o óleo essencial de *Mentha piperita* L. possui como principais constituintes mentona (14-32%) e mentol (30-55%) (BENH et al., 2010; KOKKINI, 1992). Considerando que a biossíntese dos metabólitos secundários depende de fatores genéticos e ambientais, e que a produção e a composição química de óleos essenciais são determinadas pelas condições edafoclimáticas (AFLATUNI, 2005; CARDOSO et al., 2001), objetivou-se avaliar, neste trabalho, o efeito da adubação orgânica, dos níveis de sombreamento e dos tipos de malhas no crescimento vegetal e na produção de óleo essencial de *Mentha piperita*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização botânica de *Mentha piperita*

A *Mentha piperita* pertence à família das Lamiaceae, da ordem Tubiflorae (Lamiales), abrangendo cerca de 200 gêneros e, aproximadamente, 3.200 espécies, distribuídas em todo o mundo. Sendo Menta o nome comum de aproximadamente 25 espécies do gênero (MAIA, 2001).

A *Mentha piperita* é conhecida popularmente como hortelã, hortelãzinho, hortelã da cozinha, hortelã-pimenta, menta, *spearmint*, *peppermint* e *mint* (inglês) (MARTINS et al., 2003; MAIA et al., 2001). Nativa da Europa, naturalizada no norte dos EUA e Canadá, e cultivada em muitos outros lugares do mundo (McKAY; BLUMBERG, 2006)

É uma planta rasteira, de raiz fibrosa, podendo atingir de 30-60 cm de altura. O caule ereto possui cor arroxeada e é ramificado, com folhas pequenas, opostas, curtamente pecioladas, serrilhadas e de coloração verde escuro, com intenso aroma característico. Seu sabor também é bem característico e muito forte, daí o nome piperita, pois chega a queimar a boca se estiver muito aromática. Suas flores são de coloração rosa claro violáceas, dispostas em espigas terminais; fruto formado por 4 aquênios (LAWRENCE, 2007).

2.2 Aspectos agronômicos do gênero *Mentha*

O gênero *Mentha* é taxonomicamente complexo, em relação à variação fenotípica e à variabilidade genética, sendo muitas vezes capaz de hibridização com outras. Como exemplo destaca-se a *M. piperita*, uma tetraploide ($2n=72$) que é um híbrido natural estéril da *M. aquatica* L. ($2n=96$) e da *M. spicata* ($2n=48$) (LAWRENCE, 2007; LORENZO et al., 2002; TUCKER, 1992).

Por serem estéreis, estes híbridos são propagados por replante de estolhos. Enquanto, as demais espécies, podem ser propagadas por sementes. Um hectare de menta bem estabelecido produz estolhos suficiente para o plantio de 10 hectares. Os estolhos são plantados de 7-10 cm de profundidade, num espaçamento que varia entre 30 x 60 cm e 45x 60 cm (JOY et al., 2001).

Prefere clima tropical e subtropical, em condições de boa insolação (CARDOSO et al., 2000). Podendo ser cultivada em altitudes que variam de 250 a 1.500 m. Cresce melhor em solos de textura arenosa, bem drenados, ricos em matéria orgânica e pH na faixa de 6,0 a 7,0 (CORRÊA et al., 2003).

A disponibilidade de água é outro fator importante, pois afeta o desenvolvimento de espécies de *Mentha* tanto em condições de déficit hídrico como de excesso. As espécies do gênero toleram bem as variações de temperatura sendo as ideais para cultivo na faixa de 14° a 18°C, porém, não suportando períodos prolongados de temperaturas extremas (LAWRENCE, 2007; WELLER et al., 2005).

Para a obtenção de elevados teores de óleo essencial, deve-se, preferencialmente, coletar plantas pela manhã, pois o período de exposição ao sol pode provocar uma perda quantitativa importante do óleo essencial existente no vegetal (LAWRENCE, 2007; SIMÕES et al., 2003).

A época de colheita também deve ser cuidadosamente estudada, pois a fase em que a planta encontra-se também interfere na produção de óleo essencial. A secagem deve ser à sombra ou em estufa de circulação de ar forçada a 40°C, acima dessa temperatura pode haver perdas no rendimento do óleo essencial (LAWRENCE, 2007). A destilação pode ser feita tanto com material fresco como seco. A destilação geralmente pode durar de 1,5 a 2 horas (SIMÕES et al., 2003).

2.3 Óleos essencial de *Mentha piperita*

A *Mentha piperita* é uma planta aromática, apresentando em sua composição os seguintes constituintes: óleo essencial (mentol, mentona, entre outros), flavonóides, ácidos fenólicos, carotenóides, betaína, tocoferol e taninos (CARDOSO et al., 2000; LORENZI; MATOS, 2002; PEGORARO et al., 2010). Conhecido principalmente por suas propriedades como aromatizante e flavorizante, suas folhas e óleo essencial, são usados em diversos produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos (McKAY; BLUMBERG, 2006).

A produção de óleos essenciais nas plantas está geralmente associada à presença de estruturas secretoras especializadas, tais como tricomas glandulares, ductos de óleos ou resinas que contêm grande variedade de terpenos. Tricomas glandulares são estruturas secretoras frequentemente presentes nas Lamiaceae que secretam óleos essenciais, variando o número de células secretoras, o comprimento da célula peduncular, a quantidade do óleo secretado, a densidade e seu arranjo na epiderme (FAHN, 1979). Em variedades de *Mentha piperita* e *M. rubescens*, verificou-se a presença de dois tipos de tricomas glandulares: peltados e capitados. Somente os tricomas peltados apresentavam secreção de monoterpenos (BRUN et al., 1991).

Os principais constituintes identificados no óleo essencial de hortelã-pimenta são mentol (33-66%), mentona (15-32%), isomentona (2-8%), 1,8-cineol (eucaliptol) (5-13%), acetato de mentilo (2-11%), mentofurano (1-10%), limoneno (1-7%), β -mirceno (0,1-1,7%), β -cariofileno (2-4%), pulegona (0,5-1,6%) e carvona (1%) (AFLATUNI, 2005; BEHN et al., 2010; COSTA, 2001; McKAY; BLUMBERG, 2006). O teor de óleo essencial presente nas folhas frescas varia de 0,38 a 0,6%. A produção anual de óleo essencial pode chegar a 150 kg ha⁻¹ de óleo essencial. Em folhas secas o teor de óleo essencial pode variar de 0,9-3,9% (v/p) (McKAY; BLUMBERG, 2006; JOY et al., 2001)

Considerados uma “commodity”, os óleos essenciais de menta têm seu preço influenciado pela oferta e demanda mundial. No Brasil, o preço médio (de 1 L) do óleo essencial da menta está cotado em US\$ 54,00 (PAULUS et al., 2007). Nos EUA, a produção do óleo essencial de hortelã-pimenta teve um decréscimo de 19,4%, saindo de 3,1 milhões kg em 2007 para 2,5 milhões kg em 2008 (ZHELJAZKOV et al., 2010). A produção mundial de óleo essencial de menta/mentol é estimada em torno de 22.000 toneladas (SANT SANGANERIA, 2005), sendo que somente a Índia representa 70% dessa produção (SRIVASTAVA et al., 2002). Estima-se que, em 2007, foram consumidos 32.000 t de mentol (sintético e natural) no mundo, sendo 39% pela indústria de higiene oral, 24% para uso interno, 18% para uso tópico, 17% pela indústria de tabaco e 2% em outras finalidades, demonstrando a vasta aplicabilidade desse produto. A América do Sul é responsável pelo consumo de 1,450 t de mentol (CLARK, 2007)

2.4 Fatores que influenciam a produção de óleo essencial

Os óleos essenciais são misturas complexas voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Também podem ser chamados de óleos essenciais, óleos etéreos ou essências. A ISO (*International Standard Organization*) define óleos voláteis como produtos obtidos das partes das plantas através da destilação por arraste com vapor d'água. A sua principal característica é a volatilidade, diferindo, assim, dos óleos fixos, misturas de substâncias lipídicas obtidas geralmente de sementes. Outra característica importante é o aroma agradável e intenso da maioria dos óleos voláteis, sendo, por isso, também chamados de essências. Elas são também solúveis em solventes orgânicos apolares, como éter, recebendo, por isso, a denominação de óleos etéreos. Em água, os óleos voláteis apresentam solubilidade limitada, mas

suficiente para aromatizar as soluções aquosas, que são denominadas de hidrolatos (SIMÕES; SPITZER, 1999).

Essas substâncias são provenientes do chamado metabolismo secundário, do qual resultam substâncias de baixo peso molecular, às vezes produzidas em pequenas quantidades e responsáveis por funções nem sempre bem definidas, nem por isso menos importante (CRAVEIRO; MACHADO, 1986; TAIZ; ZEIGER, 2004). Sua constituição varia desde hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas, até compostos com enxofre. Na mistura, tais compostos apresentam-se em diferentes concentrações; normalmente, um deles é o composto majoritário, existindo outros em menores teores e alguns em baixíssimas concentrações (traços) (SIMÕES; SPITZER, 1999).

Os óleos essenciais estão associados a várias funções necessárias à sobrevivência do vegetal em seu ecossistema; exercendo papel fundamental na defesa contra microorganismos e predadores e também na atração de insetos e outros agentes fecundadores (SIANI et al., 2000).

Na elaboração dos princípios ativos das plantas medicinais e aromáticas, verifica-se alterações bioquímicas e fisiológicas que são capazes de afetar sua elaboração, tanto no aspecto quantitativo quanto qualitativo. Essas alterações podem ser causadas por fatores intrínsecos (genótipo, estádios de desenvolvimento, hormônios, entre outros) e extrínsecos (adubações, densidade de plantio, clima, colheita, beneficiamento, etc...).

2.4.1 Intensidade e qualidade espectral da luz no crescimento vegetativo e na produção de óleo essencial

A luz é fundamental para a regulação de alguns processos do desenvolvimento vegetal e as plantas possuem capacidade de adaptar-se a diferentes condições luminosas. Na natureza, a ação da luz ocorre geralmente em dois caminhos. A princípio, a luz fornece a energia requerida para a fotossíntese. E, em um segundo momento, a luz é recebida como um sinal por fotorreceptores específicos responsável pela regulação de uma série de processos fotomorfogênicos associados ao desenvolvimento vegetal. Fotorreceptores como criptocromo, fitocromo, dentre outros, podem captar variações tanto na intensidade como na qualidade de luz, adaptando seu desenvolvimento às condições a que estão expostas (AFREEN et al., 2005). Para a medição da luz, quatro fatores são importantes: a qualidade espectral, a intensidade, a duração e a direção (CHANG et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2004).

O espectro eletromagnético determina a qualidade da luz, representado pelos fótons de diferentes comprimentos de onda e energia. A luz se propaga na atmosfera através de ondas cuja capacidade energética varia de acordo com o espectro. (OLIVEIRA et al., 2008). Considerando-se a faixa eletromagnética do visível (400-750 nm), a luz vermelha exerce influência mais forte e seus efeitos podem ser revertidos pela luz vermelho-distante. Sendo importante para o desenvolvimento da estrutura fotossintética das plantas e podendo aumentar o acúmulo de amido, em várias espécies de plantas, por inibição da translocação de fotoassimilados fora das folhas. Nos fenômenos fotomorfogênicos, o fitocromo é o pigmento envolvido, ocorrendo em duas formas: o que absorve a luz vermelha (Pr), 650 a 680 nm, e o que absorve a luz vermelho-distante (Pfr), 710 a 740 nm (OLIVEIRA et al., 2008). A luz azul permite às plantas alterarem o seu crescimento, desenvolvimento e a função, para aclimatarem-se às

condições ambientais, sendo que a fisiologia das respostas é bastante variável e inclui fototropismo, movimentos estomáticos, inibição do alongamento celular, ativação de genes, biossíntese de pigmentos, acompanhamento do sol pelas folhas e movimento dos cloroplastos dentro das células. As respostas específicas podem ser distinguidas por um espectro de absorção característico de três bandas na região de 400 a 500 nm (OLIVEIRA et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2004).

A intensidade de luz pode inibir o processo fotossintético tanto pela falta, quanto pelo excesso. As diferentes intensidades de radiação promovem mudanças fisiológicas e morfológicas nas plantas, que são características resultantes da interação entre os genes de expressão e o ambiente (GONÇALVES et al., 2005). Por exemplo, podem influenciar no desenvolvimento foliar, alterando a espessura de folha, diferenciação do mesófilo, divisão celular e desenvolvimento de estômatos, podendo afetar as estruturas anatômicas, parecendo exercer maiores efeitos durante a expansão foliar, evidenciando o alto grau de plasticidade fisiológica e anatômica das plantas para mudanças na qualidade de luz (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Com base nessas teorias, surgiram no mercado as telas coloridas e termorefletoras visando alterar o comprimento de onda e quantidade de energia que chega às plantas. Em *Mentha suaveolens*, Amaral (2007) observou que houve melhor desempenho vegetativo das mudas sob condições de sombreamento e que o cultivo sob telas coloridas causou alterações fisiológicas em alguns parâmetros de crescimento como altura e limbo foliar, porém não evidenciando diferença significativa nos teores de óleo essencial. Martins et al. (2009) observaram que plantas de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) cultivadas sob malhas coloridas apresentaram profundas alterações anatômicas, destacando-se o cultivo a pleno sol, o qual proporcionou maior espessura foliar e maior densidade de tricomas glandulares, produtores de óleo essencial. Entre os tratamentos sombreados, não houve diferença quanto à espessura foliar, porém,

as plantas cultivadas sob malha vermelha apresentaram menor densidade de tricomas glandulares.

No cultivo protegido, as malhas coloridas têm-se constituído num elemento novo, sendo utilizadas isoladamente ou em associação com as estufas, provocando reações fisiológicas específicas, que são convertidas em características comerciais. Pode-se obter ainda vantagens específicas com a utilização de malhas diferenciadas, que podem modificar a composição do espectro que chega às plantas, melhorando o rendimento dos cultivos (CORRÊA, 2008; POLISACK., 2008).

2.4.2 Adubação orgânica em plantas aromáticas

São vários os fatores ambientais e ou da própria planta que afetam a produção de óleos essenciais, podendo esses serem determinados com a finalidade de estimular a produção dos princípios ativos desejados. O controle do fornecimento de nutrientes às plantas parece ser uma das maneiras mais rápidas de se alterar a produção de óleos essenciais.

Plantas de *M. piperita* L., cultivadas em solução nutritiva com omissão de K tiveram menor desenvolvimento, hastes menores, poucas brotações laterais e menor número de folhas (MAIA, 1998), enquanto que plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas em solução nutritiva, com omissão de potássio apresentaram acúmulo de nitrogênio amoniacal e redução da área foliar e da produção do óleo essencial.

A adubação orgânica compreende o uso de resíduos orgânicos de origem animal, vegetal, agroindustrial e outros, com a finalidade de aumentar a produtividade das culturas. A prática da adubação orgânica, além de fornecer nutrientes para as plantas, proporciona melhoria da estrutura física do solo. Araújo et al. (2006) observaram que a maior produção de biomassa da parte

aérea, raiz e total em *M. piperita* L. foram alcançadas pelas plantas que receberam esterco de galinha, enquanto as plantas que receberam altas doses de torta de mamona tiveram redução na produção de biomassa. Azevedo et al., (2003) aplicaram doses de 0, 20, 40, 60 t ha⁻¹ ano⁻¹ de biofertilizante comercial e constataram que houve um aumento linear nos rendimentos médios de óleo essencial de folhas secas de *Cymbopogon citratus*, crescendo-se as doses de adubo. Resultados esses similares aos encontrados em outros trabalhos, que demonstraram a importância da nutrição e o uso dos adubos orgânicos (CORREA et al., 2010; COSTA et al., 2008; ROSAL et al., 2009; SALES et al., 2009).

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo da planta, o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivadas sob diferentes tipos de malhas, níveis de sombreamento e adubação orgânica no município de Lavras - MG, Brasil.

Três experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Lavras, no período de fevereiro de 2009 a dezembro de 2010. No primeiro experimento as mudas de *M. piperita* foram cultivadas em cinco ambientes: 1) pleno sol, 2) malha preta, 3) malha aluminizada, 4) malha azul e 5) malha vermelha (todas as malhas com 50% de irradiância). No segundo experimento, as plantas foram cultivadas sob as malhas preta e aluminizada com diferentes níveis de sombreamento 0%, 30%, 50% e 70%. O terceiro experimento foi conduzido com dois adubos (esterco bovino e esterco avícola) e em cinco doses (0, 3, 6, 9 e 12 Kg m⁻²). Foi observado que tanto o uso das malhas como a adubação orgânica influenciaram significativamente na produção de biomassa das plantas, no rendimento e na composição química do óleo essencial de hortelã-pimenta.

No primeiro experimento, o uso de malhas preta e vermelha para o cultivo de *M. piperita* a pleno sol produziram maiores biomassa seca das folhas (BSF) (6,7; 7,1; 6,9 g planta⁻¹, respectivamente), teores (1,3; 1,3; 1,1 µL 100 g⁻¹ BSF, respectivamente) e rendimentos (0,09; 0,09; 0,07 mL planta⁻¹, respectivamente) de óleo essencial. Entretanto, os óleos essenciais das plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maior teor de mentol (20,96%) e sob as malhas preta (38,75%) e vermelha (34,99%) maiores teores de mentofurano. Esses resultados demonstram que é possível manipular o crescimento das plantas, a produção e a composição química do óleo essencial com o uso de malhas ou cultivo a pleno sol.

No segundo experimento, com diferentes níveis de sombreamento a AF, RPF e o teor do óleo essencial não diferiram significativamente. A BSF, BSC, BSR, BST, RAF e AFE das plantas cultivadas em cada malha apresentaram comportamentos distintos nos diferentes níveis de sombreamento, sendo que o desenvolvimento das plantas de menta foi menor na malha preta e quanto maior o sombreamento, menor foi a produção de biomassa. O mesmo foi observado para o rendimento de óleo essencial, atingindo em média 0,07 mL planta⁻¹ nas malhas aluminizada e preta, e um teor de óleo essencial de 1,26 mL planta⁻¹ e 1,34 mL planta⁻¹, respectivamente. Concluindo que o sombreamento promovido pelas malhas diminuiu o crescimento e o rendimento do óleo essencial, mas indicou que plantas de *M. piperita* respondem distintamente aos níveis de sombreamento e malhas quanto aos teores dos monoterpenos majoritários, assim, sugerindo-se o cultivo a pleno sol.

O terceiro experimento, com adubação orgânica demonstrou que as doses de adubos bovinos e avícola influenciaram significativamente a produção de biomassa das plantas, e também as variáveis de crescimento AF, RPF, RAF, R/PA, teor e rendimento de óleo essencial de hortelã-pimenta. Desta forma, quando for utilizado o esterco de bovino ou o esterco avícola, recomenda-se, respectivamente, 9,0 Kgm⁻² e 8,3 kg m⁻².

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DO SETOR FITOTERÁPICO. **Suplemento alimentar e de promoção da saúde**. Disponível em: <<http://www.abifisa.org.br>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

AFLATUNI, A. **The yield and essential oil content of mint (*Mentha* spp.) in northern Ostrobothnia**. 2005. 49 p. (Thesis) - University of Oulu, Finland, 2005.

AFREEN, F.; ZOBAYED, S. M. A.; KOZAI, T. Spectral quality and UV-B stress stimulate glycyrrhizin concentration of *Glycyrrhiza uralensis* in hydroponic and pot system. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, França, v. 43, p. 1074-1081, 2005.

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

ARAÚJO, E. S. et al. Efeito do tipo e dose de adubo orgânico na produção de biomassa da hortelã (*Mentha piperita* L.). **Iniciação Científica CESUMAR**, Maringá-PR, v. 8, n. 1, p. 105-109, jun. 2006. Edição Especial.

AZEVEDO, V. G. et al. Avaliação de espaçamento e doses de biofertilizante na produção de óleo essencial de capim-limão [*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf.] In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 2., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2003.

BEHN, H.; ALBERT, A.; MARX, F.; NOGA, G.; ULBRICH, A. Ultraviolet-B and photosynthetically active radiation interactively affect yield and pattern of monoterpenes in leaves of peppermint (*Mentha × piperita* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, American Chemical Society, Washington, DC, EUA, v. 58, p. 7361-7367, 2010.

BRUN, N. et al. Chemical and morphological studies of the effects of ageing on monoterpene composition in *Mentha x piperita* leaves. **Canadian Journal of Botany**, v. 69, p. 2271-2278, 1991.

CARDOSO, M. G. et al. Óleos essenciais. **Boletim técnico**: série extensão, Lavras, v. 8, n. 58, p.1-42, 2000.

CARDOSO, M. G. et al. **Metabólitos secundários vegetais**: visão geral química e medicinal. Lavras: UFLA, 2001. 81 p.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basiculum* L.) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 216-223, 2008.

CLARK, G. S. Aroma chemical profile: menthol. **Perfumer Flavorist**, v. 32, p. 38-46, dez. 2007.

CORRÊA, A. D.; BATISTA, R. S.; QUINTAS, L. E. M. **Plantas medicinais**: do cultivo à terapêutica. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2003. 247 p.

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

CORRÊA, R. M. et al. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 1, p.80-89, 2010.

COSTA, F. A. **Farmacognosia**: farmacognosia experimental. 3. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 992 p. (v. 3)

COSTA, L. C. B. et al. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2173-2180, nov. 2008.

FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic Press, 1979. 302 p.

GONÇALVES, J. F. C. ET AL. Growth, photosynthesis and stress indicators in young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 17, n. 3, p. 325-334, 2005.

JOY, P. P. et al. **Aromatic plants: tropical horticulture**. Calcutta: Naya Prokash, 2001. p. 633-733. (v. 2).

KOKKINI, S. Essential oils as taxonomic markers in *Mentha*. In.: HARLEY, R. M.; REYNOLDS, T (Eds.). **Advances in labiate science**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. p. 325-334.

LAWRENCE, B. M. The composition of commercially important mints. In.: LAWRENCE, B. M. (Ed.). **Mint: the genus Mentha**. Florida: CRC Press, 2007. p. 217-323.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512 p.

LORENZO, D. et al. El análisis enantiomérico en la caracterización y evaluación de plantas aromáticas. **Ingeniería y Ciencia Química**, v. 21, n. 2, p. 14-19, 2002.

MAIA, N. B. et al. Essential oil production and quality of *Mentha arvensis* L. grown in nutrient solutions. **Acta Horticulture**, v. 548, p. 181-187, 2001.

MARTINS, E. et al. **Plantas medicinais**. 5 ed. Viçosa: UFV, 2003.

MARTINS, J. R. et al. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 82-87, jan-fev. 2009.

McKAY, D. L.; BLUMBERG, J. B. A review of de bioactivity and potencial health benefits of pepperemint tea (*Mentha piperita* L.). **Phitotherapy Research**, n. 20, p. 619-633, 2006.

OLIVEIRA, J. R. et al. Cultivos agrícolas utilizando telas coloridas e termofletoras. In: I JORNADA CIENTÍFICA E VI FIPA DO CEFET, 1., 2008, Bambuí. **Anais...** Bambuí: IFSM, 2008. (Impresso)

PAULUS, D. et al. Teor e qualidade do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 80-87, 2007.

PEGORARO, R.L. et al. Produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha x piperita* L. var. piperita (Lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 4, p. 631-637, out-dez. 2010.

POLYSACK INDÚSTRIAS Ltda. Disponível em: < [http://HYPERLINK "http://www.polysack.com/files/fc42f05f6%20bab9497f30102%20a306073755.pdf" http://www.polysack.com/files/fc42f05f6 bab9497f30102 a306073755.pdf](http://www.polysack.com/files/fc42f05f6%20bab9497f30102%20a306073755.pdf) >. Acesso em: 06 nov. 2008.

ROSAL, L. F.; PINTO, J. E. B. P.; BRANT, R. S. Produção de biomassa e óleo essencial de *Plectranthus neochilus* Schlechter cultivado no campo sob níveis crescente de adubo orgânico. **Pesquisa Aplicada: agrotecnologia**, v. 2, n. 2, p. 39-44, 2009.

SAEBO, A.; MORTENSEN, L. M. The influence of elevated CO₂ concentration on growth of seven grasses and one clover species in a cool maritime climate.

Acta Agriculturae Scandinavia Section B-Sorland Plant Science, v. 46, n. 1, p. 49-54, 1996.

SALES, J.F. et al. Acúmulo de massa, teor foliar de nutrientes e rendimento de óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marruboides* Epl.) cultivado sob adubação orgânica. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 60-68, 2009.

SANT SANGANERIA. Vibrant India. Opportunities for the flavor and fragrance industry. **Perfumer and flavorist**, v. 30, p. 24-34, 2005.

SIANI, A.C. et al. Óleos essenciais. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, n. 70, p. 38-43, set/out. 2000.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 387-41.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/Editora UFSC, 2003. 1102 p.

SRIVASTAVA, R. K. et al. Characteristics of mentol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. **Industrial Crops and Products**, n. 15, p. 189-192, 2002.

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

TUCKER, A. O. The truth about mints. **The Herb Companion**, n. 4, p. 51-52, 1992.

VARSHNEY, S. C. Indian mint oils. **Perfumer Flavorist**, v. 30, n. 7, p. 36-39, 2005.

WELLER, S. C. et al. **Mint production and pest management in Indiana.** Purdue Pesticide Programs PPP-103. Disponível em [http\www.btny.purdue.edu/Pubs/PPP/PPP-103.pdf](http://www.btny.purdue.edu/Pubs/PPP/PPP-103.pdf). Acesso em: ago. 2005.

ZHELJAZKOV, V. D. et al. Peppermint productivity and oil composition as a function of nitrogen, growth stage, and harvest time. **Agronomy Journal**, v. 102, Issue I, p.102-124, 2010.

SEGUNDA PARTE

ARTIGOS

ARTIGO 1

**Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta
cultivada sobre tipos de malhas**

RESUMO

Malhas coloridas e termorrefletoras oferecem proteção física e podem ser usadas para obtenção de características fisiológicas e bioquímicas desejáveis. Objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo da planta, o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivadas sob diferentes malhas no município de Lavras - MG, Brasil. Mudanças de *M. piperita* foram cultivadas em cinco ambientes: pleno sol e malhas preta, aluminizada, azul e vermelha (todas as malhas com 50% de irradiância). O experimento foi realizado em DIC, constituído por 5 repetições/tratamento contendo 4 plantas/repetição. Realizou-se a colheita 4 meses após o plantio e analisou-se parâmetros de crescimento vegetativo, teor e rendimento do óleo essencial e análise química do óleo por CG/DIC/EM. Plantas de *M. piperita* cultivadas sob pleno sol e malhas preta e vermelha produziram maiores biomassa seca das folhas (BSF) (6,7; 7,1; 6,9 g. planta⁻¹, respectivamente), teores (1,3; 1,3; 1,1 µL.100 g⁻¹ BSF, respectivamente) e rendimentos (0,09; 0,09; 0,07 mL.planta⁻¹, respectivamente) do óleo essencial. Entretanto, o óleo essencial das plantas cultivadas a pleno sol apresentou maior teor de mentol (20,96%) e maiores teores de mentofurano sob as malhas preta (38,75%) e azul (34,99%). Portanto, é possível manipular o crescimento das plantas e a produção e composição química do óleo essencial de *M. piperita* com o uso de malhas ou cultivo a pleno sol.

1 INTRODUÇÃO

A *Mentha piperita* L. está entre os mais populares ingredientes de chás. Suas ações medicinais agem sobre desordens biliares, dispepsia, enterite, flatulência e espasmos intestinais (MCKAY et al., 2006). Além de suas ações medicinais, *M. piperita* é produtora de um dos mais populares óleos essenciais com diversas aplicações nas indústrias de alimentos, cosmética e farmacêutica. Os mais importantes constituintes do óleo de *M. piperita* são mentol, mentona, mentofurano, acetato de mentila e pulegona (AFLATUNI, 2005). A composição qualitativa e quantitativa desses monoterpenóides determina a qualidade e o valor comercial do óleo essencial. O óleo de menta de alta qualidade consiste predominantemente de mentol (30-55%), moderada proporção de seu precursor mentona (14-32%), e baixos teores de pulegona (<4%), mentofurano (1-9%) e 2,8-10% de acetato de mentila segundo Behn et al., (2010). Entretanto, os teores desses constituintes químicos são muito variáveis, conforme o cultivo numa localização geográfica particular, o que tem sido tema de diversos estudos. Além do fator geográfico, essa variação é o resultado da combinação de diversos outros fatores, tais como genótipo, ontogenia, luz, temperatura, água e nutrientes (AFLATUNI, 2005).

A luz é o fator preponderante no controle do crescimento, do desenvolvimento e do metabolismo das plantas, sendo afetados pela intensidade, direção, duração e qualidade da mesma (CHANG et al., 2008). Os vegetais utilizam sinalizadores para promoverem determinados padrões de crescimento e esses sinalizadores respondem à qualidade (comprimentos de onda) e à intensidade de luz, crescendo sob uma região limitada no espectro visível e exibindo morfologia e fisiologia determinadas pelas variações ocorridas neste espectro (ALMEIDA; MONDSTOCK, 2001).

A grande variação do clima e as exigências do mercado têm feito com que muitos produtores procurem por novas tecnologias de produção (SUÁREZ, 1999). Uma das novidades do mercado na área comercial de cultivo protegido é a introdução de filtros espectrais, os quais transmitem seletivamente certos comprimentos de ondas, alterando conseqüentemente, a resposta fotomorfogênica das plantas. Tais respostas se traduzem em alterações no crescimento e no desenvolvimento das plantas, na sua morfologia e funções fisiológicas, como resultado da adaptação a uma condição ambiental diferente (TSORMPATSIDIS et al., 2008).

A malha ChromatiNet[®] Vermelha foi produzida com a finalidade de alterar o espectro da luz, reduzindo as ondas azuis, verdes e amarelas e acrescentando as ondas na faixa espectral do vermelho e vermelho distante, com transmitância para comprimentos de ondas superiores a 590 nm. A malha ChromatiNet[®] Azul, por sua vez, muda o espectro da luz, filtrando as ondas na faixa do vermelho e vermelho distante e ampliando a transmitância na região do azul-verde (400-540 nm) (SUÁREZ, 1999; OLIVEIRA et al., 2008). A malha preta (sombrite) é considerada neutra, ajudando apenas na redução da incidência de radiação sobre as plantas, sem influência na qualidade espectral da luz (OREN-SHAMIR et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2008).

A luz vermelha atua no desenvolvimento da estrutura fotossintética das plantas, podendo aumentar o acúmulo de amido em algumas espécies por inibição da translocação de assimilados para fora das folhas (SAEBO; MORTENSEN, 1996). A luz azul permite às plantas alterarem o seu crescimento, desenvolvimento e aclimatação às condições ambientais. A fisiologia das respostas é bastante variável, incluindo fototropismo, movimentos estomáticos, inibição de alongamento celular, ativação de genes e biossíntese de metabólitos secundários (TAIZ; ZEIGER, 2004). A utilização de filmes plásticos com transmissão seletiva de radiação UV pode oferecer um caminho

para aumentar a produção de metabólitos secundários em plantas medicinais e aromáticas. Entretanto, há poucos estudos sobre os efeitos da radiação UV no crescimento, desenvolvimento e produção de metabólitos das plantas (TSORMPATSIDIS et al., 2008).

Outra nova geração de malha é a termorrefletora, que também é uma opção recentemente empregada no Brasil. Essas malhas permitem manejar a diferença de temperatura entre o dia e a noite, possibilitando a formação de diversos microclimas, de acordo com a malha utilizada, protegendo as espécies vegetais da radiação solar excessiva e conservando o calor no interior do ambiente (POLYSACK..., 2008). Por outro lado, o cultivo protegido tradicional, além de exigir estrutura onerosa, proporciona efeito estufa pela cobertura plástica, que é prejudicial em épocas quentes do ano e as telas de sombreamento (sombrites), na maioria das vezes, não proporcionam níveis adequados de luz, afetando o desenvolvimento e a produção (CORRÊA, 2008).

As malhas termorrefletoras, comercialmente conhecidas por Aluminet[®], estão sendo utilizadas no cultivo de espécies ornamentais, olerícolas e frutíferas proporcionando resultados significativos na produção de biomassa (SUÁREZ, 1999; MEDINA; MACHADO, 2006). Em plantas medicinais alguns trabalhos têm demonstrado a influência na produção de biomassa e nos teores de metabólitos secundários sob condições ambientais controladas, por induzir alterações fisiológicas e bioquímicas na planta (AFREEN et al., 2005; ABREU; MAZZAFERA, 2005; PINTO et al., 2007; CORRÊA, 2008; COSTA et al., 2010b).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo da planta, o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial de *M. piperita*, cultivadas sobre tipos de malhas no município de Lavras - MG, Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O experimento foi conduzido 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). As análises de crescimento e a extração de óleo essencial foram feitas no Laboratório de Cultura de Tecidos e Plantas Medicinais também 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).

O experimento foi conduzido no período de março a julho 2009. As condições climáticas da área experimental apresentaram temperaturas médias mensais de 20,9°C, observando-se mínimas de 13,0°C e máxima de 31,6°C, e precipitação média mensal de 136,26 mm durante o experimento (ANEXO A). A umidade relativa do ar média foi de 74%, variando entre 66% a 80%, e a insolação média foi de 6,3 horas, variando entre 4,0h e 7,5h (Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras).

2.2 Preparo das mudas e instalação do experimento

As mudas foram obtidas a partir de mini estacas apicais de aproximadamente 5 cm de comprimento coletadas de plantas matrizes do Horto

de Plantas Mediciniais do DAG/UFLA enraizadas em bandejas de polipropileno expandido de 128 células utilizando-se substrato comercial (Plantmax[®]).

Após o enraizamento das mudas, elas foram transplantadas para vasos de plásticos de 10 litros de capacidade, contendo uma mistura de terra, areia e esterco bovino (3:1:1).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições, onde cada parcela foi constituída de cinco plantas (uma planta por vaso). Os tratamentos foram: malha preta; malha termorrefletora aluminizada; malha azul; malha vermelha e a pleno sol. Todas as malhas avaliadas interceptaram a radiação solar em 50%.

O solo utilizado como substrato foi coletado da cama de 0-20 cm de profundidade, de um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (LVAd) (EMBRAPA, 2006), do município de Lavras, MG. Realizaram-se as análises do solo e do substrato (ANEXO B; ANEXO C) no Laboratório de Análises Química e Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. A caracterização química e física das amostras de solo foi realizada conforme EMBRAPA (1997). As características químicas dos solos foram: pH em água = 5,6; P e K (mg dm^{-3}) = 0,6 e 14; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 0,5; 0,1; 0,0; 2,1; saturação de bases V (%) = 23,4; matéria orgânica (dag kg^{-1}) = 1,4. As características químicas da mistura de terra, areia e esterco (3:1:1) foram: pH em água = 6,5; P e K (mg dm^{-3}) = 55,5 e 284; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 3,4; 1,4; 0,0; 1,3; saturação de bases V (%) = 81,0; matéria orgânica (dag kg^{-1}) = 1,3 (ANEXO B; ANEXO C).

2.3 Análise de crescimento da planta

A colheita do experimento foi realizada após 120 dias de cultivo, quando cada planta foi separada em raiz, caule e folha para secagem em estufa com

ventilação forçada a 40°C até peso constante. O peso do material vegetal seco foi obtido para determinação da biomassa seca de folhas (BSF, g planta⁻¹), caule (BSC, g planta⁻¹), raízes (BSR, g planta⁻¹) e total da planta (BST, g planta⁻¹), determinando-se também a relação raiz:parte aérea (R/PA). Após a colheita, com material vegetal ainda fresco, avaliou-se a área foliar (AF cm² planta⁻¹), medida com auxílio de Medidor Eletrônico de área foliar, modelo LI – 3100-LICOR. A partir da qual se obteve os parâmetros fisiológicos de razão de área foliar (RAF, cm² g⁻¹), área foliar específica (AFE, cm² g⁻¹) razão de peso foliar (RPF, g g⁻¹), peso específico foliar (PEF, mg cm⁻² planta⁻¹) de acordo com Benincasa (2003).

2.4 Extração e análises do óleo essencial

O óleo essencial foi extraído de aproximadamente 20 g de folhas secas, para a malha azul foram utilizadas 18g de folha seca de *M. piperita*. A extração foi realizada pelo processo de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado, durante 120 minutos. O óleo foi separado por decantação por 5 min, sendo recolhido o sobrenadante. Foram determinados o teor ($\mu\text{L } 100 \text{ g}^{-1}$ BSF), o rendimento (mL planta⁻¹) e a composição química do óleo essencial.

As análises da composição química foram realizadas por meio de uma amostra composta, de alíquotas equivolúmetricas do óleo essencial das repetições de cada tratamento no Laboratório de Fitoquímica do DAG/UFLA.

As análises quantitativas do óleo foram realizadas por cromatografia em fase gasosa acoplado a um detector de ionização de chama de hidrogênio (CG-DIC) em um sistema Agilent® 7890A equipado com coluna capilar de sílica fundida HP-5 (30 m de comprimento \times 0,25 mm de diâmetro interno \times 0,25 μm de espessura do filme) (Califórnia, EUA). O gás Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min; as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 220°C e 240 °C, respectivamente. A temperatura inicial do forno

foi de 60°C, isotérmico por 1,5 min, seguido por uma rampa de temperatura de 3°C/min até 240°C, seguida de uma rampa de 10°C/min até 270°C. O óleo foi diluído em acetato de etila (1%, v/v) e injetado automaticamente no cromatógrafo empregando volume de injeção de 1,0 µL, no modo *split* a uma razão de injeção de 1:50. A análise quantitativa foi obtida pela integração do cromatograma total de íons (TIC) e o teor dos constituintes eluídos expressos como porcentagem de área relativa das áreas dos picos.

As análises qualitativas do óleo foram realizadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), utilizando-se um equipamento Agilent® 5975C, operado por ionização de impacto eletrônico a 70 eV, em modo varredura, a uma velocidade de 1,0 scan/s, com um intervalo de aquisição de massas de 40-400 *m/z*. As condições cromatográficas foram as mesmas empregadas nas análises quantitativas.

Os componentes foram identificados por comparação de seus índices de retenção calculados (IK_c) com dados de espectros de massas e índices de retenção (IK) de literaturas (DAVIES, 1990; ADAMS, 2007) e por comparação dos espectros de massas com o banco de dados da biblioteca NIST/EPA/NHI (NIST, 2008). Os índices de retenção de Kovats (IK_c) relativos a co-injeção de padrão de *n*-alcanos, C₈-C₂₀ (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) foram calculados com a aplicação da equação de Van Den Dool e Kratz (1963).

2.5 Análise estatística

Para as análises estatísticas dos dados, foi utilizado o programa Sisvar®, versão 5.0 (FERREIRA, 2007). As médias entre os tratamentos foram submetidas à análise de variância, pelo teste de F e aplicado o teste de Scott-Knott para comparação de médias ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de crescimento das plantas

O cultivo sob malhas afetou o crescimento das plantas de *M. piperita*, os dados obtidos estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

As BST das plantas cultivadas sob pleno sol e sob a malha vermelha foram maiores que as demais, sendo que o menor acúmulo ocorreu nas plantas cultivadas sob malha azul (Tabela 1). Maior crescimento de plantas de *Glycyrrhiza uralensis*, *Lactuca sativa* e *Ocimum basilicum* cultivadas sobre malha vermelha também foi observado por Afreen et al. (2005) e Shahak (2008). O expressivo acúmulo de BST e BSF sob a malha vermelha e reduzido crescimento sob a malha azul sugere que a luz transmitida pela malha vermelha é importante para o crescimento de *M. piperita*. De acordo com Shahak (2008) a malha vermelha estimula a taxa de crescimento e o vigor vegetativo, enquanto que a malha azul impede o crescimento e o desenvolvimento.

Vale ressaltar que *M. piperita* caracterizou-se como sendo uma ‘planta de sol’, já que a radiação solar plena proporcionou ganhos significativos em sua biomassa. Resultados similares foram observados em outras espécies medicinais e produtoras de óleos essenciais, tais como *Mentha arvensis* (CHAGAS et al., 2010), *Ocimum selloi* (COSTA et. al, 2010a) e *O. gratissimum* (MARTINS et. al, 2008).

O incremento de BSF, BSC e BPA foram estatisticamente superiores nos cultivos sob pleno sol, malha vermelha e malha preta. Por outro lado, apesar das plantas de *M. piperita* cultivadas sob malha preta terem apresentado notável ganho de BSF, BSC e BPA, o crescimento das raízes foi drasticamente afetado. Avaliando a relação R/PA, o cultivo sob malha preta foi o que apresentou menor crescimento das raízes em valor numérico (0,20) (Tabela 1).

Tabela 1 Acúmulo de biomassa seca em plantas de *M. piperita* cultivadas sob diferentes malhas. Biomassas secas de folhas (BSF); caule (BSC), raiz (BSR), parte aérea (BPA), total (BST) e relação raiz/parte aérea (R/PA) – Lavras - 2011.

Malhas	BSF	BSC	BSR	BPA	BST	R/PA
	g planta ⁻¹					
Pleno sol	6,71 a	15,99 a	22,56 a	22,20 a	45,26 a	0,047 a
Termorrefletora	4,19 b	10,47 b	12,99 b	15,64 b	27,66 b	0,031 b
Preta	7,06 a	15,00 a	2,91 c	18,72 a	24,97 b	0,020 c
Azul	3,79 b	9,92 b	6,09 c	11,70 b	19,81 c	0,021 c
Vermelha	6,88 a	17,37 a	15,55 b	21,14 a	39,81 a	0,031b
Média	5,73	13,75	19,89	17,88	31,50	0,030
CV (%)	16,51	15,15	12,02	21,97	12,88	23,36

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Da mesma forma, que na malha preta, o crescimento das raízes das plantas cultivadas sob malha azul também foram afetados. Em ambos os ambientes (malha preta e azul) não se observaram diferenças. A redução significativa no crescimento das raízes de plantas de *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. sob incidência de luz azul também foram observados por Afreen et al. (2005). Como já mencionado, o efeito da malha azul é atribuído à redução das bandas espectrais no vermelho e vermelho-distante, mas talvez a difusão da luz seja maior nas malhas coloridas que na malha preta (SHAHAK et al., 2004). Todavia a malha preta reduz a intensidade de luz que chega às plantas, não afetando a qualidade dessa luz, bem como não modifica a composição espectral nem o conteúdo de luz difusa (SHAHAK, 2008). Os dados indicaram que a malha preta é uma alternativa viável para o cultivo protegido de *M. piperita* em Lavras - MG.

As BSR de *M. piperita* sob as malhas vermelha e termorrefletora não apresentaram diferenças, porém foram menores em relação as de pleno sol. A malha termorrefletora é usualmente empregada para o controle térmico devido ao bloqueio da radiação infravermelha. A diminuição da temperatura ambiente reduz as temperaturas do substrato e da planta, melhorando as condições de

absorção de nutrientes e o desenvolvimento radicular no substrato. Na planta, proporciona maior condutância estomática, o que melhora a absorção de carbono. Em termos de qualidade espectral, as malhas termorrefletoras fornecem cerca de 15% a mais de luz difusa, aumentando a fotossíntese da planta (LEITE, 2011; POLYSACK..., 2008).

O ganho de biomassa seca das folhas nas plantas de *M. piperita* (Tabela 1), cultivadas a pleno sol pode estar relacionado ao aumento da espessura das folhas [maior valor numérico de PEF ($6,7 \text{ mg cm}^{-2} \text{ planta}^{-1}$)] , enquanto que nas malhas preta e vermelha ao incremento da área foliar ($1.276,13$ e $1.343,62 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$, respectivamente) (Tabela 2). Resultados similares foram observados em *M. arvensis* cultivadas sob diferentes malhas por Chagas et al. (2010), que atribuíram o aumento da AF nas plantas, mais em decorrência da intensidade do que da qualidade espectral da luz. Taiz e Zeiger (2004) afirmam que, como uma estratégia adaptativa, as plantas submetidas a baixos níveis de irradiância expandem as folhas para aumentarem a captação da energia luminosa e permitir maior eficiência fotossintética e, conseqüentemente, maior fixação de carbono. Ao contrário do observado por Chagas et al. (2010) em *M. arvensis*, em *M. piperita* a expansão foliar parece estar relacionada mais com a qualidade da luz do que com a intensidade, muito embora em outros ambientes sombreados (malhas azul e termorrefletora) esse fenômeno não tenha sido observado.

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). A menor RAF foi observada nas plantas cultivadas a pleno sol ($21,72 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$), aumentando nas malhas termorrefletora ($33,20 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) e vermelha ($35,22 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) e atingindo o máximo nas malhas preta ($51,59 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) e azul ($47,62 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) (Tabela 2). Esse resultado é um indicativo que sob as malhas azul e preta o crescimento de *M. piperita* é

comprometido, pois as plantas desses ambientes requereram maior área foliar para a produção de um grama de matéria seca que as demais.

Tabela 2 Análises de crescimento em plantas de *M. piperita* cultivadas sob diferentes malhas. AF: Área foliar; RPF: razão do peso foliar; RAF: razão de área foliar; AFE: área foliar específica e PEF: peso específico foliar – Lavras - 2011.

Malhas	AF	RPF	RAF	AFE	PEF
	cm ² planta ⁻¹	g g ⁻¹	cm ² g ⁻¹	mg cm ⁻² planta ⁻¹	mg cm ⁻² planta ⁻¹
Pleno sol	971,29 b	0,150 b	21,72 c	149,12 a	6,70 a
Termorefletora	923,40 b	0,152 b	33,20 b	230,34 a	4,89 a
Preta	1276,13 a	0,282 a	51,59 a	182,33 a	5,60 a
Azul	935,19 b	0,190 b	47,62 a	275,34 a	4,13 a
Vermelha	1343,62 a	0,175 b	35,22 b	200,55 a	5,31 a
Média	1089,92	0,19	37,87	207,54	5,38
CV (%)	15,91	16,22	21,43	36,76	28,68

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Considerando que as folhas são o centro de produção de biomassa e que o resto da planta depende da exportação de material da folha, a razão de peso foliar (RPF) expressa a fração de biomassa não exportada das folhas para outras partes da planta (BENINCASA, 2003). A malha preta apresentou maior RPF, demonstrando menor translocação de material das folhas para as demais partes da planta em relação aos demais tratamentos, o que explica o baixo acúmulo de BSR nessas plantas (Tabela 2).

Os resultados obtidos com *M. piperita* demonstraram diferentes respostas de crescimento frente às diferentes condições de qualidade espectral da luz. As novas tecnologias de manipulação espectral têm por objetivo promover respostas fisiológicas desejáveis para as culturas. Estudos têm demonstrado que as respostas fisiológicas e metabólicas das plantas são dependentes da espécie (SHAHAK et al., 2004; AFREEN et al., 2005; SHAHAK, 2008; COSTA et al., 2010a; CHAGAS et al., 2010). Pouco ainda se sabe sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos nas respostas das plantas cultivadas sob condições de

ambientes seletivos de radiação. Assim, o presente estudo corrobora com o comportamento de plantas de *M. piperita* frente às novas tecnologias de produção de vegetais demonstrando que o cultivo sob as malhas afetam o crescimento dessa espécie.

3.2 Teor, rendimento e composição química do óleo essencial

Os efeitos no teor, no rendimento e na composição química do óleo essencial de *M. piperita* cultivadas sob diferentes tipos de malhas estão sumarizados nas Tabelas 3 e 4 e Figura 1. Houve diferenças significativas ($p < 0,05$) no teor e rendimento do óleo essencial de *M. piperita* dentre os diferentes ambientes de luminosidade. Os maiores valores foram observados nas plantas cultivadas a pleno sol e sob as malhas preta e vermelha (Tabela 3).

Tabela 3 Teor e rendimento de óleo essencial de *M. piperita* cultivada sob diferentes malhas. BSF: biomassa seca das folhas – Lavras - 2011.

Malhas	Teor	Rendimento
	$\mu\text{L} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ BSF}$	$\text{mL} \cdot \text{planta}^{-1}$
Pleno sol	1,302 a	0,088 a
Termorreletora	0,967 b	0,041b
Preta	1,332 a	0,093a
Azul	0,997 b	0,037 b
Vermelha	1,067 a	0,073 a
Média	1,133	0,066
CV (%)	16,16	22,70

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Os teores de óleos essenciais de *Mentha piperita* encontrados na literatura variam entre 0,9 - 3,9% (v/p) (MCKAY; BLUMBERG, 2006), enquanto o teor médio observado neste estudo foi de 1,13% (Tabela 3), valor esse situado na faixa citada na literatura. Alguns estudos evidenciaram o

aumento do teor de óleo essencial em plantas aromáticas com aumento da taxa de luminosidade (BURBOTT; LOOMIS, 1967; CHANG et al., 2008; COSTA et al., 2010b).

A análise química do óleo essencial de *M. piperita* identificou sete monoterpenos que constituem cerca de 93% da composição química total do óleo essencial. O presente estudo evidenciou que a qualidade da luz nos ambientes também afetou a composição quantitativa de monoterpenos, particularmente, nos teores dos constituintes majoritários representados pela mentona, mentofurano, mentol e acetato de neomentila (Tabela 4 e Figura 1). Limoneno, pulegona e acetato de neomentila também foram identificados no óleo de *M. piperita* em concentrações entre 1,44 a 3,67% (Tabela 4).

Tabela 4 Porcentagens relativas dos compostos presentes no óleo essencial de *M. piperita* cultivada sob diferentes malhas – Lavras - 2011.

Constituinte	IK	Pleno sol	Termorrefletora	Preta	Azul	Verm
limoneno	1012	2,82	2,78	3,06	2,49	2,78
mentona	1142	10,42	7,47	5,63	5,48	3,80
mentofurano	1153	20,62	29,21	38,75	34,99	27,77
mentol	1163	20,96	15,86	13,99	9,43	11,10
pulegona	1237	1,95	2,55	2,53	3,67	1,44
acetato de neomentila	1278	2,37	2,79	1,96	2,85	3,52
acetato de mentila	1299	32,98	31,68	27,75	35,84	41,89
TOTAL		92,12	92,34	93,67	94,75	92,30

IK: índice de Kovats calculado em relação à retenção de *n*-alcanos (C₈ a C₂₀) em coluna HP-5.

O maior teor de mentol foi observado sob cultivo a pleno sol (20,96%). Estudos sobre a influência da radiação UV-B e luz fotossinteticamente ativa no teor de monoterpenos do óleo essencial de folhas de *M. piperita* foram realizados por Behn et al. (2010), os quais corroboram com a maior produção de mentol sob luz solar. Nas malhas termorrefletora, preta e vermelha, o teor de

mentol variou entre 11,0% a 15,9% e na malha azul foi de 9,43%, cerca da metade do observado a pleno sol. Maffei et al. (1999) também observaram redução na biossíntese de mentol em plantas de *M. piperita* sob exposição à luz azul.

O teor de mentona também apresentou maior biossíntese nas plantas cultivadas a pleno sol (10,42%) e na malha vermelha, a menor produção (3,80%). O composto acetato de mentila apresentou maior teor na malha vermelha (41,89%) e nos demais tratamentos, os teores situaram na faixa de 27,7 - 35,8%. Para o mentofurano, o cultivo a pleno sol proporcionou reduções acentuadas (20,6%), seguido das malhas vermelha e termorrefletora (27,77% e 29,21%, respectivamente). Nas malhas preta e azul, foram observados os melhores resultados, 38,75% e 34,99%, respectivamente (Tabela 4 e Figura 1).

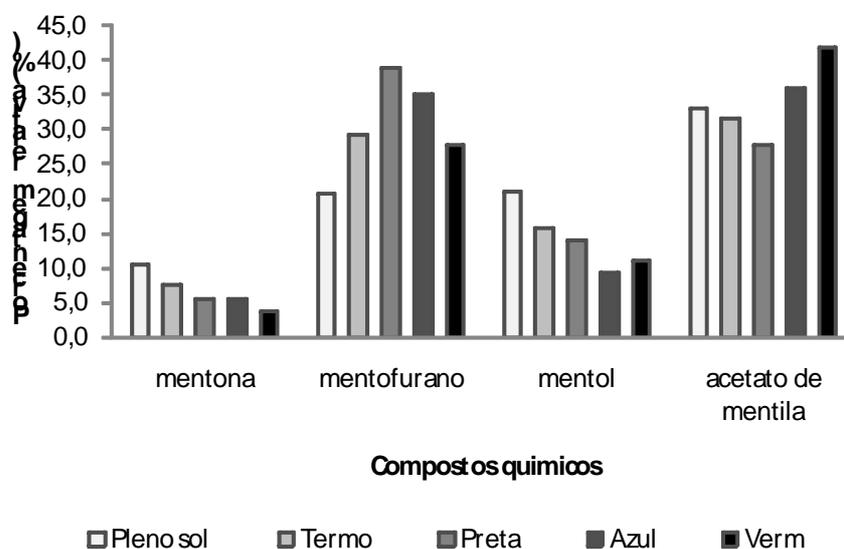


Figura 1 Teores relativos (%) dos constituintes majoritários do óleo essencial de *M. piperita* cultivada sob diferentes malhas. Lavras, 2011.

Segundo Maffei et al. (1999), a composição química do óleo de *M. piperita* é muito influenciada por fatores ambientais, uma vez que esses autores observaram na luz azul uma redução de 65% no teor de mentol em *M. piperita*, enquanto que o teor de mentofurano aumentou em cerca de 2,3 vezes em comparação com a luz branca. Aflatuni (2005) relatou que plantas de *M. piperita* submetidas a dias curtos (fotoperíodo de 12 h luz e 12 h de escuro) continham quantidades muito pequenas de mentol e mentona e altos teores de mentofurano.

Na síntese do óleo essencial de *M. piperita*, a (+)-pulegona é a precursora do mentol, considerado o componente mais significativo dos óleos de *Mentha* spp. Dependendo das condições ambientais, a (+)-pulegona pode reduzir a (-)-mentona e sintetizar mentol, através da pulegona redutase, ou oxidar a (+)-mentofurano, pela mentofurano sintase (MAHAMOUND; CROTEAU, 2003) (Figura 2). Conforme Burbott e Loomis (1967), o nível de oxidação-redução dos monoterpenos reflete no estado de oxidação-redução das coenzimas respiratórias de síntese dos terpenos e, isto, por sua vez, depende da concentração do substrato respiratório nas células. Baseando-se nesta suposição, possivelmente, a radiação solar preservou altos níveis de substratos respiratórios mantendo as condições redutivas, enquanto que sob as radiações proporcionadas pelas malhas preta e azul causou perda dos substratos respiratórios, resultando nas condições oxidativas.

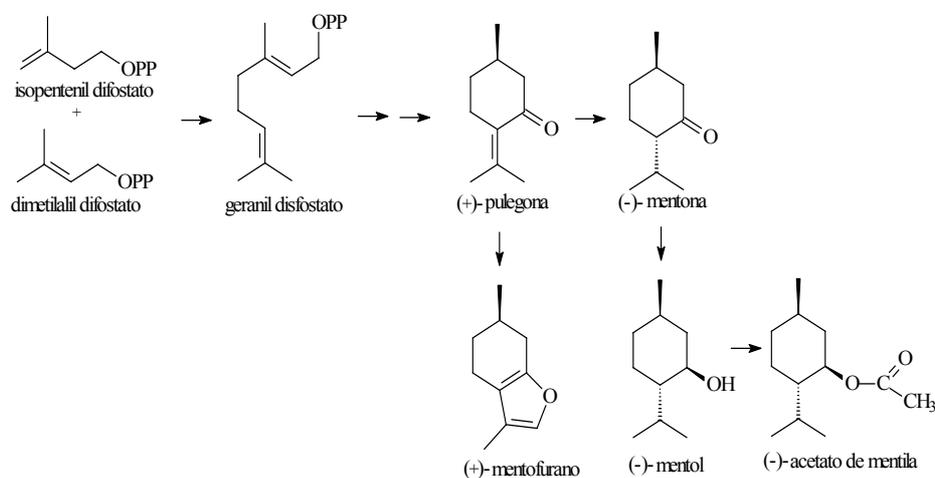


Figura 2 Rota biossintética dos monoterpenos em *M. piperita*. Adaptado de Mahamound e Croteau (2003).

A Farmacopeia Europeia estabelece que o óleo de *M. piperita* deve conter um teor entre 30 - 55% de mentol, 14 - 32% de mentona, 2,8 - 10% de acetato de mentila e 1 - 9% de mentofurano (Harris, 2006). Independente da qualidade de luz imposta a *M. piperita* cultivada em Lavras - MG (Brasil), os teores de acetato de mentila e mentofurano são elevados e não preenchem os requisitos farmacopeicos. Porém, essa composição química pode ser interessante para a indústria de perfumes. Para se ter uma ideia, o alto teor de mentofurano é importante nas formulações de perfumes por não intensificarem o aroma da essência, além de ser uma substância cara, devido a sua limitada disponibilidade e baixa produção pelas plantas (0 a 6%). Deve ser considerado também a questão da aceitabilidade do mentofurano sintético como um fator determinante no custo de um óleo essencial que contenha componentes sintéticos na indústria dos aromas (KHANUJA et. al., 2003).

4 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que é possível manipular o cultivo das plantas e a produção e a composição química do óleo essencial com o uso de malhas ou cultivo a pleno sol. Os resultados evidenciaram que as plantas de *M. piperita* cultivadas a pleno sol e malhas preta e vermelha produzem mais biomassa seca das folhas, maiores teores e rendimentos do óleo essencial. Entretanto, os óleos essenciais das plantas cultivadas a pleno sol apresentaram maior teor de mentol e sob as malhas preta e azul maiores teores de mentofurano.

REFERÊNCIAS

ABREU, I. N.; MAZZAFERA, P. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 43, p. 241-48, 2005.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4th ed. Illinois: Allured Publishing Corporation, 2007.

AFLATUNI, A. **The yield and essential oil content of mint (*Mentha* spp.) in northern oostrobothnia**. 2005. 50 p. Academic Dissertation - Faculty of Science, University of Oulu, 2005.

AFREEN, F.; ZOBAYED, S. M. A.; KOZAI, T. Spectral quality and UV-B stress stimulate glycyrrhizin concentration of *Glycyrrhiza uralensis* in hydroponic and pot system. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 43, p. 1074-81, 2005.

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

BEHN, H. et al. Ultraviolet-B and photosynthetically active radiation interactively affect yield and pattern of monoterpenes in leaves of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 7361-7367, 2010.

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

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

BURBOTT, A. J.; LOOMIS, W. D. Effects of light and temperature on the monoterpenes of peppermint. **Plant Physiology**, v. 42, p. 20-28, 1967.

CHAGAS, J. H. et al. Produção de biomassa seca em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivada sob malhas fotoconversoras. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 3422-3427, 2010.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basiculum* L.) and its content of volatile oils. **Enviromental and Experimantal Botany**, v. 63, p. 216-223, 2008.

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

COSTA, L.C.B. et al. Effects of coloured shade netting on the vegetative development and leaf structure of *Ocimum Selloi*. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 349-359, 2010a.

COSTA, L. C. B. et al. Yield and composition of the essential oil of *Ocimum selloi* Benth. cultivated under colored netting. **Journal of Essential Oil Research**, v. 22, p. 34-39, 2010b.

DAVIES, N. W. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. **Journal of Chromatography**, v. 503, p. 1-24, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA CNPS, 2006. 306 p.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 5.0**: sistema de análise estatística. Lavras: UFLA/DEX, 2007. *Software*.

HARRIS, B. Menthol: a review of its thermoreceptor interactions and their therapeutic applications. **The International Journal of Aromatherapy**, n. 16, p. 117–131, 2006.

KHANUJA, S. P. S. et al. Mint plant named 'Cim Indus'. PP16474 No. 10749906. 12/29/2003. HYPERLINK "http://www.patentstorm.us/assignee-patents/Council_of_Scientific_and_Industrial_Research/474620/1.html" **Council of Scientific and Industrial Research**. Disponível em: <<http://www.patentstorm.us/patents/PP16474/description.html>>. Acesso em: 06. mai. 2011.

LEITE, C. A. **Efeito de Aluminet em estufa de Pinus e Eucaliptus**. Disponível em: < <http://www.polysack.com/files/fc42f05f6bab9497f30102a306073755.pdf> >. Acesso em: 04. mai. 2011.

MAFFEI, M. et al. UV-A effects on photomorfogenesis and essential oil composition in *Mentha piperita*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 52, p. 105-110, 1999.

MAHMOUD, S. S.; CROTEAU, R. B. Menthofuran regulates essential oil biosynthesis in peppermint by controlling a downstream monoterpene reductase. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, n. 24, p. 14481-14486, 2003. doi/10.1073/pnas.2436325100.

MARTINS, J. R. et al. Avaliação do crescimento e teor do 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, 2008.

MCKAY, D. L.; BLUMBERG, J. B. A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). **Phytotherapy Reserach**, n. 20, p. 619-633, 2006.

MEDINA, C.; MACHADO, E. C. **Uma nova luz para o futuro dos pomares**. Campinas: IAC, 2006. 4 p. (Boletim Citrus). Disponível em: <HYPERLINK <http://www.polysack.com/files/219e53b274618f7c2a7321150c2334f4.pdf>>. Acesso em: 10. ago.2008.

NATIONLA INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **PC version 2.0 of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library**. Gaithersburg: U.S., 2008. *Software*.

OLIVEIRA, J. R. et al. Cultivos agrícolas utilizando telas coloridas e termofletoras. In: I JORNADA CIENTÍFICA E VI FIPA DO CEFET, 1., 2008, Bambuí. **Anais...** Bambuí: 2008.

OREN-SHAMIR, M. et al. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches os *Pittosporum variegatum*. **Journal Horticultural Science ; Biotechnology**, Ashford, v. 76, n. 3, p. 353-361, 2001.

PINTO, J. E. B. P. et al. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema do Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 210-204, 2007.

POLYSACK INDÚSTRIAS Ltda. Disponível em: < [http://HYPERLINK "http://www.polysack.com/files/fc42f05f6%20bab9497f30102%20a306073755.pdf" http://www.polysack.com/files/fc42f05f6_bab9497f30102_a306073755.pdf](http://www.polysack.com/files/fc42f05f6%20bab9497f30102%20a306073755.pdf)>. Acesso em: 06. nov. 2008.

SAEBO, A.; MORTENSEN, L. M. The influence of elevated CO₂ concentration on growth of seven grasses and one clover species in a cool maritime climate. **Acta Agriculturae Scandinavia Section B-Sorland Plant Science**, v. 46, n. 1, p. 49-54, 1996.

SHAHAK, Y. Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. **Acta Horticulture**, n. 770, p. 161-168, 2008.

SHAHAK, Y. et al. Color-Nets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. **Acta Horticulture**, n. 659, p. 143-151, 2004.

SUÁREZ, N. **Ensaio de observação de comportamento da tela termo-refletores Aluminet 50% em tomate embaixo de estufas**. 1999. Disponível em: <<http://www.polysack.com/files/ae870a41b9b2244cdbc5315499f6c7eb.pdf>>. Acesso em: 10. ago. 2009.

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

TSORMPATSIDIS, E. et al. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce 'Revolution' grown under polyethylene films. **Environmental and Experimental Botany**. n. 63, p. 232-239, 2008.

VAN DEN DOOL, H; KRATZ, P. D. J. A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, v. 11, n. 4, p. 463-471, 1963.

ARTIGO 2

Níveis de sombreamento e tipos de malha no crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta

RESUMO

A luz é um componente vital para o crescimento e desenvolvimento das plantas, influenciando direta e indiretamente nos processos fundamentais. Tanto a qualidade como a quantidade da radiação incidente podem ocasionar diferentes respostas. Objetivou-se avaliar o crescimento vegetativo da planta, o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivada sob diferentes malhas e níveis de irradiância no município de Lavras - MG, Brasil. As plantas foram cultivadas sob as malhas preta e aluminizada com diferentes níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 70%). O experimento foi realizado em DIC com esquema fatorial 2 x 4, com 4 repetições com 5 plantas em cada. Realizou-se a colheita 4 meses após o plantio. A AF, RPF e o teor do óleo essencial não diferiram significativamente. A BSF, BSC, BSR, BST, RAF e AFE das plantas cultivadas em cada malha apresentaram comportamentos distintos nos diferentes níveis de sombreamento, sendo que o crescimento das plantas de menta foi menor na malha preta e quanto maior o sombreamento, menor foi a produção de biomassa. O mesmo foi observado para o rendimento do óleo essencial, atingindo em média 0,07 mL planta⁻¹ nas malhas aluminizada e preta, e rendimento de óleo essencial de 1,26 mL planta⁻¹ e 1,34 mL planta⁻¹, respectivamente. Conclui-se que para obtenção de maior rendimento de óleo essencial o cultivo a pleno sol foi melhor que as malhas e seus diferentes níveis de sombreamento.

1 INTRODUÇÃO

Menta é o nome comum de aproximadamente 25 espécies perenes do gênero *Mentha*, que se desenvolve melhor em regiões de clima temperado. Taxonomicamente é um gênero complexo com grande variabilidade genética e fenotípica, sendo muitas vezes capaz de hibridização. São cultivadas como ervas, cujas folhas podem ser secas e usadas como flavorizantes e seu óleo essencial é usado como aromatizante pelas indústrias farmacêuticas em fragrâncias, na medicina e como condimento alimentar (LORENZO et al., 2002).

O óleo essencial de *Mentha spp* é constituído principalmente de monoterpenos. O mentol e a mentona são os principais componentes do óleo e os de maior valor econômico, embora sejam conhecidos mais de 200 componentes presentes nos óleos do gênero *Mentha* (PEGORARO et al., 2010). A biossíntese de monoterpenos é regulada pela interação de fatores ontogenéticos e ambientais, incluindo disponibilidade de nutrientes, temperatura, fotoperíodo e radiação (BEHN et al., 2010). A luz é o principal fator que controla o crescimento, o desenvolvimento e o metabolismo das plantas, sendo afetadas pela irradiância em todos os estágios do seu crescimento. Altos níveis de irradiância afetam diretamente os processos da planta através de seu efeito na atividade enzimática e fotossíntese, bem como indiretamente nos processos fisiológicos da planta devido ao seu impacto nos atributos térmicos dos tecidos (CHANG et al., 2008).

A dependência das plantas à luz é um processo complexo que envolve a ação combinada de fotorreceptores que controlam estágios variados no desenvolvimento (OREN SHAMIR et al., 2001; SHAHAK et al., 2004). A eficiência fotossintética está diretamente ligada à quantidade e à qualidade de luz que a planta recebe (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Devido à influência dos fatores ambientais na atividade fisiológica das plantas, novas tecnologias de produção estão surgindo e inovando a agricultura, visando maximizar os processos produtivos (CORRÊA, 2008; POLYSACK..., 2008). As malhas termorrefletoras (Aluminet[®]), 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). Em citrus o uso de Aluminet[®] proporcionou incremento de fotossíntese que propiciou cerca de 26% de precocidade. Se for adequadamente manejado, o Aluminet[®] pode proporcionar ganhos de mais de 40% na produção. A diminuição da temperatura e a adição de luz difusa propicia um microclima responsável pelo incremento da matéria seca, traduzida pela precocidade da muda cítrica (POLYSACK..., 2008). Por outro lado, o cultivo protegido tradicional, além de exigir estrutura onerosa, proporciona efeito estufa pela cobertura plástica, que é prejudicial em épocas quentes do ano e as telas de sombreamento (sombrites), na maioria das vezes, não proporcionam níveis adequados de luz, afetando o desenvolvimento e a produção (CORRÊA, 2008).

Com isso o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da malha preta e aluminizada com diferentes níveis de sombreamento no crescimento e produção de óleo essencial de *M. piperita*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

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). As análises foram realizadas no Laboratório de Cultura de Tecidos e Plantas Medicinais também 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).

O experimento foi conduzido de março a julho de 2009. As condições climáticas da área experimental apresentaram temperaturas médias mensais de 20,9°C, observando-se mínimas de 13,0°C e máxima de 31,6°C, e precipitação média mensal de 136,26 mm durante o experimento (ANEXO A). A umidade relativa do ar média foi de 74%, variando entre 66% a 80%, e a insolação média foi de 6,3 horas, variando entre 4,0h e 7,5h (Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras).

2.2 Preparo das mudas e instalação do experimento

As mudas foram obtidas a partir de mini estacas apicais (aprox. 5 cm de comprimento) coletadas de plantas matrizes do Horto de Plantas Medicinais da UFLA enraizadas em bandejas de polipropileno expandido de 128 células utilizando-se substrato comercial (Plantmax[®]).

Após o enraizamento das mudas, elas foram transplantadas para vasos de plásticos de 10 litros de capacidade, contendo uma mistura de terra, areia e esterco bovino (3:1:1). O transplante das mudas foi realizado quando apresentaram um bom enraizamento e com uma altura aproximada de 10 cm. A terra foi submetida a análises químicas no Laboratório de Análise de Solos da UFLA e corrigida 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). Após feita a mistura, esta também foi levada para análise.

O solo utilizado como substrato foi coletado da cama de 0 - 20 cm de profundidade, de um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (LVAd) (EMBRAPA, 2006), do município de Lavras, MG. Realizaram-se as análises do solo e do substrato (ANEXO B; ANEXO C) no Laboratório de Análises Química e Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. A caracterização química e física das amostras de solo foi realizada conforme EMBRAPA (1997). As características químicas dos solos foram: pH em água = 5,6; P e K (mg dm^{-3}) = 0,6 e 14; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 0,5; 0,1; 0,0; 2,1; saturação de bases V (%) = 23,4; matéria orgânica (dag kg^{-1}) = 1,4. As características químicas da mistura de terra, areia e esterco (3:1:1) foram: pH em água = 6,5; P e K ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) = 55,5 e 284; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 3,4; 1,4; 0,0; 1,3; saturação de bases V (%) = 81,0; matéria orgânica (dag kg^{-1}) = 1,3.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial, 2 x 4, sendo duas malhas de cobertura (preta e termorrefletora aluminizada), e quatro níveis de sombreamento (0%, 30%, 50% e 70%), com cinco repetições, onde cada parcela foi constituída de quatro plantas.

2.3 Análise de crescimento da planta

A colheita do experimento foi realizada após 120 dias de cultivo, quando cada planta foi separada em raiz, caule e folha para secagem em estufa com ventilação forçada a 40°C até peso constante. O peso do material vegetal seco foi obtido para determinação da biomassa seca de folhas (BSF, g planta⁻¹), caule (BSC, g planta⁻¹), raízes (BSR, g planta⁻¹) e total da planta (BST, g planta⁻¹), determinando-se também a relação raiz:parte aérea (R/PA). Após a colheita, avaliou-se a área foliar (AF cm² planta⁻¹), medida com auxílio de Medidor Eletrônico de área foliar, modelo LI – 3100-LICOR. A partir da qual se obtive os parâmetros fisiológicos de razão de área foliar (RAF, cm² g⁻¹), área foliar específica (AFE, cm² g⁻¹) razão de peso foliar (RPF), peso específico foliar (PEF, mg cm² planta⁻¹) de acordo com Benincasa (2003).

2.4 Extração e análises do óleo essencial

O óleo essencial foi extraído de 20 g de folhas secas de *M. piperita* pelo processo de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado, durante 120 minutos. O óleo foi separado por decantação por 5 min, sendo recolhido o sobrenadante. Foram determinados o teor (μL 100 g⁻¹ BSF), o rendimento (mL. planta⁻¹) e a composição química do óleo.

As análises da composição química foram realizadas por meio de uma amostra composta de alíquotas equivolúmetricas do óleo volátil das repetições de cada tratamento.

As análises quantitativas do óleo foram realizadas por cromatografia em fase gasosa acoplado a um detector de ionização de chama de hidrogênio (CG-DIC) em um sistema Agilent® 7890A equipado com coluna capilar de sílica fundida HP-5 (30 m de comprimento × 0,25 mm de diâmetro interno × 0,25 μm

de espessura do filme) (Califórnia, EUA). O gás Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min; as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 220°C e 240°C, respectivamente. A temperatura inicial do forno foi de 60°C, isotérmico por 1,5 min, seguido por uma rampa de temperatura de 3°C/min até 240°C, seguida de uma rampa de 10°C/min até 270°C. O óleo foi diluído em acetato de etila (1%, v/v) e injetado automaticamente no cromatógrafo empregando volume de injeção de 1,0 µL, no modo *split* a uma razão de injeção de 1:50. A análise quantitativa foi obtida pela integração do cromatograma total de íons (TIC) e o teor dos constituintes eluídos expressos como porcentagem de área relativa das áreas dos picos.

As análises qualitativas do óleo foram realizadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), utilizando-se um equipamento Agilent® 5975C, operado por ionização de impacto eletrônico a 70 eV, em modo varredura, a uma velocidade de 1,0 scan/s, com um intervalo de aquisição de massas de 40 - 400 *m/z*. As condições cromatográficas foram as mesmas empregadas nas análises quantitativas.

Os componentes foram identificados por comparação de seus índices de retenção calculados (IK_c) com dados de espectros de massas e índices de retenção (IK) de literaturas (DAVIES, 1990; ADAMS, 2007) e por comparação dos espectros de massas com o banco de dados da biblioteca NIST/EPA/NHI (NIST, 2008). Os índices de retenção de Kovats (IK_c) relativos a co-injeção de padrão de *n*-alcanos, C₈-C₂₀ (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) foram calculados com a aplicação da equação de Van Den Dool e Kratz (1963).

2.5 Análise estatística

Para análise estatística dos dados, foi utilizado o programa Sisvar[®] (FERREIRA, 2007). As médias entre os tratamentos foram submetidas à análise de variância, pelo teste de F e aplicado o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSAO

O uso das malhas preta e aluminizada com diferentes níveis de sombreamento influenciaram o crescimento das plantas de *M. piperita*. Houve interação significativa entre as malhas e os níveis de sombreamento para as variáveis de crescimento BSF, BSC, BSR, BST, RAF e AFE e rendimento do óleo essencial. Já para as variáveis AF, RPF e teor de óleo essencial não foram observadas diferenças significativas.

A BSF apresentou comportamento linear decrescente nas plantas cultivadas na malha aluminizada com aumento do sombreamento. Sob a malha preta observou-se um comportamento quadrático, havendo produção máxima no nível de 30% de sombreamento, decaindo a BSF com o aumento do sombreamento (Figura 3A). Resultados distintos foram observados por Chagas et al. (2010a) em *M. arvensis*, que observaram maior produção de biomassa seca quando as plantas foram cultivadas a pleno sol, diminuindo linearmente com o aumento do sombreamento.

As plantas cultivadas nas malhas apresentaram comportamento distintos para BSC. A malha aluminizada obteve maior acúmulo com 70% de sombreamento (18,38g) (Figura 3B). O maior acúmulo de BSC com a diminuição da radiação incidente é uma característica de plantas competitivas, o que pode demonstrar uma forma de escape ao déficit de luz. No entanto, isto não foi observado na malha preta, onde há um decréscimo na BSC com o aumento do sombreamento.

A BSR nas plantas cultivadas na malha aluminizada e preta mantiveram comportamento quadrático, decrescendo com o aumento do sombreamento (Figura 3C). 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, o que

corroborar com os resultados observados, tanto na malha sombrite como na aluminizada. O maior acúmulo de BSR ocorreu nas plantas cultivadas a pleno sol (20,6 g e 23,1 g, respectivamente) (Figura 3C). 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.

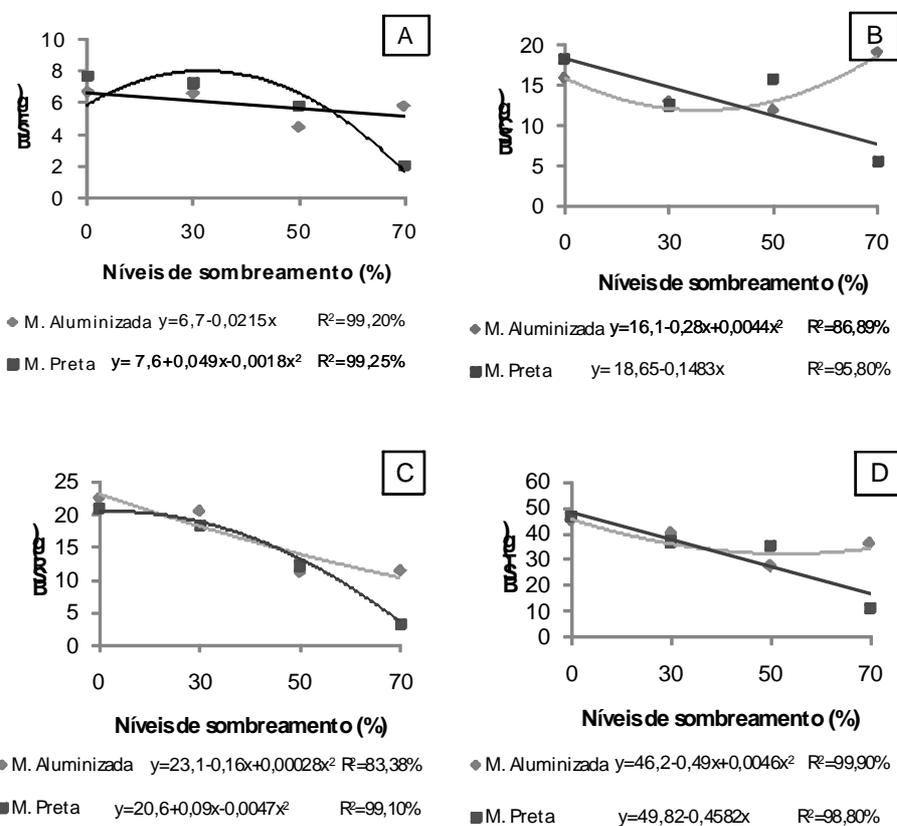


Figura 3 Desdobramento da interação das variáveis biomassa seca de folha (BSF, A), de caule (BSC, B), de raiz (BSR, C) e total (BST, D) de plantas de *M. piperita* cultivadas em diferentes níveis de sombreamento na malha aluminizada e na malha preta de plantas. Lavras, 2011.

A BST também apresentou comportamento distinto para ambas as malhas, atingindo máxima produção quando não há sombreamento (46 g) (Figura 3D). Chagas et al. (2010a) observaram resultado semelhante em *M. arvensis* L., havendo maior produção de biomassa seca quando cultivadas a pleno sol, diminuindo linearmente com o aumento do sombreamento. Resultados similares em *Ocimum basilicum* foram observados por Chang et al. (2008), que demonstraram que esta espécie apresentou melhor crescimento em ambientes ensolarados, não sendo adaptadas para cultivo em consórcio com espécies de porte mais alto, devido ao sombreamento proporcionado por estas.

Comparando as variáveis de crescimento entre as malhas preta e aluminizada demonstrados na Tabela 5, nota-se que houve um ganho de BSC, BSR e BST no cultivo sob malha aluminizada em detrimento à malha preta. 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 pode contribuir para maior acúmulo de biomassa seca em relação à malha preta, como foi observado neste experimento. Chagas et al. (2010a), por sua vez, não observaram a influência das malhas aluminizada e preta na produção de biomassa seca em plantas de *M. arvensis*.

Tabela 5 Biomassas secas de folhas (BSF), caule (BSC), raiz (BSR) e total (BST), relação raiz/parte aérea (R/PA), área foliar (AF), razões do peso foliar (RPF) e da área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), peso específico foliar (PEF) e, rendimento e teor de óleo essencial (OE) de *M. piperita* cultivadas sob níveis de sombreamento e tipos de malha – Lavras - 2011.

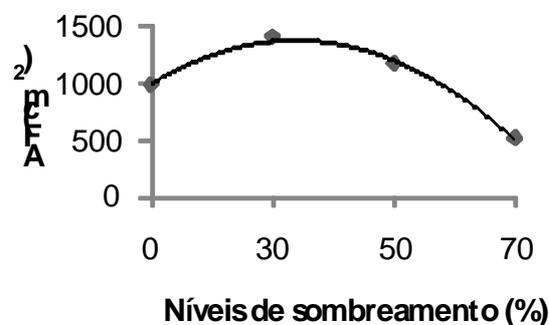
Variável	Malha		Média	CV (%)
	Aluminizada	Preta		
BSF (g planta ⁻¹)	5,707 A	5,910 A	5,81	15,76
BSC (g planta ⁻¹)	14,962 A	13,090 B	14,03	12,98
BSR (g planta ⁻¹)	16,418 A	14,200 B	15,31	15,14
BST (g planta ⁻¹)	37,290 A	32,637 B	34,96	9,13
R/PA	0,806 A	0,725 A	0,766	19,41
AF (cm ² planta ⁻¹)	1079,67 A	940,88 B	1010,27	16,05

Variável	Malha		Média	CV (%)
	Aluminizada	Preta		
RPF (g g ⁻¹)	0,159 A	0,169 A	0,164	15,51
RAF (cm ² g ⁻¹)	28,16 A	29,287 A	28,723	28,49
AFE (cm ² g ⁻¹)	183,51 A	191,06 A	187,28	21,80
PEF (mg cm ⁻² planta ⁻¹)	6,157 A	5,926 A	6,042	19,56
Rendimento OE (mL planta ⁻¹)	0,074 A	0,072 A	0,073	25,95
Teor OE (µL 100 g ⁻¹ BSF)	1,26 A	1,34 A	1,30	24,18

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Visando maximização da absorção luminosa, plantas sombreadas podem ter área superficial de 20% a 80% maior do que folhas crescidas ao sol, decorrente da ampliação da superfície fotossintetizante na planta (SCALON et al., 2001; NOBEL, 1991).

A AF apresentou comportamento quadrático nos diferentes níveis de sombreamento ocorrendo uma redução a partir de 30% de sombreamento (Figura 4). Chagas et al., (2010b) observaram também que, mesmo as plantas de *M. arvensis* acumulando menos biomassa seca das folhas com o aumento do sombreamento, elas conseguiram expandir sua área foliar total até um sombreamento de 28% sob malha preta e 30,7% sob a malha aluminizada, ponto este similar ao encontrado neste experimento, podendo-se observar área máxima (1399,92 cm²) quando as plantas foram cultivadas com 28,6% de sombreamento (Figura 4). A redução no nível de radiação fez com que as plantas aumentassem a proporção investida no crescimento em área foliar. Este aumento pode decorrer tanto de aumento na expansão celular quanto de aumento no número de divisões celulares ao longo da lâmina foliar (FRIEND; POMEROY, 1970).



$$y=975,8+29,71x-0,5203x^2 \quad R^2=99,65\%$$

Figura 4 Médias da área foliar (AF) das plantas de *M. piperita* nos diferentes níveis de sombreamento. Lavras, 2011.

Na Figura 5A, observa-se que a RAF das plantas quando cultivadas na malha aluminizada apresentou comportamento quadrático, havendo uma redução com o aumento do sombreamento. A diminuição da RAF nessas condições pode demonstrar uma incapacidade das plantas de crescer à baixa luminosidade, apresentando assim uma menor proporção de tecido fotossinteticamente ativo na forma de área foliar. Enquanto às cultivadas na malha preta apresentaram um crescimento linear com o aumento do sombreamento, resultados também encontrados em *M. arvensis* (CHAGAS et. al., 2010b), *M. suaveolens* (AMARAL, 2007) e em *Melissa officinalis* (MARTINS et al., 2008). Segundos 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. No entanto, na planta cultivada na malha preta, obteve-se um comportamento linear com maior RAF a 70% de sombreamento.

A RPF expressa a fração de biomassa seca não exportada das folhas para outras partes da planta (BENINCASA, 2003). Ou seja, o aumento da RPF 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. O que sugere que para as plantas de menta esta proporção não foi alterada pelo uso das malhas nem pelos níveis de sombreamento, visto que não foram observadas diferenças significativas. Chagas et al. (2010b), por sua vez, observaram em plantas de *M. arvensis* um crescimento linear da RPF com o aumento do sombreamento.

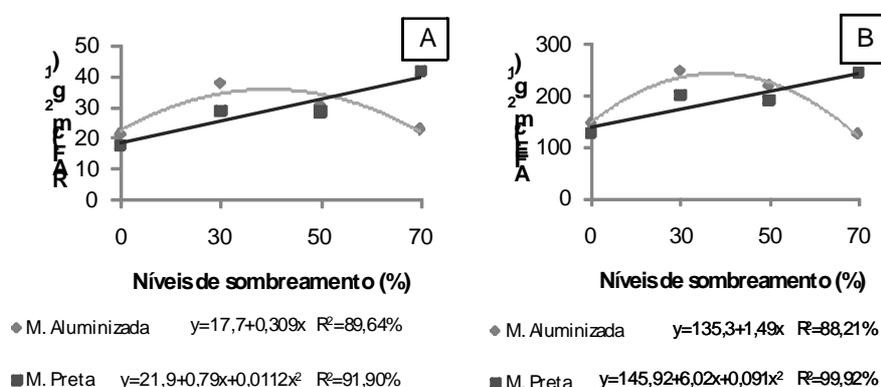


Figura 5 Desdobramento da interação das variáveis razão da área foliar (RAF, A) e área foliar específica (AFE, B) de plantas de *M. piperita* cultivadas em diferentes níveis de sombreamento na malha aluminizada e na malha preta de plantas. Lavras, 2011.

A AFE relaciona componentes morfoanatômicos (superfície da folha e o peso da biomassa seca da própria folha). 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 (BENINCASA, 2003). A AFE das plantas de menta apresentou comportamento quadrático quando cultivadas na malha aluminizada e comportamento linear quando cultivadas sob malha preta (Figura 5B). O que pode demonstrar que a maior radiação incidente proporciona maior espessura das folhas em menta. Resultado observado também em *M.*

suaveolens (AMARAL, 2007), em *M. arvensis* (CHAGAS et al., 2010b) e em *Ocimum basilicum* (CHANG et al., 2008), que indicaram uma redução na espessura das folhas com o aumento do sombreamento. Isto pode ser caracterizado como uma adaptação das plantas tolerantes ao sol, sendo que a redução pode estar associada a um menor volume de células.

O teor do óleo essencial não foi afetado pelos níveis de sombreamento e malhas, os valores obtidos indicaram concentrações entre 1,2 a 1,4 $\mu\text{L } 100 \text{ g}^{-1}$ BSF (Figura 6). O rendimento como é dependente do acúmulo de biomassa nas folhas apresentou resultado similar àquele observado para BSF. O rendimento do óleo essencial em ambas as malhas caiu à medida que os níveis de sombreamento aumentaram, entretanto na malha preta ($0,07 \text{ mL planta}^{-1}$) a queda do teor foi mais acentuada em comparação com a malha aluminizada ($0,05 \text{ mL planta}^{-1}$) (Figura 6). Porém, observou-se que o máximo rendimento para ambas as malhas foi no tratamento a pleno sol, $0,084 \text{ mL planta}^{-1}$ na malha aluminizada e $0,106 \text{ mL planta}^{-1}$ na malha preta (Figura 6).

Em *Ocimum basilicum* o aumento da radiação incidente não aumentou o rendimento de óleo, mas afetou a percentagem relativa dos componentes do óleo, ocasionando um aumento no linalol e eugenol, enquanto que o metileugenol aumenta com um maior sombreamento (CHANG et al, 2008). Já em espinheira-santa, estudos evidenciaram diferenças significativas no teor de polifenóis totais em plantas cultivadas em diferentes condições de luminosidade, sendo 7,16% para amostras cultivadas à sombra e 10,29% para amostras cultivadas a pleno sol (ROCHA et al., 2010). Amaral (2007) não observou a influência da intensidade nos teores de óleo essencial de *M. 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. Portanto, como já mencionado, pelo fato do rendimento ser composto por duas variáveis, o teor na planta e a produção de biomassa seca da

parte aérea, a última variável é importante e influencia bastante o rendimento do óleo essencial por área produtiva.

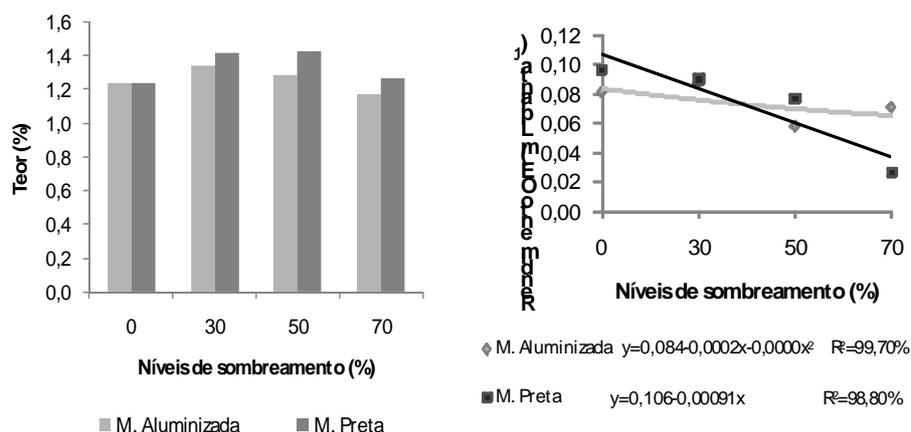


Figura 6 Teor e rendimento do óleo essencial de plantas de *M. piperita* cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento sob malha preta e aluminizada. Lavras, 2011.

As análises químicas das amostras de óleo essencial de *M. piperita* identificaram, em média, cerca de 94,2% dos constituintes presentes no óleo, o qual é formado totalmente por monoterpenos. Os constituintes majoritários são representados pela mentona, mentofurano, mentol e acetato de neomentila, os quais constituem, em média, cerca de 86% do conteúdo total de constituintes identificados no óleo (Tabela 5 e Figura 7). Limoneno, 1,8-cineol, γ -terpineno, pulegona e acetato de neomentila são os constituintes minoritários identificados no óleo de *M. piperita* em concentrações entre 0,32 a 3,74% (Tabela 5).

Tabela 6 Percentagens relativas dos compostos presentes no óleo essencial de plantas de *M. piperita* cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento sob malha preta e aluminizada – Lavras - 2011.

Composto	IK	0	Aluminizada			Preta		
			30	50	70	30	50	70
limoneno	1012	2,63	2,14	2,13	2,67	2,47	2,64	2,31
1,8-cineol	1015	0,86	0,82	0,32	1,05	0,96	0,87	0,84
γ -terpineno	1050	0,63	0,85	0,46	0,89	0,93	0,93	0,81
mentona	1142	8,56	7,39	3,46	3,01	6,77	5,26	12,59
mentofurano	1153	21,13	28,02	28,75	35,72	30,34	34,37	24,37
mentol	1164	25,01	25,69	13,24	15,21	25,52	15,23	26,82
pulegona	1237	1,02	1,23	1,12	1,15	1,26	1,96	3,20
acetato de neomentila	1278	2,38	1,56	3,74	3,14	1,72	2,1	1,59
acetato de mentila	1299	32,20	26,87	41,11	34,02	24,53	27,78	21,03
TOTAL		94,43	94,58	94,36	96,86	94,50	91,14	93,57

IK: índice de Kovats calculado em relação à retenção de *n*-alcanos (C₈ a C₂₀) em coluna HP-5.

Em todos os tratamentos, considerando o conteúdo total dos constituintes majoritários, não se observou diferenças consideráveis, uma vez que os teores desses constituintes juntos variaram entre 82,6% a 88,0%. Entretanto, considerando os constituintes majoritários individualmente, entre os tratamentos, nota-se pela Tabela 5 e Figura 7 que ocorreram flutuações nos teores conforme a malha e níveis de sombreamento.

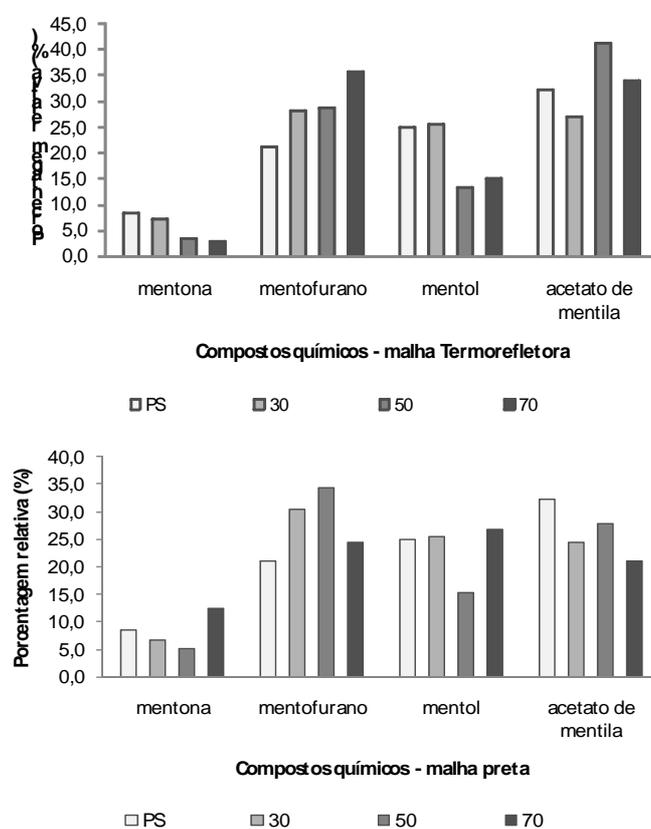


Figura 7 Teores relativos (%) dos constituintes majoritários do óleo essencial de *M. piperita* cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento sob malha preta e aluminizada. Lavras, 2011.

A concentração de mentona (12,59%) e mentol (26,82%) foram maiores quando a menta foi cultivada sob malha preta com 70% de sombreamento. Porém, os teores de mentol não variaram consideravelmente entre os cultivos a pleno sol, nas malhas termorrefletora 30%, malha preta 30% e malha preta 70% (25,01; 25,69; 25,52 e 26,82%, respectivamente). Nos demais ambientes os teores de mentol variaram entre 13,24 a 15,23%. O menor teor de mentofurano foi observado a pleno sol (21,13%) e os maiores sob as malhas aluminizada 70%, preta 30% e preta 50% (35,72; 30,34 e 34,37, respectivamente) (Tabela 5 e

Figura 7). Os efeitos das variações de luz e de temperatura podem influenciar no metabolismo primário e secundário das plantas, atuando na formação dos monoterpenos (DOLZHENKO et al., 2010).

No cultivo sob a malha aluminizada observou um expressivo aumento no teor de acetato de mentila (41,11%). Na síntese do óleo essencial de *M. piperita*, a (+)-pulegona é precursora do mentol. Dependendo das condições ambientais, a (+)-pulegona pode reduzir a (-)-mentona e sintetizar mentol, através da pulegona redutase, ou oxidar a (+)-mentofurano, pela mentofurano sintase (MAHAMOUND e CROTEAU, 2003). O acetato de mentila é o produto da acetilação do mentol (MAFFEI et al., 1999) (Figura 8). Com base nisto, notou-se que no presente estudo as reações de oxidação-redução e acetilação da rota biossintética dos monoterpenos de *M. piperita* foram bastante influenciadas pelo nível de sombreamento e tipo de malha empregada no cultivo.

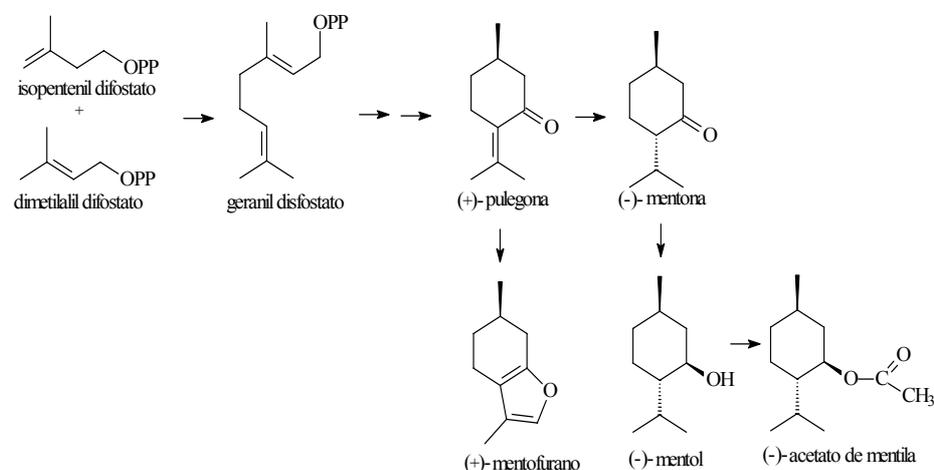


Figura 8 Rota biossintética dos monoterpenos em *M. piperita*
Fonte Adaptado de Mahamound e Croteau (2003)

As plantas cultivadas sob a malha aluminizada 50% favoreceram a conversão do mentol em acetato de mentila, pois apresentou baixo teor de

mentol (13,24%) e elevados teores de acetato de mentila (41,11%). Na malha aluminizada, 70% desse mesmo fenômeno parece ter ocorrido, porém houve um balanço entre a acetilação do mentol (15,21%) a acetato de mentila (34,02%) e a oxidação da pulegona para síntese do mentofurano (35,72%). Além da malha aluminizada 70%, as malhas preta 30% e 50% também favoreceram reações oxidativas, pois os teores de mentofurano foram maiores nesses ambientes (35,72; 30,34 e 34,37%, respectivamente) (Tabela 5 e Figura 7).

Os ambientes sombreados evidenciaram favorecer a formação de mentofurano, que apresentou teor mínimo na condição de pleno sol (21,13%). Vale ressaltar ainda, a composição distinta do óleo das plantas cultivadas sob malha preta 70% (Tabela 5 e Figura 7). Nesse ambiente, nota-se um teor mais equilibrado dos quatro monoterpenos majoritários, conferindo uma diferenciação ao óleo em relação aos demais, por conter maiores concentrações de mentona (12,59%) e mentol (26,82%) e concentrações reduzidas de mentofurano (24,37%) e acetato de mentila (21,03%).

Burbott e Loomis (1967) demonstraram que noites curtas e frias combinadas com altas intensidades de luz durante o dia aumentam a formação de mentona e diminui o acúmulo de mentofurano e pulegona. A *M. piperita* mostra drásticas alterações no metabolismo em resposta a condições ambientais, incluindo a qualidade e quantidade de luz (BEHN et al., 2010; DOLZHENKO et al., 2010; MAFFEI et al., 1999). O presente estudo corrobora com àqueles da literatura, pois indicou que plantas de *M. piperita* responderam distintamente aos níveis de sombreamento e malhas, causando flutuações consideráveis nos teores dos monoterpenos majoritários.

De acordo com Sacco (1987), as plantas *Mentha piperita* são sensíveis ao fotoperíodo, ou seja são plantas longodiurnas. A maturação e a qualidade do óleo poderiam representar um problema em áreas de menor latitude, resultando óleos essenciais com conteúdos elevados de mentofurano, componente

indesejável no óleo essencial. Com isso, parece que o fotoperíodo associado com as variações ambientais influencia consideravelmente a composição de terpenos dessa espécie (SACCO, 1987).

4 CONCLUSÃO

O sombreamento promovido pelas malhas diminuiu o crescimento e o rendimento do óleo essencial, mas indicou que plantas de *M. piperita* respondem distintamente aos níveis de sombreamento e malhas quanto aos teores dos monoterpenos majoritários, assim, sugere-se o cultivo a pleno sol.

REFERENCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4th ed. Illinois: Allured Publishing Corporation, 2007.
- ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. O afilhamento da aveia afetado pela qualidade de luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 393-400, 2001.
- AMARAL, T. A. **Crescimento, características estruturais e teor de óleo essencial de *Mentha suaveolens* Ehrh., cultivada sob telas coloridas**. 2007. 67 p. Dissertação – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- BEHN, H. et al. Ultraviolet-B and photosynthetically active radiation interactively affect yield and pattern of monoterpenes in leaves of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. n. 58, p. 7361-7367, 2010.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas de 1961- 1990**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992. 84 p.
- BURBOTT, A. J.; LOOMIS, W. D. Effects of light and temperature on the monoterpenes of peppermint. **Plant Physiology**, n. 42, p. 20-28, 1967.
- CASTRO, E. M. de. et al. 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. 2005.

CHAGAS, J. H. et al. Acúmulo de biomassa seca em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivada sob diferentes malhas e níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 3457-3463, 2010a.

_____. Análises foliares em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivada sob diferentes malhas e níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p.3464-3471, 2010b.

CHANG, X.; ALDERSON, P. G.; WRIGHT, C. J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, p. 216-223, 2008.

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

DAVIES, N. W. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. **Journal of Chromatography**, n. 503, p. 1-24, 1990.

DOLZHENKO, Y. et al. UV-B modulates the interplay between terpenoids and flavonoids in peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 100, p. 67-75, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA CNPS, 2006. 306 p.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 5.0**: sistema de análise estatística. Lavras: UFLA/DEX, 2007, *Software*.

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

LORENZO, D. et al. Essential oil of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguai. **Brazilian Archives of Biology Technology**, n. 4, v. 45, p. 519-524, 2002.

MAFFEI, M. et al. UV-A effects on photomorphogenesis and essential-oil composition in *Mentha piperita*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, n. 52, p. 105-110, 1999.

MAHMOUD, S. S.; CROTEAU, R. B. Menthofuran regulates essential oil biosynthesis in peppermint by controlling a downstream monoterpene reductase. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, n. 24, p.14481-14486, 2003. doi/10.1073/pnas.2436325100.

MARTINS, J. R. et al. Avaliação do crescimento e teor do 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, 2008.

NACIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **PC version 2.0 of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library**. Gaithersburg: U.S., 2008. *Software*.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic Press, 1991. 635 p.

OREN-SHAMIR , M. et al. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches os *Pittosporum variegatum*. **Journal Horticultural Science ; Biotechnology**, Ashford, v. 76, n. 3, p. 353-361, 2001.

PEGORARO, R. L. et al. Produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha x piperita* L. var. piperita (Lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 4, p. 631-637, out/dez. 2010.

POLYSACK INDÚSTRIAS Ltda. Disponível em: < [http://HYPERLINK "http://www.polysack.com/files/fc42f05f6%20bab9497f30102%20a306073755.pdf" http://www.polysack.com/files/fc42f05f6_bab9497f30102_a306073755.pdf](http://www.polysack.com/files/fc42f05f6%20bab9497f30102%20a306073755.pdf) .>. Acesso em: 06. nov. 2008.

ROCHA, J. N. et al. Ação do sombreamento e poda no desenvolvimento e compostos fenólicos em plantas de Espinheira-Santa. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 3557-3562, 2010.

SACCO, T. **Essenze Derivati** Agrumari, v. 57, n. 3, p. 535-9, 1987.

SCALON, S. P. Q. et al. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 1-5, 2001.

SHAHAK, Y. Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. **Acta Horticulture**, n. 770, p. 161-168, 2008.

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

VAN DEN DOOL, H; KRATZ, P. D. J. A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, v. 11, n. 4, p. 463-471, 1963.

VICHI FILHO, O. J. **Avaliação de casas de vegetação para fins quarentenários de flores, com diferentes graus de automação.** 2002. 126 p. Dissertação – Universidade Estadual do Ceará, Campinas, 2002.

ARTIGO 3

Adubação orgânica na produção de biomassa e de óleo essencial de hortelã-pimenta

RESUMO

A adubação orgânica do solo pode afetar o crescimento da planta, a produção de biomassa e a qualidade do óleo essencial da menta. Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito das fontes de adubação orgânica na produção de biomassa, no rendimento e na composição química do óleo essencial de hortelã-pimenta. O experimento foi conduzido em DIC, em esquema fatorial 2 x 5, com duas fontes de esterco, bovino e avícola, e cinco doses (0, 3, 6, 9 e 12 Kg m⁻²), com quatro repetições cada. Foi observado que as doses de esterco bovino e avícola influenciaram significativamente na produção de biomassa das plantas e também outras variáveis de crescimento como AF, RPF, RAF, R/PA, rendimento e composição química do óleo essencial de hortelã-pimenta. Ao utilizar adubação orgânica, recomenda-se para obtenção máxima de biomassa seca total as doses de 9,0 kg m⁻² de esterco bovino e 8,3 kg m⁻² de esterco avícola. Enquanto o maior rendimento de óleo essencial é obtido com a aplicação de 11,8 kg m⁻² de esterco avícola.

1 INTRODUÇÃO

A *Mentha piperita* foi introduzida no Brasil por imigrantes japoneses, sendo estabelecida inicialmente no Paraná e São Paulo, com o objetivo na produção do óleo essencial, principalmente devido aos altos teores de mentol, muito empregado nas indústrias alimentícia, química e farmacêutica (BIZZO et al., 2009). A produção mundial estimada desses óleos é de 22.200 toneladas anuais (SANT SANGANERIA, 2005). Índia, China, Brasil, Japão, França e Estados Unidos são os países produtores mundiais do óleo essencial rico em mentol, sendo que a Índia contribui com 70% do volume dessa produção (SRIVASTAVA et al., 2002).

A produção de biomassa e princípios ativos nas plantas medicinais, aromáticas e condimentares depende de vários fatores dentre eles o fator genético, clima, condições edáficas e manejo agrícola (LAMEIRA e PINTO, 2008). A nutrição das plantas tem sido um fator de grande influência pela elevação da produtividade e das substâncias bioativas e, por conseguinte, na qualidade das plantas medicinais e aromáticas. As plantas dependem de suprimento adequado de nutrientes para boas produtividades agrícolas. A adubação orgânica, sistema muito empregado no cultivo das plantas medicinais, é fonte de nutrientes para as plantas que além de proporcionar suprimento adequado contribui para a melhoria da estrutura física, química e biológica do solo.

A menta é considerada uma planta exigente em nutrição, preferindo solos férteis, bem drenados e ricos em matéria orgânica (CORRÊA et. al., 2003, MAIA, 2001). O cuidado com o equilíbrio nutricional é essencial para um maior rendimento de biomassa e melhor qualidade do óleo essencial, afetando principalmente, as proporções de limoneno, mentona e mentol (MAIA, 2001). Para que ocorra, por exemplo, a biossíntese do mentol, existe uma sequência de

rotas metabólicas. A conversão da mentona para o mentol é um processo lento e está associado ao estágio de maturação e estado nutricional das plantas (PAULUS et al., 2007).

Em várias espécies de plantas medicinais e aromáticas, a adubação orgânica tem-se mostrado eficiente na produção de óleo essencial. Pesquisas de Corrêa et al. (2010) evidenciaram que, para o *Origanum vulgare*, a biomassa seca total tanto para adubação com esterco bovino ou avícola, desenvolveu tendência quadrática, elevando-se a um ponto e depois havendo uma queda na produção. Para a produção de hidrato de *trans*-sabineno recomenda-se a adubação das plantas com 12 kg m⁻² de esterco de gado ou 3 Kg m⁻² de esterco de aves, enquanto que se o interesse for a produção de timol, deve-se evitar a aplicação de adubos orgânicos. Rosal et al. (2009) pesquisando *Plectranthus neochilus* evidenciaram que, o aumento dos níveis de esterco bovino promoveu aumento linear na produção de biomassa e rendimento de óleo essencial, não se observando o máximo da curva no intervalo estudado (0,0 a 10 kg m⁻²). Estudos com aplicação de adubação associada ou não à calagem em plantas de *Hyptis marruboides* Epl. apontaram influência positiva da fertilização orgânica na produção de biomassa seca, teor e rendimento de óleo essencial, independentemente da presença ou não de calcário (SALES et al., 2009). Pesquisas de Ferreira et al. (2004) testaram doses de esterco bovino curtido para avaliar a produtividade de plantas de *Catharanthus roseus* e observaram que a biomassa seca total aumentou linearmente à medida que os níveis desse esterco aplicado aumentaram. Silva et al. (2006) evidenciaram o efeito positivo na biomassa seca com uso de adubação orgânica no cultivo de carqueja (*Baecharis trimera*).

A adubação orgânica melhora substancialmente as condições edáficas do solo e ainda pode contribuir positiva ou negativamente na produção de biomassa e de princípios ativos dependendo do genótipo em estudo. Maia et al. (2008)

estudando a influência de quatro tipos de adubação orgânica e uma mineral em *Hyptis suaveolens* (L.) apontaram que a fertilização com esterco de aves contribui para maior produção de biomassa seca de folhas, enquanto que o esterco bovino proporcionou menor acúmulo de biomassa seca de folhas.

A produção de plantas medicinais e de metabólitos secundários são afetados por vários fatores, a região de cultivo e adubação são dois desses. Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes de fertilizante orgânico (bovino e avícola), bem como, diferentes doses destes no crescimento da planta, teor, rendimento e qualidade de óleo essencial de *Mentha piperita* em condições de cultivo protegido na região Sul de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

O ensaio e as análises foram conduzidos em ambiente protegido no Laboratório de Cultura de Tecidos e Plantas Medicinais da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada nas coordenadas geográficas 21° 14' S e 45° 00' W, a 918 m de altitude.

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).

O experimento foi conduzido de março a junho de 2010. As condições climáticas da área experimental apresentaram temperaturas médias mensais de 19,7°C, observando-se mínimas de 10,5°C e máxima de 29,7°C, e precipitação média mensal de 40,72 mm durante o experimento (ANEXO E). A umidade relativa do ar média foi 70%, e a insolação média foi de 7,0 horas, variando entre 7,0h e 7,9h (Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras).

2.2 Preparo das mudas e instalação do experimento

As mudas foram obtidas a partir de mini estacas apicais (aprox. 5 cm de comprimento) coletadas de plantas matrizes do Horto de Plantas Medicinais da UFLA enraizadas em bandejas de polipropileno expandido de 128 células utilizando-se substrato comercial (Plantmax®). Após o enraizamento e com uma altura aproximada de 10 cm, as mudas foram transplantadas para vasos de

plásticos de 10 litros de capacidade, contendo o solo mais o tratamento com adubação orgânica.

O delineamento experimental utilizado no ensaio foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições, quatro plantas por parcela e uma planta por vaso. Os tratamentos consistiram na aplicação de dois fertilizantes orgânicos (bovino e avícola) em cinco doses. As doses tanto do esterco bovino, como do avícola foram: 1) Solo sem adubação (Testemunha); 2) solo + 3,0 kg m⁻² de esterco; 3) solo + 6,0 kg m⁻² de esterco; 4) solo + 9,0 kg m⁻² de esterco; 5) solo + 12,0 kg m⁻² de esterco (Tabela 6).

Tabela 7 Tabela de recomendação de doses de esterco (bovino e avícola) e suas proporções, utilizadas durante o experimento – Lavras - 2011.

Dose	Terra	Esterco	01 hectare
kg m ⁻²	vaso	vaso/planta	(0,30x0,60 - 55555 planta)
	kg	g	t
3	9,85	150	83,3
6	9,70	300	166,7
9	9,55	450	250,0
12	9,40	600	333,3

O solo utilizado como substrato foi coletado da cama de 0 - 20 cm de profundidade, de um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (LVAd) (EMBRAPA, 2006), do município de Lavras, MG. Realizaram-se as análises do solo (ANEXO B; ANEXO C) e dos esterco (ANEXO D), no Laboratório de Análises Química e Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. A caracterização química e física das amostras de solo foi realizada conforme EMBRAPA (1997) e a caracterização química dos substratos utilizados como adubos foram realizados segundo metodologia de Silva (1999). As características químicas dos solos foram: pH em água = 5,6; P e K (mg dm⁻³) = 0,6 e 14; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al (cmol_c dm⁻³) = 0,5; 0,1; 0,0; 2,1; saturação de bases V (%) = 23,4; matéria orgânica (dag kg⁻¹) = 1,4.

Os substratos utilizados como adubos, também analisados, geraram os seguintes valores: a) esterco bovino: pH em água = 8,2; N, P, K, Na, Ca, Mg, S (g kg^{-1}) = 18; 5,1; 13; 1,5; 4,1; 3,2; 2,6; e; B, Cu, Fe, Mn, Zn (mg kg^{-1}) = 5,6; 39; 12.848; 461; 150; e b) esterco avícola: pH em água = 8,0; N, P, K, Na, Ca, Mg, S (g kg^{-1}) = 21; 20; 7,3; 2,2; 4,6; 2,6; 3,1; B, Cu, Fe, Mn, Zn (mg kg^{-1}) = 17; 74; 4.601; 315; 314.

2.3 Análise de crescimento da planta

Após 90 dias de cultivo, os ensaios foram avaliados determinando-se as variáveis, como área foliar ($\text{AF cm}^2 \text{ planta}^{-1}$) medida com o auxílio de Medidor Eletrônico de área foliar, modelo LI – 3100-LICOR, a partir da qual se obtiveram os parâmetros fisiológicos de razão de área foliar ($\text{RAF, cm}^2 \text{ g}^{-1}$), área foliar específica ($\text{AFE, cm}^2 \text{ g}^{-1}$) e razão de peso foliar (RPF), de acordo com Benincasa (2003); teor (%), rendimento (g. planta^{-1}) e composição química do óleo essencial.

Após a colheita, cada planta foi separada em raiz, caule e folha para secagem em estufa com ventilação forçada a 40°C até peso constante. O peso do material vegetal seco foi obtido para determinação da biomassa seca de folhas ($\text{BSF, g planta}^{-1}$), caule ($\text{BSC, g planta}^{-1}$), raízes ($\text{BSR, g planta}^{-1}$) e total da planta ($\text{BST, g planta}^{-1}$), determinando-se também a relação raiz:parte aérea (R/PA).

2.4 Extração e análises do óleo essencial

O óleo essencial foi extraído de 20 g de folhas secas de *M. piperita* pelo processo de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado, durante 120 minutos. O óleo foi separado por decantação por 5 min, sendo recolhido o

sobrenadante. Foram determinados o teor (%), o rendimento (mL planta⁻¹) e a composição química do óleo essencial.

As análises da composição química foram realizadas por meio de uma amostra composta de alíquotas equivolumétricas do óleo volátil das repetições de cada tratamento, no Laboratório de Fitoquímica do DAG/UFLA

As análises quantitativas do óleo foram realizadas por cromatografia em fase gasosa acoplado a um detector de ionização de chama de hidrogênio (CG-DIC) em um sistema Agilent® 7890A equipado com coluna capilar de sílica fundida HP-5 (30 m de comprimento × 0,25 mm de diâmetro interno × 0,25 µm de espessura do filme) (Califórnia, EUA). O gás Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min; as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 220°C e 240°C, respectivamente. A temperatura inicial do forno foi de 60°C, isotérmico por 1,5 min, seguido por uma rampa de temperatura de 3°C/min até 240°C, seguida de uma rampa de 10°C/min até 270°C. O óleo foi diluído em acetato de etila (1%, v/v) e injetado automaticamente no cromatógrafo empregando volume de injeção de 1,0 µL, no modo *split* a uma razão de injeção de 1:50. A análise quantitativa foi obtida pela integração do cromatograma total de íons (TIC) e o teor dos constituintes eluídos expressos como porcentagem de área relativa das áreas dos picos.

As análises qualitativas do óleo foram realizadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), utilizando-se um equipamento Agilent® 5975C, operado por ionização de impacto eletrônico a 70 eV, em modo varredura, a uma velocidade de 1,0 scan/s, com um intervalo de aquisição de massas de 40 - 400 *m/z*. As condições cromatográficas foram as mesmas empregadas nas análises quantitativas.

Os componentes foram identificados por comparação de seus índices de retenção calculados (IK_c) com dados de espectros de massas e índices de retenção (IK) de literaturas (DAVIES, 1990; ADAMS, 2007) e por comparação

dos espectros de massas com o banco de dados da biblioteca NIST/EPA/NHI (NIST, 2008). Os índices de retenção de Kovats (IK_c) relativos a co-injeção de padrão de *n*-alcanos, C₈-C₂₀ (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) foram calculados com a aplicação da equação de Van Den Dool e Kratz (1963).

2.5 Análise estatística

Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa Sisvar[®], versão 5.0 (FERREIRA, 2007). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e à regressão polinomial em nível de 5% pelo teste de F e aplicado o teste de Scott-Knott, para comparação das médias ($p < 0,05$) quando necessário.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de biomassa

As diferentes doses e fontes de adubação orgânica proporcionaram uma maior biomassa no cultivo protegido de *Mentha piperita* na região Sul de Minas Gerais. Além disso, as plantas apresentaram uma parte aérea bem formada e uma coloração verde escura característica da espécie, independente da fonte ou da dose de adubação orgânica (Figura 9). Portanto é uma espécie com capacidade de ser cultivada na região em escala comercial. As plantas adubadas com esterco bovino e avícola desenvolveram grande quantidade de ramos em relação ao controle (Figura 9).

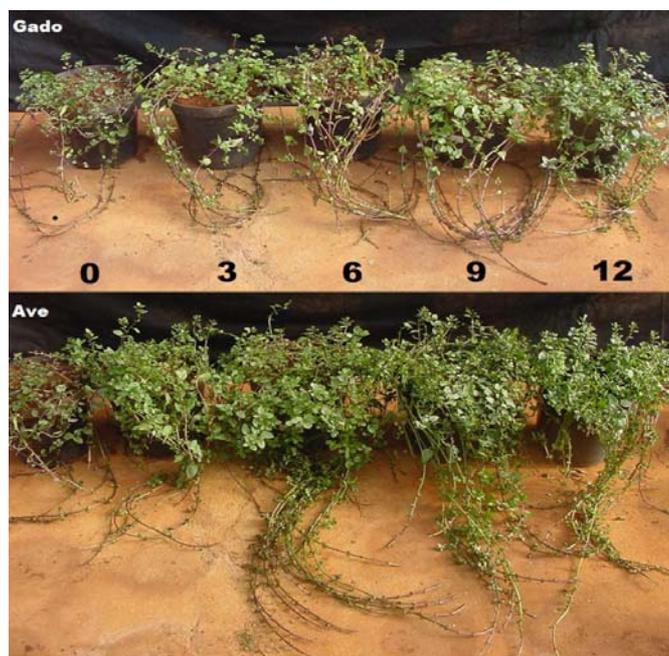


Figura 9 Fotos das plantas de *Mentha piperita* cultivadas em diferentes doses de esterco bovino e avícola. Lavras, 2011.

Houve efeito significativo dos esterco bovino e avícola na produção de biomassa de *Mentha piperita*. Observou-se que a biomassa seca de folha (BSF), de caule (BSC) e de raiz (BSR) tanto para adubação com esterco bovino ou adubação com esterco avícola, seguiram tendência cúbica (Figura 10), enquanto que a biomassa seca total (BST) para o esterco bovino apresentou tendência cúbica no esterco avícola, uma tendência quadrática.

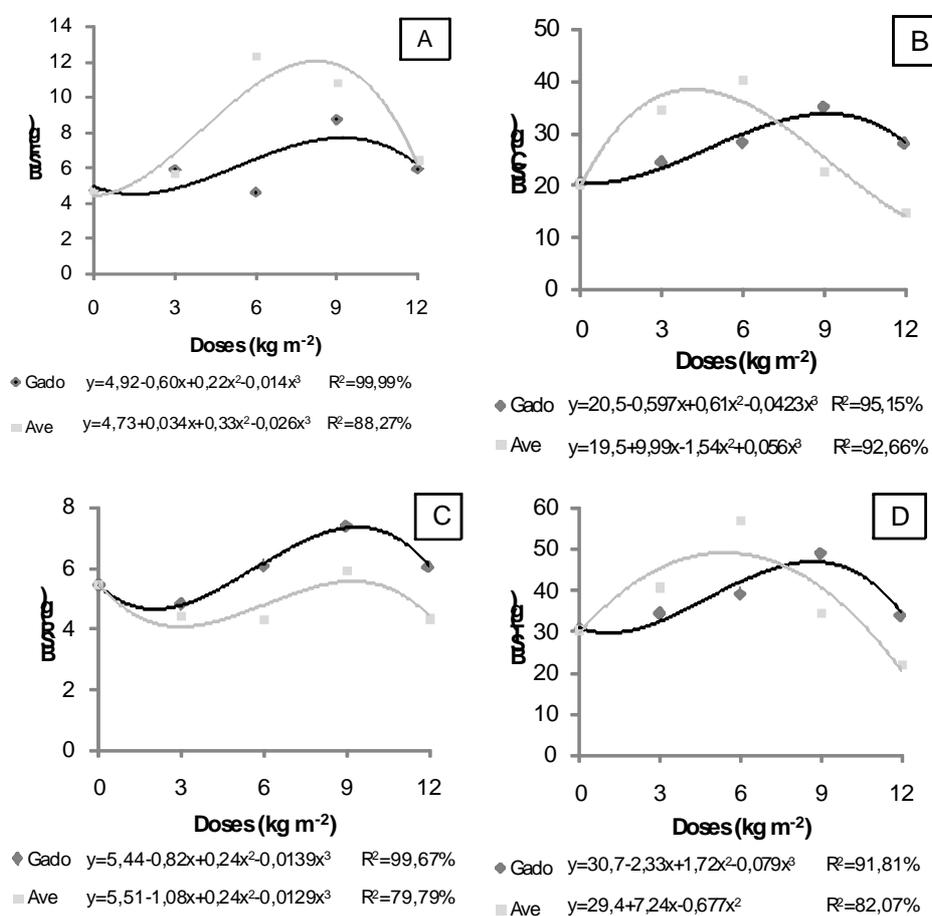


Figura 10 Biomassa seca de folha (BSF, A), de caule (BSC, B), de raiz (BSR, C) e total (BST, D) em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola no crescimento de *Mentha piperita*. Lavras, 2011.

A biomassa seca de folha (BSF) foi maior quando se utilizou $8,3 \text{ kg m}^{-2}$ de esterco avícola, atingindo 12,4 g, enquanto o esterco bovino proporcionou máxima produção (7,6 g) com a aplicação de $9,0 \text{ kg m}^{-2}$ (Figura 10A). Este aumento na biomassa seca pode estar relacionado à crescente disponibilidade de nutrientes e absorção, como já foi observado em *Hyptis suaveolens* (MAIA et al., 2008), em *Ocimum selloi* (COSTA et al., 2008) e *Mentha piperita* (PEGORARO et al., 2010).

A biomassa seca dos caules (BSC) teve comportamento distinto para ambas as adubações. Com o aumento das doses de esterco avícola, menor foi o acúmulo, enquanto que com o esterco bovino, houve maior acúmulo de biomassa seca de caule com o incremento das doses (Figura 10B), apresentando 38,41 g ($4,2 \text{ kg m}^{-2}$) e 33,78 g ($9,1 \text{ kg m}^{-2}$), respectivamente. Resultado obtido com *Ocimum selloi* (COSTA et al., 2008) verificaram maior crescimento do caule com o uso de esterco avícola. Alguns autores relacionam o aumento na produção de *M. piperita*, inclusive de BSC à maior disponibilidade de K na solução nutritiva (VALMORBIDA et al., 2007b; VALMORBIDA; BOARO, 2007a), fato que pode explicar este resultado, uma vez que as análises dos esterco apresentaram praticamente o dobro de K no esterco bovino (13 g kg^{-1}) em relação ao esterco avícola ($7,3 \text{ g kg}^{-1}$).

Efeitos similares para o esterco bovino e avícola foram observados na produção de biomassa seca de raiz (BSR), onde houve maior acúmulo da biomassa com incremento das doses (Figura 10C), havendo maior crescimento de raízes (7,3g) na dose estimada de $9,4 \text{ kg m}^{-2}$ de esterco bovino, enquanto com esterco avícola foi produzido 5,6 g, na dose estimada de $9,2 \text{ kg m}^{-2}$.

Maior biomassa seca total (49,05 g) foi obtida na dose de $5,4 \text{ kg m}^{-2}$ de esterco avícola, enquanto foram necessários $8,8 \text{ kg m}^{-2}$ de esterco bovino para se obter 47,14 g de biomassa seca total (Figura 10D). Em estudo com *Origanum*

vulgare (CORRÊA et al., 2010) observou-se que a adubação orgânica com esterco bovino na dose de 10,1 kg m⁻² obteve-se um acúmulo de 76,82 g de biomassa seca, enquanto para esterco avícola uma dose menor de 3,86 kg m⁻² obteve-se uma BST de 77,31 g. Isto evidencia que a resposta à adubação depende do tipo de solo, concentração de nutrientes, matéria orgânica e também da espécie.

Os maiores valores de biomassa podem estar relacionados aos maiores níveis de N e P encontrados no esterco avícola. A elevada produção de biomassa seca em níveis mais elevados de P pode estar relacionada à maior eficiência dos processos metabólicos e fisiológicos, o que resulta em um maior crescimento da cultura. Enquanto o N pode prolongar o ciclo vegetativo, aumentando a produção de biomassa. Como foi relatado por Munsri (1992), que ao estudar a resposta da *Mentha arvensis* L. à adubação com N e P, verificou que a maior produção de biomassa seca foi obtida com os níveis mais elevados desses nutrientes. A tendência de redução das biomassas a partir do ponto máximo da curva de adubação orgânica pode ser devido ao excesso de nutrientes fornecidos à menta possivelmente afetando o sistema radicular e reduzindo a absorção de nutrientes.

Pesquisas realizadas por Corrêa et al. (2010) com *Origanum vulgare* e Nascimento et al. (2005) com *Bactris gasipaes* relatam resultados semelhantes, onde foi demonstrado que doses superiores tendem a reduzir o rendimento. Atribuem esse fato, a desordem no sistema radicular em função do excesso de nutrientes. Portanto, é importante conhecer os níveis adequados de nutrientes para fertilização em cada espécie visando reduzir custos na adubação, maximizar a colheita e evitar efeitos fitotóxicos. Segundo Furtini Neto e Tokura (2000), o excesso de um nutriente no solo reduz a absorção de outros e, por conseguinte pode diminuir o rendimento das culturas.

Vários trabalhos avaliam a produtividade das plantas sob diferentes doses e adubos, onde alguns avaliaram a produtividade vegetal de Lamiaceas por meio da análise de crescimento. Leal (2001) observou que a *Mentha piperita* L. cultivada com redução de 50% de nitrogênio apresentou redução na produtividade. No entanto, quando cultivada com redução de 50% e 75% de potássio na mesma solução nutritiva não mostrou tal diminuição. Em *Thymus vulgaris* L. cultivado com acréscimo de 50% de fósforo houve melhora da taxa de crescimento relativo (BUENO, 2004). Em *Mentha arvensis* o uso da adubação orgânica com e sem acréscimo de N e P ocasionaram aumento na produção de biomassa fresca (CHATTOPADHAY et al., 1993). O comportamento crescente com adubação orgânica não é constante, pois em *Justicia pectoralis* as doses de adubações orgânicas e minerais não influenciaram a produção de biomassa da planta (BEZERRA et al., 2006).

A biomassa nos dois tipos de esterco seguiu mesma ordem: maior no caule, folha e raiz. Observando a média geral das doses de adubação no crescimento da *Mentha piperita*, observou-se um ganho de biomassa similar entre as duas fontes de esterco. Evidenciando a importância do esterco avícola na produção de biomassa seca de folhas, parte da planta de maior interesse econômico devido ao óleo essencial produzido nas mesmas (Tabela 7).

Tabela 8 Média geral das biomassas secas de folhas (BSF), caule (BSC), raiz (BSR), parte aérea (BPA) e total (BST), área foliar (AF), razões do peso foliar (RPF) e da área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) de *Mentha piperita* em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola. Lavras, 2011.

Variável	Adubo		Média	CV (%)
	Bovino	Avícola		
BSF (g planta ⁻¹)	5,98 b	7,93 a	6,96	16,04
BSC (g planta ⁻¹)	27,03 a	26,03 a	26,70	14,11
BSR (g planta ⁻¹)	5,93 a	4,86 b	5,40	11,92
BST (g planta ⁻¹)	37,08 a	36,85 a	36,96	16,96
AF (cm ² planta ⁻¹)	2534,67 b	3507,05 a	3020,86	18,63
RPF (g g ⁻¹)	0,231 a	0,161 b	86,18	32,97

Variável	Adubo		Média	CV (%)
	Bovino	Avícola		
RAF (dm ² g ⁻¹)	68,28 b	104,08 a	0,196	25,61
AFE (dm ² g ⁻¹)	432,21 a	449,44 a	440,83	18,11
Rendimento OE (mL planta ⁻¹)	0,067 b	0,088 a	0,078	15,94
Teor OE (%)	1,10 a	1,10 a	1,099	14,98

Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

3.2 Índices fisiológicos de crescimento

Com relação aos índices de crescimento foi observado efeito significativo das doses nos dois tipos de esterco utilizados para as variáveis: área foliar (AF) e razão do peso foliar (RPF). O incremento da área foliar (AF) foi favorecido pelo uso da adubação orgânica, atingindo os valores máximos de 5.296,4 cm² e 3.162,84 cm² com as doses 8,3 kg m⁻² de esterco avícola e 9,6 kg m⁻² de esterco bovino, respectivamente (Figura 11A). Resultados estes também observados em *Ocimum selloi* (COSTA et al., 2008) e em *Mentha piperita* (PEGORARO et al., 2010). Neste último, os autores relataram que a adubação proporcionou um aumento da área foliar, sendo a área foliar média individual duas vezes maior, e a total nove vezes maior que a das plantas não adubadas. A proporção de massa foliar sobre área foliar (PEF) aumentou em plantas adubadas, indicando maior alocação de biomassa por área.

Quanto à razão do peso foliar (RPF), nas doses estudadas, os maiores valores foram obtidos com o uso de 10,8 kg m⁻² de esterco de ave (0,332 g g⁻¹) e 12,0 kg m⁻² de esterco de gado (0,181 g g⁻¹), ou seja, o uso dos adubos proporcionou uma maior fração de material retido nas folhas e menor exportação para as outras partes da planta (Figura 11B). Em *Ocimum selloi* os autores observaram uma menor retenção de biomassa nas folhas com o aumento das

doses de adubo orgânico. Em estudos com *Origanum vulgare* a RPF tendeu a decrescer com a elevação das doses de esterco avícola (CORRÊA et al., 2010).

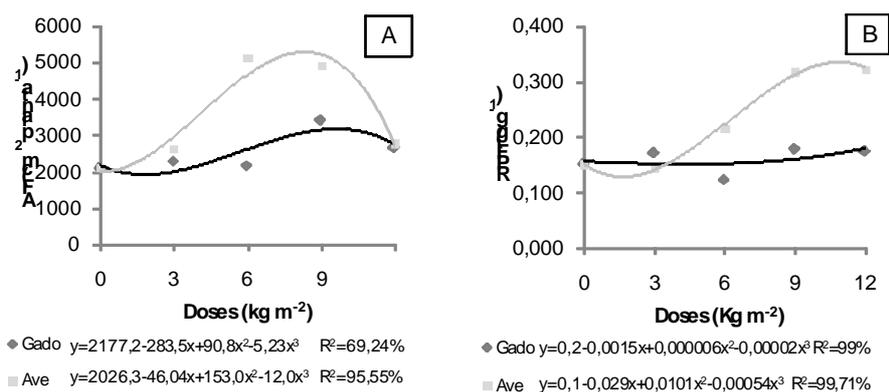


Figura 11 Área foliar (AF, A) e razão do peso foliar (RPF, B) em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola no crescimento de *Mentha piperita*. Lavras, 2011.

Não houve interação significativa das doses nos dois tipos de esterco utilizados na razão da área foliar (RAF), observando um aumento linear da RAF com o incremento das doses (Figura 12), ou seja, houve um aumento da área foliar fotossinteticamente ativa, sendo maior no esterco avícola (Tabela 7). Scravoni et al. (2009) avaliaram o efeito do uso de adubação orgânica (biossólido) em *M. piperita* e notaram que a RAF também foi maior em relação à testemunha, sugerindo que as plantas na presença do biossólido apresentaram um prolongamento da fase vegetativa devido aos altos níveis de N presentes no composto. Este fato permite concluir que o esterco avícola, devido ao maior nível de N presente, foi responsável pelo prolongamento da fase vegetativa dessas plantas.

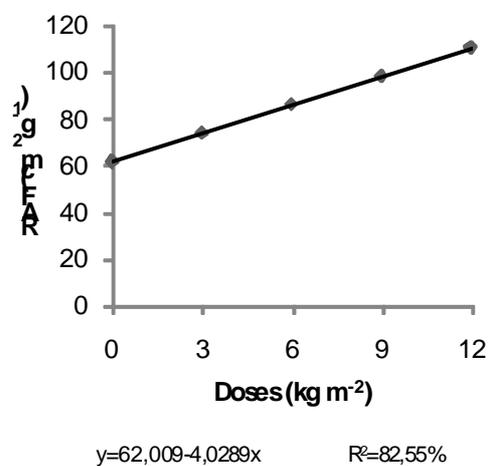


Figura 12 Razão da área foliar (RAF) de *Mentha piperita* em função das diferentes doses de esterco. Lavras, 2011.

A AFE relaciona a área da planta disponível para fotossíntese. A área foliar específica (AFE) não diferiu significativamente nos tratamentos, o que significa que não houve incremento da espessura foliar com o uso de adubação orgânica (Figura 13). Scravoni et. al. (2009) também observaram em seus estudos que a AFE manteve-se constante com o uso de adubação orgânica. Enquanto Leal (2001) e Valmorbida et al. (2007b) observaram que os valores de AFE em *M. piperita* sob diferentes níveis de N e K, respectivamente, aumentaram com o incremento das doses.

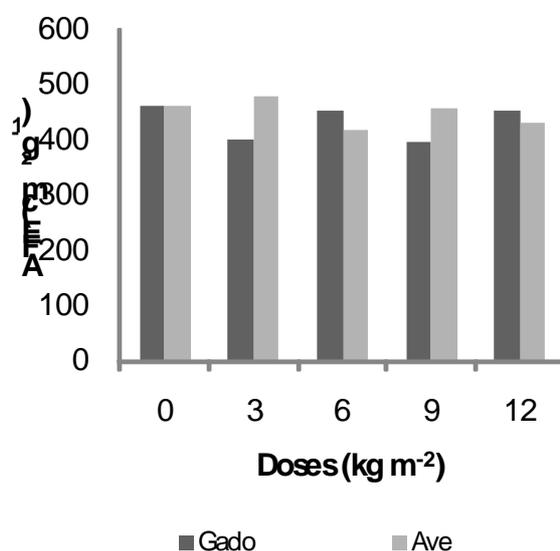


Figura 13 Área foliar específica (AFE) em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola no crescimento de *Mentha piperita*. Lavras, 2011.

Quanto à relação R/PA, nas doses estudadas, os maiores valores foram obtidos no tratamento sem adubação, evidenciando a diminuição da relação R:PA com o aumento das doses de adubo orgânico (Figura 14). Estes resultados indicaram que aumentos nas doses de esterco direcionam a partição de matéria seca proveniente de fotoassimilados para a parte aérea da planta em detrimento das raízes. Costa et. al. (2008) observaram o mesmo efeito em *Ocimum selloi*, onde a relação R:PA foi maior na ausência da adubação orgânica. Este resultado também foi relatado em *Mentha piperita* (SCRAVONI et al., 2009), indicando que na ausência da adubação orgânica, pode haver maior crescimento das raízes para buscar nutrientes no solo.

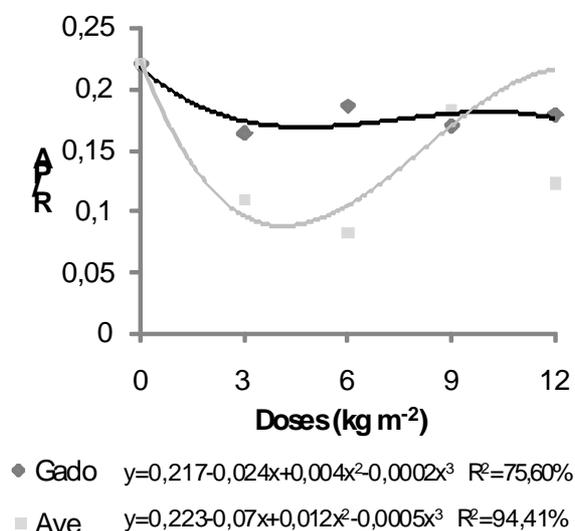


Figura 14 Razão da raiz e parte aérea (R:PA) em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola no crescimento de *Mentha piperita*. Lavras, 2011.

3.3 Teor, rendimento e composição química do óleo essencial

O teor de óleo essencial variou conforme a dose de esterco aplicado, com as plantas apresentando um comportamento linear (Figura 15). A incorporação de 1 kg m⁻² de esterco, proporcionou a elevação do teor de óleo em torno de 0,02%, independente do tipo de esterco. Em *Origanum vulgare*, Corrêa et al. (2010) observaram incremento de 0,65% com aumento nas doses de esterco bovino. Outros estudos com espécies de menta confirmam esse resultado (SCRAVONI et. al., 2005; CHATTOPADHYAY et. al., 1993). Diferente do resultado encontrando por Ming (1992), em *Lippia alba*, quanto maior a dose de adubação orgânica aplicada, maior foi a biomassa produzida e menor a concentração de óleos essenciais. Singh e Singh (1968) demonstraram a importância do fósforo no metabolismo dos carboidratos (frutose, glicose, sacarose), aminoácidos e proteínas. Nesse trabalho, a deficiência do fósforo

causou acúmulo dos açúcares redutores em todos os órgãos da planta, principalmente nas hastes. É provável que tenha ocorrido interferência no metabolismo secundário, ou seja, na biossíntese de óleo essencial, uma vez que este depende do substrato proveniente do metabolismo primário.

O teor médio de óleo essencial encontrado foi de 1,10% (Tabela 7), dentro do encontrado por outros autores em menta, que varia de 1,0 a 1,51% (TOPALOV; ZHELYAZKOV, 1991; VALMORBIDA et al., 2007b; SCRAVONI et al., 2009).

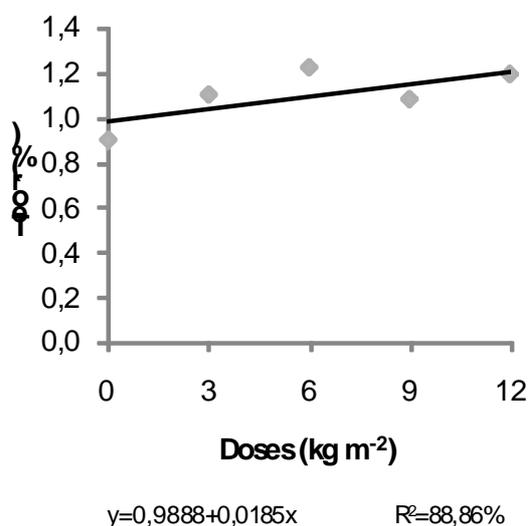


Figura 15 Teor de óleo essencial de *Mentha piperita* em função das diferentes doses de esterco. Lavras, 2011.

O rendimento do óleo essencial apresentou alterações quanto às doses e tipos de esterco aplicado. Observando que, tanto esterco bovino, quanto avícola, apresentaram resposta cúbica às doses utilizadas, demonstrando que a espécie respondeu até certo limite, 9,1 kg m⁻² e 11,8 kg m⁻², respectivamente, e a partir desse valor, o rendimento do óleo essencial não aumentou (Figura 16).

Resultado este também encontrado por Rosal et al. (2009) ao avaliarem doses de esterco (bovino e avícola) em *Plectranthus neochilus* Schlechter, constataram que a espécie respondeu até às doses de 9,7 kg m⁻² e 4,3 kg m⁻², respectivamente.

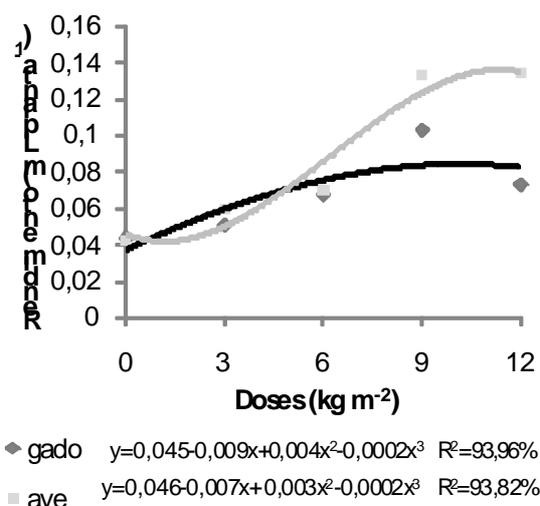


Figura 16 Rendimento de óleo essencial de *Mentha piperita* em função das diferentes doses de esterco bovino e avícola. Lavras, 2011.

O rendimento de óleo essencial extraído das folhas secas de *Mentha piperita* foi influenciada pelas doses nos dois tipos de esterco, atingindo um rendimento máximo de 0,145 mL planta⁻¹ com 11,8 kg m⁻² de esterco avícola e 0,093 mL planta⁻¹ com 9,1 kg m⁻² de esterco bovino (Figura 16). Zheljzakov et al., (2010), verificaram que a aplicação de nitrogênio e fósforo melhoraram a produtividade da menta japonesa (*Mentha piperita*), aumentando a produção de biomassa seca e o rendimento de óleo essencial. Costa et al. (2008) em *Ocimum selloi* e Corrêa et al. (2010) em *Origanum vulgare* verificaram que o rendimento também foi afetado pelo uso de diferentes doses de adubação orgânica.

A análise química do óleo essencial resultou na identificação de 11 compostos (Tabela 8), onde os compostos majoritários foram os mesmos em

ambos os esterco bovino e avícola: mentofurano (47,1 a 52,2%; 44,1 a 51,2%), mentol (14,5 a 18,4%; 16,0 a 17,9%), acetato de mentila (14,1 a 17,2%; 6,57 a 17,3%) e mentona (1,87 a 4,59%; 4,68 a 11,72%), respectivamente. Somente nestes últimos parece haver um incremento com o aumento das doses em ambos os esterco. Nos demais compostos, as doses dos esterco parecem não ter influenciado a composição química do óleo essencial.

Tabela 9 Composição química e porcentagem da área do pico dos componentes do óleo essencial de folhas de *Mentha piperita* sob diferentes doses de esterco bovino e avícola – Lavras - 2011.

Tratamento	Sem adubação	Esterco Bovino (Kgm ⁻²)				Esterco Avícola (Kgm ⁻²)				
		0	3	6	9	12	3	6	9	12
Composto	IK*									
β-Pineno	966	1,07	0,82	1,03	0,85	1,01	0,92	1,01	0,91	0,94
Limoneno	1012	2,69	2,52	2,76	2,22	3,01	2,55	3,02	3,06	2,72
1,8-Cineol	1015	2,04	1,63	1,77	1,60	1,49	1,34	1,39	1,28	1,25
g-Terpinene	1050	0,64	0,68	0,71	0,74	0,67	0,66	T	0,74	0,94
p-Menta-2,8-dieno	1136	2,58	1,60	1,75	1,74	1,23	1,17	0,81	0,76	0,77
Mentona	1142	2,58	2,65	2,33	1,87	4,59	4,68	5,68	8,09	11,72
Mentofurano	1153	49,5	47,1	49,7	52,2	50,8	44,1	51,2	47,9	47,9
Mentol	1163	17,2	17,6	17,5	18,4	14,5	17,9	16,0	16,3	16,9
Pulegona	1237	2,83	1,45	1,10	1,15	2,91	2,56	2,53	4,21	6,48
Acetato de neomentila	1278	1,00	1,45	1,33	1,01	1,30	1,48	0,98	0,93	0,48
Acetato de mentila	1299	12,7	17,2	16,3	14,4	14,1	17,3	13,1	14,4	6,57
TOTAL		94,83	94,70	96,28	96,18	95,61	94,66	92,72	98,58	96,67

*Índice de Kovats calculado através da série n-alcano em coluna capilar HP-5 na ordem de eluição.

Srivastava et al., (2002) em seus estudos com em *M. arvensis*, relatam que o desequilíbrio entre N, P e K no solo pode limitar a produção de óleo essencial e, relacionaram ainda, o aumento dos teores de mentol à associação positiva de Zn, Fe, Mn e P, enquanto a redução do mesmo estaria relacionado ao aumento do pH. Este fato demonstra assim a importância do equilíbrio nutricional para um melhor desenvolvimento da planta e máxima produtividade.

4 CONCLUSÃO

Adubações orgânicas influenciaram significativamente a biomassa seca de planta de *Mentha piperita* na região Sul de Minas Gerais e também outras variáveis de crescimento como AF, RPF, RAF, R/PA, teor e rendimento de óleo essencial.

Ao utilizar adubação orgânica recomenda-se, para obtenção máxima de biomassa seca total, as doses de 9,0 kg m⁻² de esterco bovino e 8,3 kg m⁻² de esterco avícola, porém o maior rendimento de óleo essencial é obtido com a aplicação de 11,8 kg m⁻² de esterco avícola

REFERENCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4th ed. Illinois: Allured Publishing Corporation, 2007.

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

BEZERRA, A. M. E. et al. Rendimento de biomassa, óleo essencial, teores de fósforo e potássio de chambá em resposta à adubação orgânica e mineral. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 124-129, 2006.

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

BUENO, M. A. S. Níveis de fósforo no desenvolvimento e produção de óleo essencial de *Thymus vulgaris* L. cultivado em solução nutritiva. 2004. 85 p. Dissertação - Universidade Estadual Paulista, 2004.

CHATTOPADHYAY, K.; SUBRAHMANYAM, K.; SINGH, D. V. Recycling of nutrients in Japanese mint – assessment of soil fertility and crop yield. **Fertilizer Research**, v. 35, p. 177-181, 1993.

CORRÊA, A. D.; BATISTA, R. S.; QUINTAS, L. E. M. **Plantas medicinais: do cultivo à terapêutica**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2003. 247 p.

CORRÊA, R. M. et al. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 1, p. 80-89, 2010.

COSTA, L. C. B. et al. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2173-2180, nov. 2008.

DAVIES, N. W. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. **Journal of Chromatography**, v. 503, p. 1-24, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA CNPS, 2006. 306 p.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 5.0**: sistema de análise estatística. Lavras: UFLA/DEX, 2007. *Software*.

FERREIRA, M. M. et al. Crescimento e alocação de biomassa de plantas de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. don) em função da adubação e época de colheita. **Revista Brasileira de Plantas medicinais**, v. 6, n. 2, p. 72-76, 2004.

FURTINI NETO, A. E.; TOKURA, A. M. **Fertilidade e adubação de plantas medicinais**. Lavras: Editora da Universidade Federal de Lavras, 2000. 81 p. v. 1.

LAMEIRA, O. A.; PINTO, J. E. B. P. **Plantas medicinais**: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular. Belém, PA: EMBRAPA, 2008. 264 p.

LEAL, F. P. **Desenvolvimento, produção e composição de óleo essencial da *Mentha x piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio**. 2001. 155 p. Dissertação - Universidade Estadual Paulista, 2001.

MAIA, N.B. et al. Essential oil production and quality of *Mentha arvensis* L. grower in nutrient solutions. **Acta Horticulturae**, n. 548, p. 181-187, 2001.

MAIA, S. S. S. et al. Influência da adubação orgânica e mineral no cultivo do bamburral (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, v. 3, n. 4, p. 327-331, 2008.

MING, L. C. **Influência de diferentes níveis de adubação orgânica na produção de biomassa e teor de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. - Verbanaceae.** 1992. 206 p. Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

NASCIMENTO, J. T. et al. Rendimento de palmito de pupunheira em função da aplicação de esterco bovino e adubação química. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 19-21, 2005.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **PC version 2.0 of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library.** Gaithersburg: U.S., 2008. *Software.*

PAULUS, D. et al. Teor e qualidade de óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 2, p. 80-87, 2007.

PEGORARO, R. L. et al. Produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha x piperita* L. var. *piperita* (Lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 4, p. 631-637, out/dez. 2010.

ROSAL, L. F.; PINTO, J. E. B. P.; BRANT, R. S. Produção de biomassa e óleo essencial de *Plectranthus neochilus* Schlechter cultivado no campo sob níveis crescente de adubo orgânico. **Pesquisa Aplicada; Agrotecnologia**, v. 2, n. 2, p. 39-44, 2009.

SALES, J. F. et al. Acúmulo de massa, teor foliar de nutrientes e rendimento de óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marrubioides* Epl.) cultivado sob adubação orgânica. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 60-68, 2009.

SANT SANGANERIA. Vibrant India. Opportunities for the flavor and fragrance industry. **Perfumer and flavorist**, v. 30, p. 24-34, 2005.

SCRAVONI .J. et al. Yield and composition of the essential oil of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae) grown with biosolid. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 17, n. 4, p. 345-352, 2005.

SCRAVONI, J. et al. Development of mint (*Mentha piperita* L.) grown on biosolids – evaluation of productivity and essential oil content. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 2, p. 365-377, mar/abr. 2009.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Empresa Brasileira de Agropecuária, 1999. 370 p.

SILVA, F. G. et al. Influence of manure and fertilizer on *Bacharis trimera* (Less.) D.C. growth and essential oil yield. **Journal o fherbs, spices; medicinal plants**, v. 12, n. 1-2, p. 1-11, 2006.

SINGH, V. P ; SINGH, D. V. Effect of phosphorus deficiency on carbohydrate metabolism of *Mentha arvensis* L. **Physiology Plantarum**, v. 21, p. 1341-1347, 1968.

SRIVASTAVA, N. K., MISRA, A.; SHARMA, S. Effect of Zn deficiency on net photosynthetic rate, ¹⁴C partitioning, and oil accumulation in leaves of peppermint. **Photosynthetica**, v. 33, n. 1, p. 71-79, 1997.

SRIVASTAVA, R. K. et al. Characteristics of menthol mint *Mentha arvensis* cultivated on industrial scale in the Indo-Gangetic plains. **Industrial Crops and Products**, v. 15, p. 189-198, 2002.

TOPALOV, V. ; ZHELYAZKOV, V. Effect of harvesting on the yield of fresh material, essential oil, and planting material from *Mentha piperita* L. and *Mentha arvensis* L. **Herba. Hung.**, v. 50, p. 60-67, 1991.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F. Growth and development of *Mentha piperita* L. cultivada in solution as affected by rates of potassium. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 9, n. 4, p. 27-31, 2007a.

VALMORBIDA, J. et al. Crescimento de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes doses de potássio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 50, p. 379-384, 2007b.

VAN DEN DOOL, H; KRATZ, P. D. J. A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**, v. 11, n. 4, p. 463-471, 1963.

ZHELJAZKOV, V. D. et al. Peppermint productivity and oil composition as a function of nitrogen, growth stage, and harvest time. **Agronomy Journal**, v. 102, n. 1, p. 124-128, 2010.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Resumo da análise de variância para as variáveis biomassa seca de folhas, caule, raiz, da parte aérea e total de plantas de menta e relação raiz:parte aérea de plantas de *M. piperita* cultivadas sob diferentes malhas – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio					
		BSF	BSC	BSR	BPA	BST	R/PA
Malhas	4	10,18*	45,08*	242,65*	73,16*	452,51*	0,00048*
Erro	15	0,89	4,34	5,72	15,43	16,47	0,00005
CV (%)		16,51	15,15	19,89	21,97	12,88	23,36
Média		5,73	13,75	12,02	17,88	31,50	0,030

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{NS} não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE B - Resumo da análise de variância para as área foliar, razão do peso foliar e da área foliar, área foliar específica e peso específico foliar de *M. piperita* cultivadas sob diferentes malhas – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio				
		AF	RPF	RAF	AFE	PEF
Malhas	4	164785,81*	0,012*	573,13*	9213,54 _{ns}	4,48 _{ns}
Erro	15	30053,08	0,001	65,87	5820,58	2,384
CV (%)		15,91	16,22	21,43	36,76	28,68
Média		1089,92	0,19	37,87	207,54	5,38

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{NS} não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE C - Resumo da análise de variância para as variáveis teor e rendimento de óleo essencial *M. piperita* cultivadas sob diferentes malhas – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Teor de OE	Rendimento de OE
Malhas	4	0,118*	0,0028 *
Erro	15	0,033	0,000228
CV (%)		16,16	22,70
Média		1,133	0,066

*significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{NS} não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE D - Resumo da análise de variância para as variáveis biomassas secas de folhas, caule, raiz e total e relação raiz:parte aérea de *M. piperita* cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e tipos de malhas – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio				
		BSF	BSC	BSR	BST	R/PA
Malhas (M)	1	0,412 ^{ns}	35,143*	49,195*	216,504*	0,0656 _{ns}
Intensidade (I)	3	23,542*	45,413*	423,633*	913,086*	0,6356*
MxI	3	14,084*	154,089*	51,424*	512,240*	0,0219 _{ns}
Erro	32	0,838	3,314	5,371	10,184	0,0221
CV (%)		15,76	12,98	15,14	9,13	19,41
Média		5,81	14,03	15,31	34,96	0,766

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE E - Resumo da análise de variância para as variáveis área foliar, razões do peso foliar e da área foliar, área foliar específica e peso específico foliar de *M. piperita* cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e tipos de malhas – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio				
		AF	RPF	RAF	AFE	PEF
Malhas (M)	1	192609,99*	0,00088 _{ns}	12,701 _{ns}	569,50 ^{ns}	0,533 _{ns}
Intensidade (I)	3	1435481,00*	0,00091 _{ns}	396,48*	13854,21*	21,90*
MxI	3	64560,572 ^{ns}	0,00073 _{ns}	361,47*	14305,78*	8,28*
Erro	32	26276,34	0,0065	66,946	1666,27	1,40
CV (%)		16,05	15,51	28,49	21,80	19,56
Média		1010,27	0,164	28,72	187,28	6,042

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE F - Resumo da análise de variância para as variáveis teor e rendimento de óleo essencial de *M. piperita* cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e tipos de malhas – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Teor de OE	Rendimento de OE
Malhas (M)	1	0,039 ^{ns}	0,000028 ^{ns}
Intensidade (I)	3	0,042 ^{ns}	0,002183 *
MxI	3	0,005 ^{ns}	0,001237 *
Erro	16	0,099	0,000363
CV (%)		24,18	25,95
Média		1,30	0,073

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE G - Resumo da análise de variância para biomassas secas de folhas, caule, raiz e total e relação raiz:parte aérea *M. piperita* em função das diferentes fontes e doses de esterco (bovino e avícola) – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio				
		BSF	BSC	BSR	BST	R/PA
Adubo (A)	1	38,36 *	4,33 ^{ns}	11,44*	0,55 ^{ns}	0,0044*
Doses (D)	4	35,60 *	274,19*	4,54*	533,10*	0,0110*
A x D	4	20,68 *	286,68*	1,29*	346,73*	0,0062*
Erro	30	1,24	14,20	0,41	39,31	0,0008
CV (%)		16,04	14,11	11,92	16,96	16,60
Média		6,96	26,70	5,40	36,96	0,172

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

APÊNDICE H - Resumo da análise de variância para as variáveis área foliar, razões do peso foliar e da área foliar e área foliar específica de *M. piperita* em função das diferentes fontes e doses de esterco (bovino e avícola) – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio			
		AF	RPF	RAF	AFE
Adubo (A)	1	9455287,00*	0,050*	12820,34*	2967,87 ^{ns}
Doses (D)	4	5919721,24*	0,019*	3539,40*	1337,65 ^{ns}
A x D	4	3154639,80*	0,013*	2143,23 ^{ns}	5103,74 ^{ns}
Erro	30	316631,42	0,006	807,21	6370,40
CV (%)		18,63	25,61	32,97	18,11
Média		3020,86	0,196	86,18	440,83

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

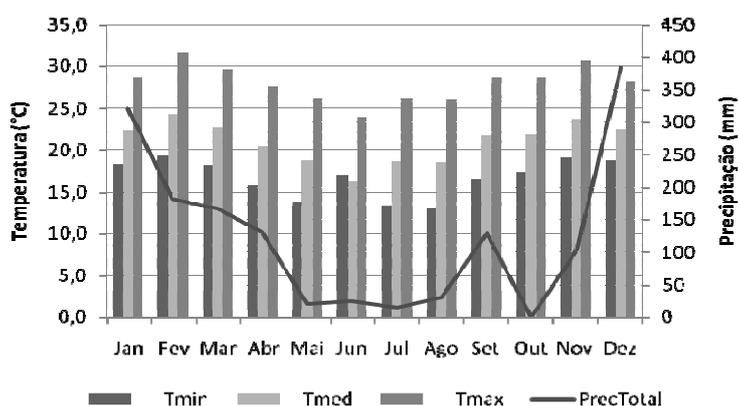
APÊNDICE I - Resumo da análise de variância para as variáveis teor e rendimento de óleo essencial de *M. piperita* em função das diferentes fontes e doses de esterco (bovino e avícola) – Lavras - 2011.

Fator de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Teor de OE	Rendimento de OE
Adubo (A)	1	0,000003 ^{ns}	0,0032*
Doses (D)	4	0,0951*	0,0061*
A x D	4	0,0093 ^{ns}	0,0009*
Erro	20	0,0271	0,0001
CV (%)		14,98	15,94
Média		1,099	0,078

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

ANEXOS



ANEXO A - Dados climatológicos referentes ao período de desenvolvimento do experimento no ano de 2009. Lavras, 2011.

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

ANEXO B - Resultados analíticos das amostras de solo e mistura utilizados no experimento – Lavras - 2011.

Amostra	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	(T)	V	M	MO	P-rem
	H ₂ O	mg/dm ³			Cmol _c /dm ³						%		dag/Kg	mg/L
Terra	5,6	0,6	14	0,5	0,1	0,0	2,1	0,6	0,6	2,7	23,4	0	1,4	4,1
Mistura	6,5	55,5	284	3,4	1,4	0,0	1,3	5,5	5,5	6,8	81,0	0	1,3	22,3

Fonte: Laboratório de Análise de Solos da UFLA

ANEXO C - Análises granulométricas das amostras de solo e mistura utilizados no experimento – Lavras - 2011.

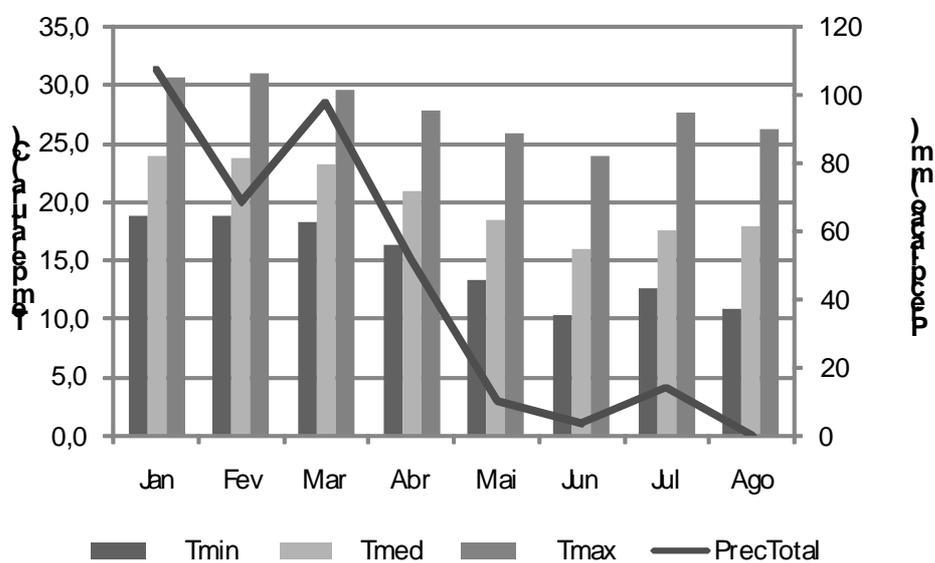
Amostra	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	dag/Kg			
Terra	12	22	66	Muito argilosa
Mistura	64	13	23	Textura média

Fonte: Laboratório de Análise de Solos da UFLA

ANEXO D - Resultados analíticos das amostras dos esterco bovino e avícola utilizados no experimento – Lavras - 2011.

Amostra	pH	N	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	H ₂ O	g.Kg ⁻¹						mg.kg ⁻¹				
Bovino	8,2	18	5,1	13	4,1	3,2	2,6	5,6	39	12,848	461	150
Avícola	8,0	21	20	7,3	4,6	2,6	3,1	17	74	4,601	315	314

Fonte: Laboratório de Análise de Solos da UFLA



ANEXO E - Dados climatológicos referentes ao período de desenvolvimento do experimento no ano de 2010. Lavras, 2011.

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