



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**SISTEMAS AGRÍCOLAS E ADUBAÇÃO NA BIOMASSA E ÓLEO
ESSENCIAL DE LAVANDA (*Lavandula dentata* L.)**

SÉRGIO MACEDO SILVA

2015

SÉRGIO MACEDO SILVA

**SISTEMAS AGRÍCOLAS E ADUBAÇÃO NA BIOMASSA E ÓLEO
ESSENCIAL DE LAVANDA (*Lavandula dentata* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Agronomia - Doutorado, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do Título
de “Doutor”.

Orientador:

Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586s Silva, Sérgio Macedo, 1983-
2015 Sistemas agrícolas e adubação na biomassa e óleo essencial de
lavanda (*Lavandula dentata* L.) / Sérgio Macedo Silva. - 2015.
96 f. : il.

Orientador: José Magno Queiroz Luz.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. *Lavandula dentata* L. - Teses.
3. Planta - Nutrição - Teses. 4. Cultivo - Teses. I. Luz, José Magno
Queiroz, 1967-. II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

SÉRGIO MACEDO SILVA

**SISTEMAS AGRÍCOLAS E ADUBAÇÃO NA BIOMASSA E ÓLEO
ESSENCIAL DE LAVANDA (*Lavandula dentata* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Agronomia - Doutorado, área de
concentração em Fitotecnia, para obtenção do Título
de “Doutor”.

APROVADA em 26 de JANEIRO de 2015.

Profa. Dra. Andressa Giovannini Costa	UFU – Monte Carmelo
Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank	UFS
Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues	IF Goiano – Rio Verde
Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana	UFU

Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

DEDICATÓRIA

*Ao nosso criador maior,
à minha querida família,
ao meu orientador,
aos meus amigos
e à toda comunidade científica.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por dar oportunidades a estudantes e profissionais de áreas afins a se tornarem admiradores e conhecedores da agricultura brasileira.

Ao meu querido Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz, pela oportunidade de orientação para aperfeiçoar-me nos estudos, pela atenção, disposição, boa vontade e perseverança em me ensinar e pelo exemplo de dedicação e profissionalismo.

À CAPES, à FAPEMIG e ao CNPq, pelo financiamento deste trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio na condução e realização do experimento.

Aos Laboratórios de Fitotecnia e Cromatografia, sob supervisão do Prof. Dr. Arie F. Blank e Prof. Péricles B. Alves pelas análises de óleo essencial realizadas com afinco.

Aos alunos do curso de Agronomia da UFU, pelo apoio e auxílio na realização dos experimentos.

Muito obrigado !

EPÍGRAFE

“Como seriam venturosos os agricultores se conhecessem os seus bens.”

Públio Marón Virgílio
(Poeta romano, 42 a.C.)

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Origem, sistemática, características morfológicas e óleo essencial de lavanda	3
2.2 Distribuição mundial e fatores que influenciam a produção	6
2.3 Metabolismo secundário vegetal	10
2.4 Nutrição mineral de plantas aromáticas.....	11
2.4.1 Estudos sobre a influência dos macronutrientes	12
2.5 Adubação orgânica em plantas aromáticas.....	15
2.6 Adubação organomineral e plantas aromáticas.....	17
2.7 Cultivo protegido.....	18
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 2 - SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO NA BIOMASSA E ÓLEO ESSENCIAL DE LAVANDA (<i>Lavandula dentata</i> L.).....	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT	27
1 INTRODUÇÃO	28
2 MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1 Áreas experimentais	30
2.2 Instalação dos experimentos	30
2.3 Aplicação e características dos fertilizantes	31
2.4 Colheita e avaliações de biomassa, rendimento e composição química de óleo essencial	32
2.5 Análise estatística	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
3.1 Produtividade de biomassa	35
3.2 Teor, rendimento e composição química do óleo essencial	37
4 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

CAPÍTULO 3 - SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL NA BIOMASSA E ÓLEO ESSENCIAL DE LAVANDA (<i>Lavandula dentata</i> L.).....	47
RESUMO	47
ABSTRACT	48
1 INTRODUÇÃO	49
2 MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1 Áreas experimentais	51
2.2 Instalação dos experimentos e preparo inicial	51
2.3 Aplicação e características dos fertilizantes	53
2.4 Colheita e características avaliadas	54
2.5 Análise estatística	54
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1 Experimento de campo	55
3.1.1 Biomassa, teor e rendimento de óleo essencial	55
3.1.2 Composição química do óleo essencial	61
3.2 Experimento na estufa	65
3.2.1 Biomassa, teor e rendimento de óleo essencial.....	65
3.2.2 Composição química do óleo essencial	72
3.3 Análise Conjunta para sistemas de cultivo	73
4 CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS.....	77
ANEXOS	82

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Produção de lavanda no campo, 90 dias após o plantio durante o experimento de 2012, Uberlândia, MG.....	35
FIGURA 2. Produção de lavanda na estufa, 90 dias após o plantio durante o experimento de 2012, Uberlândia, MG.....	35
FIGURA 3. Média (%) dos compostos majoritários do óleo essencial das flores de <i>L. dentata</i> sob interação de diferentes sistemas de cultivo e adubação. Ns: não significativo.....	41
FIGURA 4. Média (%) dos compostos majoritários do óleo essencial das folhas de <i>L. dentata</i> sob interação de diferentes sistemas de cultivo e adubação. Ns: não significativo	41
FIGURA 5. Experimento de campo de lavanda, conduzido no ano de 2013 e colheita da linha central	56
FIGURA 6. Experimento de lavanda na estufa agrícola, conduzido no ano de 2013.....	67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Compostos majoritários e densidade do óleo essencial de espécies de lavanda de maior importância econômica	5
TABELA 2. Valores registrados de temperatura, umidade, radiação solar e precipitação na Fazenda Experimental do Glória, entre os meses do experimento.....	30
TABELA 3. Análise do esterco bovino curtido usado no experimento em 2012.....	32
TABELA 4. Produtividade de biomassa (kg ha ⁻¹) de <i>L. dentata</i> sob cultivo protegido e adubação orgânica na Fazenda do Glória em 2012.....	35
TABELA 5. Teor e rendimento de óleo essencial de massa fresca de folhas e flores de planta de <i>L. dentata</i> , sob cultivo protegido e adubação orgânica na Fazenda do Glória em 2012.....	37
TABELA 6. Porcentagem média relativa (% GC – DIC) dos compostos encontrados no óleo essencial de flores e folhas de lavanda (<i>L. dentata</i>) cultivada sob diferentes sistemas e adubações em 2012.....	40
TABELA 7. Dados climatológicos da Estação meteorológica da Fazenda Experimental do Glória durante os meses de experimento.....	51
TABELA 8. Biomassa, teor e rendimento de óleo essencial de flores aos 100, 145 e 180 DAP e de folhas e ramos aos 225 DAP, de <i>L. dentata</i> cultivadas no campo da Fazenda Experimental do Glória em 2013.	56
TABELA 9. Média (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de <i>L. dentata</i> colhidas aos 100 e 145 DAP na Fazenda Experimental do Glória em 2013.....	62
TABELA 10. Média (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de <i>L. dentata</i> colhidas aos 180 DAP e de folhas colhidas aos 225 DAP na Fazenda Experimental do Glória em 2013.....	63
TABELA 11. Média geral (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de <i>L. dentata</i> colhidas aos 100 e 145 DAP e de folhas e ramos colhidos aos 225 DAP, na Fazenda Experimental do Glória em 2013.....	66
TABELA 12. Média (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de <i>L. dentata</i> colhidas aos 100 e 145 DAP na estufa agrícola da Fazenda Experimental do Glória em 2013.....	70
TABELA 13. Média (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de <i>L. dentata</i> colhidas aos 180 DAP e de folhas colhidas	

aos 225 DAP na esufa da Fazenda Experimental do Glória em 2013.....	71
---	----

TABELA 14. Análise conjunta entre campo e estufa de médias de produtividades de flores e folhas, teor, rendimento e compostos majoritários do óleo essencial de <i>L. dentata</i> cultivada na Fazenda Experimental do Glória em 2013.....	74
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Al ³⁺	Alumínio trocável
ATP	Adenosina tri-fosfato
C.O.	Carbono orgânico
C.V.%	Coeficiente de variação
Ca ²⁺	Cálcio trocável
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
CG-DIC	Cromatografia gasosa com detector de ionização em chama
CO	Campo orgânico
CQ	Campo químico
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
Da	Daltons
DAP	Dias após o plantio
DMS	Diferença mínima significativa
eV	Eletrovolts
EO	Estufa orgânica
EQ	Estufa química
Fe	Ferro
H+Al	Acidez Potencial
IRR exp.	Índice de Retenção do experimento;
IRR lit.	Índice de Retenção da literatura
K	Potássio
K ₂ O	Óxido de potássio II
M.O.	Matéria Orgânica
Mg ²⁺	Magnésio trocável
NI	Não identificado
Ns	Não significativo
P	Fósforo
SB	Soma de Bases
T	Capacidade de Troca de Cátions (CTC pH = 7)
TR	Tempo de retenção
V	Saturação em Bases

RESUMO

SILVA, SÉRGIO MACEDO. **Sistemas agrícolas e adubação na biomassa e óleo essencial de lavanda (*Lavandula dentata* L.)**. 2015. 96f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

A lavanda é cultivada comercialmente para produção de óleo essencial para obtenção de diversos produtos da perfumaria e aromaterapia. No caso de espécies aromáticas, a presença de monoterpenos oxigenados pode garantir propriedades medicinais e ações terapêuticas aos óleos essenciais. Por outro lado, o conteúdo e a composição química do óleo essencial que depende de diferentes fatores, como: clima, origem geográfica, época de colheita e estado nutricional, que podem afetar significativamente a qualidade e a quantidade da produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de adubos orgânicos e organominerais associados ao cultivo protegido para biomassa e óleo essencial de lavanda (*Lavandula dentata* L.). Foram realizados dois experimentos, nos anos de 2012 e 2013 nas condições ambientais de Uberlândia, MG. O primeiro experimento foi em delineamento de blocos casualizados, em parcela subdividida, com cinco repetições, testando nas parcelas dois sistemas de cultivo (estufa agrícola e campo) e nas subparcelas dois tipos de fertilizantes (mineral e orgânico). Foi feita apenas uma colheita de folhas e flores de lavanda. O segundo experimento também foi em blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de diferentes doses de fertilizante organomineral formulado em NPK (10-10-10) com 8 % de carbono orgânico, a partir da recomendação de 500 kg ha⁻¹, sendo 100% (T1), 80% (T2), 60% (T3), 40% (T4) e 20% (T5), além da adubação mineral recomendada de 500 kg ha⁻¹ do formulado em NPK (10-10-10) (T6). Foram realizadas três colheitas de flores e uma colheita de folhas. Quanto ao primeiro experimento, a estufa agrícola apresentou maior biomassa de flores e folhas de lavanda em relação ao campo, mas em termos de adubação não houve diferença estatística entre os adubos utilizados. As plantas cultivadas na estufa agrícola apresentaram maior rendimento de óleo essencial. Quanto ao segundo experimento, a produtividade de biomassa (flores e folhas) de *L. dentata* em ambiente protegido foi maior que no campo na época chuvosa. No campo e na estufa agrícola, a soma das produtividades das colheitas sucessivas pode resultar em mais de 6 t ha⁻¹ e 8 t ha⁻¹ de biomassa, respectivamente. A dose de 60% de organomineral proporciona bons rendimentos de óleo essencial e produtividade de biomassa de lavanda. Quanto ao óleo essencial, foram encontradas mais de 20 substâncias no óleo essencial de *L. dentata* em ambos os experimentos, e os compostos majoritários foram 1,8-cineol, fenchona e cânfora. No primeiro experimento, as adubações minerais ou orgânicas não influenciaram na produção dos constituintes majoritários da lavanda. No segundo experimento, a composição química da lavanda foi afetada pelas condições do ambiente e pela época de colheita.

Palavras-chave: *Lavandula dentata* L., cultivo protegido, nutrição de plantas.

¹Professor orientador: José Magno Queiroz Luz – UFU

ABSTRACT

SILVA, SERGIO MACEDO. **Crop systems and fertilization on lavender (*Lavandula dentata* L.) biomass and essential oil**. 2015. 96 p. Thesis (Doctorate in Agronomy / Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia ¹.

Lavender is grown commercially for the production of essential oil to obtain various products of perfumery and aromatherapy. In the case of aromatic species, the presence of oxygenated monoterpenes can ensure medicinal properties and therapeutic effects of essential oils. On the other hand, the content and the chemical composition of essential oil depends on different factors such as climate, geographical origin, harvest and mineral nutrition, which can significantly affect the quality and quantity of production. The objective of this study was to investigate the influence of organic and organic-mineral fertilizers associated with the protected cultivation to production and essential oil of lavender (*Lavandula dentata* L.). Two experiments were conducted in the years 2012 and 2013 in the environmental conditions of Uberlândia, MG. The experimental design was a randomized complete block design in a split plot with five replications, testing both systems (field and greenhouse) and two types of fertilizers (mineral and organic). The second experiment was also in a complete randomized block design, with four replications. The treatments consisted of different doses of a NPK (10-10-10) organic- mineral fertilizer with 8% of organic carbon from the recommendation of 500 kg ha⁻¹, 100% (T1), 80% (T2) 60% (T3), 40% (T4) and 20% (T5), beyond the recommended mineral fertilization of 500 kg ha⁻¹ formulated in NPK (10-10-10) (T6). Three harvest of flowers and one of leaves were performed. The first experiment, the greenhouse showed higher biomass of flowers and leaves of lavender in relation to the field, but in terms of fertilization there was no statistical difference between the fertilizers. The plants grown in the greenhouse showed higher oil yield. The second experiment, biomass productivity (flowers and leaves) of *L. dentata* in greenhouse was higher than in the field during the rainy season. In the field and in the greenhouse, the amount of productivities of successive crops can result in more than 6 t ha⁻¹ and 8 t ha⁻¹ biomass, respectively. Dose of 60% of the organic-mineral provides good essential oil revenues and lavender biomass productivity. As for the essential oil, were found more than 20 substances in the essential oil of *L. dentata* in both experiments, and the major compounds were cineole, camphor and fenchone. In the first experiment, mineral or organic fertilization did not influence the production of the major constituents of lavender. In the second experiment, the chemical composition of lavender was affected by environmental conditions and season of harvest.

Key words: *Lavandula dentata* L., protected production, plant nutrition.

¹Major Professor: José Magno Queiroz Luz – UFU.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

Sabe-se que a composição dos metabólitos secundários é altamente dependente da estrutura genética dos vegetais, contudo pode ser fortemente influenciada por fatores ambientais como: locais, clima, altitude, entre outros. Nesse processo de interação, todo o complexo conjunto de substâncias que fazem parte da sua fisiologia está em estreita interação com o ambiente (SELLAMI et al., 2009).

Em outras palavras, variações temporais e espaciais no conteúdo total, bem como as proporções relativas de metabólitos secundários em plantas ocorrem em diferentes níveis (sazonais e diárias, inter e intraespecífica) e, apesar da existência de um controle genético, a expressão sofre modificações resultantes da interação de processos bioquímicos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos. Por isso, os metabólitos secundários representam uma interface química entre a planta e o ambiente circundante (NALEPA; CARVALHO, 2007).

Os estudos sobre influência destes fatores, geralmente, têm se limitado a um grupo restrito de espécies aromáticas de regiões temperadas, muitas das quais são comercialmente importantes e podem ter sofrido fortes pressões seletivas antrópicas, visando certas características desejadas (GOBBO-NETTO; LOPES, 2007).

A temática do presente estudo está enfatizada na nutrição e produção de plantas aromáticas e suas relações com rendimento e composição dos óleos essenciais. Sabe-se que para a produção de biomassa vegetal podem ser obtidas correlações positivas com o acréscimo de fertilizantes, porém o mesmo não se pode afirmar sobre ganhos ou perdas na produção de metabólitos secundários. Isso porque outros experimentos não tiveram as mesmas relações, inclusive, vários estudos demonstraram correlações negativas do aumento de doses de adubos e o decréscimo de compostos químicos vegetais (AFTAB et al., 2011; ASHRAF et al., 2006; ÖZGÜVEN et al., 2008).

É possível reconhecer os benefícios promovidos pelas diferentes adubações para incremento de produtividades de diversas culturas, inclusive as aromáticas mais cultivadas. Culturas altamente valorizadas como a lavanda merecem uma atenção especial frente aos fertilizantes disponíveis para uso, já que ganhos em produtividade são almejados por diversos produtores dessa cultura, não só em biomassa, mas também em rendimentos de óleos essenciais.

Para o Brasil em especial, que ainda não se encontra totalmente inserido na cadeia produtiva dos óleos essenciais, torna-se emergente verificar o comportamento de aromáticas como a lavanda, para demonstrar que também é possível obter produtividades de espécies de clima temperado, mesmo em solos tropicais e intemperizados utilizando tecnologia e inovação.

Além disso, deve-se reconhecer que o estabelecimento e a viabilidade de cultivares de lavanda nas condições brasileiras é uma alternativa para incrementar rendimentos e diversificar a produção de pequenas e médias propriedades, a partir da produção de óleo essencial destinado ao processamento industrial. Entretanto, necessita-se verificar a influência das condições climáticas e conhecer novos parâmetros, como análise de crescimento e de rebrotas pós-colheita e períodos maiores de cultivo.

Por isso, foram estudados diferentes tipos de fertilizantes e suas concentrações para contribuir com o estabelecimento de doses adequadas de cultivo e vantagens para melhorar a produção e a composição de óleo essencial de lavanda em diferentes sistemas de cultivo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem, sistemática, características morfológicas e óleo essencial de lavanda

A família de plantas *Lamiaceae* apresenta uma distribuição cosmopolita com aproximadamente 300 gêneros e 7.500 espécies, sendo 28 gêneros com cerca de 350 espécies encontradas no Brasil. Fazem parte desta família plantas do gênero *Lavandula* conhecidas como: lavandas ou alfazemas, originárias da região do Mediterrâneo na Europa (LORENZI; SOUZA, 2008).

O gênero *Lavandula* possui destaque na economia mundial devido à produção de óleos essenciais utilizados nas indústrias de perfumaria, cosmética, alimentos e farmacêutica. Esse gênero apresenta cerca de 40 espécies diferentes de lavandas, destacando a *Lavandula angustifolia* Mill (= *L. officinalis* L. = *L. vera* DC), *Lavandula intermedia* Emeric ex Loisel (lavandin) (= *L. hybrida* L.) e *Lavandula spica* (Spyke lavender = *L. latifolia* Medik). Tais espécies são subarbustos perenes, aromáticos, eretos e com grande ramificação (BOMBARDA et al., 2008).

Muitas das espécies foram previamente relatadas pelo seu interesse científico e também de um ponto de vista ornamental, incluindo *Lavandula stoechas*. Algumas têm sido igualmente utilizadas na medicina como *L. angustifolia* Mill., *L. latifolia* e *L. officinalis* Chaix (CASSELLA et al., 2002).

As folhas da lavanda são opostas, simples, inteiras, dentadas, pinadas ou bipinadas. Os tricomas das folhas são geralmente ramificados e conectados às glândulas. As inflorescências são espigas terminais, ramificadas, densas e compactas ou compridas e largas, com pedúnculos retangulares ou quadrados. Podem apresentar-se na cor verde, vermelha, roxa e branca. As cores mais comuns são azul-lilases. As brácteas férteis são opostas, alternas ou espiraladas, imbricadas ou dispostas em fileiras verticais (BIASI; DESCHAMPS, 2009).

Lavandas nativas são encontradas nas Ilhas Canárias, norte e oeste da África, sul da Europa e no Mediterrâneo, Arábia e Índia. Alguns historiadores defendem a ideia de que a lavanda surgiu na Ásia, mas também é originária da região do Mediterrâneo.

A história relata que as lavandas foram cultivadas largamente no sul da Europa, a princípio na França (LORENZI; SOUZA, 2008) e que, há séculos, seu óleo essencial era utilizado pelos romanos para lavar roupa, tomar banho, aromatizar ambientes e como produto curativo (insônia, calmante, relaxante e dores musculares).

Atualmente, a lavanda é cultivada comercialmente para produção de óleo essencial destinado à fabricação de cosméticos, fármacos, perfumes finos, além de produtos de limpeza, vinagres, conservantes e aromatizantes de alimentos (LORENZI; SOUZA, 2008).

A maioria das espécies de lavanda foi estudada por suas fragrâncias e pela sua importância econômica, já que seus produtos estão entre os 20 óleos mais importados e valorizados desde o século passado (LIS-BALCHIN, 2002). Nos óleos essenciais, existem misturas complexas que podem conter de 20 a 60 compostos em concentrações que variam devido a múltiplos fatores. Normalmente apresentam dois ou três componentes majoritários, em concentrações superiores aos demais constituintes que podem estar presentes somente em traços (BAKKALI et al., 2008).

Entre lavandas mais produtivas, pode-se citar o híbrido natural “lavandin” (*L. x intermedia*) e a lavanda verdadeira (*L. angustifolia*) e suas diversas cultivares comerciais como: Spike, Grosso, Super, Provence, Abriali, Seal, Munstead, Hidcote e Giant hidcote. Em termos de referência, o teor de óleo essencial do híbrido lavandin varia entre 1,0 e 1,5% originados de flores frescas e entre 5,0 e 6,0% originado de flores secas (BAYDAR, 2009).

Para caracterização das espécies de lavanda observa-se a coloração de suas inflorescências, porte e altura da planta e, principalmente, o perfil fitoquímico, isto é, seus compostos majoritários do óleo essencial, como: cânfora, cariofileno, cineol, linalol, linalina e ocimeno, além do peso específico de seus óleos (NATIONAL SUSTAINABLE AGRICULTURE INFORMATION SERVICE- ATTRA, 2006).

Comercialmente, os óleos de maior valor de mercado são de *L. angustifolia*, devido aos altos teores de linalol (35 a 50%) e de acetato de linalina (30 a 45%), e de seu híbrido lavandin (30 a 40% linalol e 20 a 30% de acetato de linalina). Esses compostos conferem boa qualidade aos subprodutos das principais indústrias de perfumaria e cosméticos da Europa e dos Estados Unidos (URWIN, 2009).

Na Tabela 1 podem ser observados os compostos majoritários das três espécies de lavandas mais plantadas no mundo conforme Bienvenu (2009).

Os principais compostos encontrados no óleo essencial de *L. dentata* são da classe dos monoterpenos oxigenados (68,6%), seguido dos monoterpenos hidrocarbonados (2,7%), sesquiterpenos oxigenados (2,6%) e sesquiterpenos hidrocarbonados (2,6%) (DOB et al., 2005). Entre tais compostos, os que merecem

destaque são: linalol, acetato de linalina, 1,8-cineol, fenchona, β -ocimeno, terpinen-4-ol e cânfora (FLORES et al., 2005).

TABELA 1. Compostos majoritários e densidade do óleo essencial (o.e.) de espécies de lavanda de maior importância econômica.

Características	Lavanda (<i>L. angustifolia</i>)	Lavandin (<i>L. x intermedia</i>)	Lavanda (<i>L. dentata</i>)
Densidade o.e.	0.876-0.892	0.885-0.897	0.885-0.897
Cânfora	0.5-1%	4-11%	20-30%
Cariofileno	3-12%	-	-
1,8- Cineol	1-2%	5-10%	30-45%
Linalol	30-49%	30-40%	1-2%
Acetato de linalina	30-45%	20-30%	<1%
Ocimeno	2.5-6%	-	1-2%
β -pineno	-	-	<3%

* Bienvenu (2009)

Quanto à qualidade do óleo essencial destinado à indústria farmacêutica são desejados óleos essenciais com maior proporção de monoterpenos que apresentam maior atividade biológica. O composto 1,8-cineol, que pode atingir mais de 50% do óleo essencial de *L. dentata*, age como um agente espasmódico, anestésico local e antibacteriano.

A cânfora encontrada em altas concentrações na *L. latifolia* tem propriedades antibacterianas, assim como α -terpineol e terpin-4-ol. Os constituintes α -pineno, 1,8-cineol, β -pineno e p-cimeno possuem atividade antifúngica, enquanto o óxido de cariofileno, um sesquiterpeno encontrado em *L. latifolia* e *L. angustifolia*, apresenta efeito antiinflamatório (CHU; KEMPER, 2001).

L. dentata, objeto de estudo deste trabalho, apresenta alto teor de cânfora e 1,8-cineol. A cânfora é um monoterpeno que possui cheiro forte e penetrante, gosto amargo, e é ligeiramente fria ao tato. É largamente empregada contra gripes, resfriados e complicações inflamatórias, além de ser usada na fabricação de nitrocelulose, materiais plásticos, produtos químicos e repelentes para insetos (LEAL et al., 2007).

Logo, a produtividade e a variabilidade fitoquímica do óleo essencial das espécies aromáticas estão relacionadas à fase de desenvolvimento, idade da planta, órgão de armazenamento e às condições ambientais as quais estão submetidas (GOBBO-NETTO; LOPES, 2007).

O processo de extração para a obtenção de óleos essenciais a partir de material vegetal fresco e seco inicia-se ainda no momento da floração, conforme parâmetros que

devem ser obedecidos rigorosamente, como: horário de coleta, processo de secagem e tempo entre a colheita e a secagem que serão imprescindíveis na garantia da qualidade e quantidade do óleo essencial. O mais indicado é a realização deste processo com material vegetal fresco para que as perdas por volatilização sejam mínimas (RIBEIRO; DINIZ, 2008).

2.2 Distribuição mundial e fatores que influenciam a produção

A lavanda é uma cultura que tem produção em larga escala em muitos países, abrangendo toda a Europa, parte da Oceania, América do Norte e regiões de altitudes na América Central e do Sul. Aproximadamente 95% da produção englobam países como Bulgária, Inglaterra, França, Romênia, Austrália, Estados Unidos, Canadá, África do Sul, Suíça, Itália e Espanha (McNAUGHTON, 2006).

Ribeiro e Diniz (2008) relataram que a produção mundial de óleo de lavanda é em torno de 200 mil toneladas anuais. Particularmente, só na região sul de Provançe na França existe mais de 5000 ha de produção e outras espécies aromáticas, envolvendo em torno de 1000 produtores rurais. De toda a produção, estima-se que 87% seja do híbrido lavandin e 13% de outras lavandas (DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES DE LA DROME -DDTD, 2010).

Os principais países que participam do mercado mundial dos óleos essenciais de lavanda são: Estados Unidos, Japão e Alemanha. No entanto, a produção continua concentrada na Europa, devido às grandes empresas de processamento de óleos essenciais. Na África do Sul, por exemplo, o mercado de óleos essenciais está dividido em compradores locais e internacionais. Os compradores locais incluem agentes de marketing e empresas de produtos químicos, indústrias farmacêuticas, bem como de alimentos e aromatizantes. (DIRECTORATE AGRICULTURAL INFORMATION SERVICES- DAIS, 2009).

Quanto aos preços do óleo de lavanda no mercado internacional, estima-se que o óleo de *L.angustifolia* custe entre 100 e 135 reais o kilo e o proveniente do híbrido lavandin, até 75 reais o kilo. Dessa forma, observa-se um cultivo rentável dessa cultura, já que os custos anuais de implantação, adubações de cobertura, capinas e colheitas está entre 1600 e 2000 reais por hectare (DAIS, 2009).

A lavanda é uma planta perene, com uma vida produtiva típica de até 15 anos, embora algumas plantas produzam com até 20 anos de idade. Nos primeiros anos de

colheita, a produção é muito inferior, tanto em biomassa quanto na produção de hidrolatos, se tornando maior a partir do quinto ano de produção (ATTRA, 2006).

Originalmente, as lavandas são nativas de solos pobres e rochosos. Suas principais características são de elevadas rusticidade e resistência à seca, não sendo tão exigentes em tratos culturais, apenas requerem solo bem drenado, arenoso ou franco-arenoso. Para essa cultura, solos de baixa fertilidade natural ainda são produtivos.

Em relação à acidez do solo, as lavandas necessitam de pH entre 5,8 e 8,3. Há casos de lavandas cultivadas na Inglaterra que se desenvolvem bem em solos alcalinos, acima de 8 ou 9, enquanto que outras variedades exigem solos mais ácidos. Estima-se que para produção de 100 kg de inflorescências, a lavanda extraia 8 kg de nitrogênio, 2 kg de fósforo e 8 kg de potássio do solo (DAIS, 2009).

A adubação recomendada para implantação da cultura é de 500 kg ha⁻¹ do formulado NPK 10-10-10 e para cobertura de 80 a 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio aplicado em 3 ou 4 vezes durante o crescimento das plantas e na pós-colheita (McNAUGHTON, 2006).

Considerando que o nitrogênio aumenta o comprimento do caule e favorece a produção de inflorescências, pode ser feita parte dessa adubação após o florescimento. Em plantas mais jovens, em que o objetivo seja a produção de flores, pode-se utilizar o dobro do recomendado, aplicando em três momentos no decorrer de três anos. Os outros macronutrientes fósforo e potássio são menos requisitados para essa cultura, variando de acordo com o tipo e estado nutricional do solo (McNAUGHTON, 2006).

Após preparo da área, a implantação da lavoura pode ser realizada por mudas ou semeadura direta. O uso de propagação vegetativa é mais comum, porque a cultura apresenta problemas com germinação e dormência, baixo vigor e crescimento lento de plantas, apesar do melhor enraizamento por semeadura direta. Em termos de espaçamento para cultivo, indica-se até 1,20 m entre as linhas da cultura e 0,4m entre as plantas, resultando em até 20 mil plantas por hectare (DAIS, 2009).

Plantas de lavanda são altamente resistentes às adversidades ambientais, tolerando certa negligência no seu cultivo. Entre outros fatores, a altitude, a topografia e a temperatura exercem grande influência nessa cultura. A altitude pode significativamente afetar a sobrevivência das lavandas, já que preferem regiões mais baixas de até 800 m acima do nível do mar (McNAUGHTON, 2006).

A lavanda é resistente ao déficit hídrico em relação às outras aromáticas, pois tolera bem o clima seco de origem e precipitações anuais em torno de 1000 mm, além

de inverno rigoroso com temperaturas abaixo de 0 °C, ventos frios e neve, se o solo for bem drenado. Em casos de períodos prolongados de seca, a produtividade pode reduzir muito, prejudicando a produção. Além disso, a ocorrência de geadas tardias na estação da primavera causa manchas e até a morte de inflorescências, sendo necessária a realização de podas (DAIS, 2009).

No Brasil, foi divulgado recentemente o plantio de *L. dentata* no sul de Minas Gerais, na região montanhosa da cidade de Monte Verde, distrito de Camanducáia. Esta espécie apresenta tolerância a alta temperatura, típico de condições semiáridas. Essa produção é pequena, estimada em 5 ha e o produtor relatou que são necessários 100kg de flores para produzir 1 litro de óleo essencial. Toda a produção é destinada à fabricação regional de cosméticos e de medicamentos (GLOBO, 2013).

Outro local já registrado de cultivo de lavanda no Brasil é na cidade de Cunha, no Estado de São Paulo, entre o Vale do Paraíba e o litoral. Existem em torno de 22 mil pés plantados e as podas são realizadas semanalmente. O lavandário é destinado ao turismo para visitação da lavoura e os produtos de óleos essenciais destinam-se   fabricação de cosméticos e fins gastron micos.

Tendo como referência regiões européias com produção de lavanda em escala comercial, como a região de Provance, na França, as temperaturas no inverno variam de 2 a 4  C, sendo que neste período as plantas entram em repouso vegetativo (BIASI; DESCHAMPS, 2009).

Em termos fitossanitários, o cultivo de lavanda apresenta poucas pragas características que atacam suas lavouras, mas a cigarrinha-da-raiz *Hyalestes obsoletus* tem afetado grandes áreas na França, inviabilizando seu cultivo. A cultura também pode ser atingida por doenças fúngicas, causadas por patógenos do g nero *Rhizoctonia*, *Phoma*, *Botrytis*, *Fusarium* e *Armillaria* característicos de solos muito úmidos e regiões de alta temperatura (DDTD, 2010). Houve relatos também de ataque em reboleiras de nematóides da espécie *Meloidogyne hapla* em lavouras da Austrália (BIENVENU, 2009).

O florescimento da lavanda ocorre após o período frio do inverno em todas as regiões onde é cultivada, já que a maioria das espécies de lavanda necessita de um período frio para seu florescimento. Quanto a valores de produção, Bustamante (1993) relatou que a produção de flores de lavanda (cv. Maillete) na Espanha foi estimada em 1,5 a 2,5 t ha⁻¹, sendo que no primeiro ano de plantio, a produção foi desprez vel, de apenas 200 kg ha⁻¹, no segundo ano de até 1,5 t ha⁻¹, no terceiro ano de até 1,8 t ha⁻¹ e

no quarto ano de 4 t ha⁻¹. Já a produção do híbrido lavandin (cv. Abrial), também em lavouras comerciais da Espanha foram obtidos valores próximos de 4 t ha⁻¹ de flores.

Quanto à colheita, retira-se em torno de um terço ou metade da parte aérea, ou então deve-se deixar até três conjuntos de folhas ou três nós com gemas para propiciar a rebrota das próximas estações.

A espécie de *L. angustifolia* exige duas podas anuais, realizando-se a primeira após o florescimento na primavera, cortando as gemas laterais para propiciar o florescimento. A segunda poda realiza-se no outono, antes da ocorrência de geadas, cortando-se as gemas laterais e também apicais (DAIS, 2009).

Em cultivos comerciais da França, colhem-se nos primeiros anos de produção apenas as inflorescências, pois como enraizamento das mudas por propagação vegetativa é lento e superficial, as plantas não suportam movimentos bruscos das colheitas, o que causa lesão nas raízes e morte. Isso também justifica a produtividade ser menor nos primeiros anos de cultivo. Como a colheita de folhas e ramos é realizada após o terceiro ano de produção, a produtividade aumenta gradativamente (McNAUGHTON, 2006).

A colheita pode ser realizada de forma mecanizada, semimecanizada ou manual. A colheita mecanizada é realizada em países com grande produção. As inflorescências devem ser colhidas em plena floração, ou seja, quando as flores do ápice estiverem abertas ou, quando as duas primeiras flores da espiga abrirem-se, ou ainda, quando um quarto a um terço das flores na espiga estiverem abertas, cortando-as logo acima do último par de folhas e início do pedúnculo floral. Nos países de origem, podem ser realizadas até 2 colheitas anuais de flores quando ocorre novo florescimento ou rebrota (McNAUGHTON, 2006).

A colheita deve ser realizada nas primeiras horas da manhã para obtenção de maior concentração de óleos essenciais. Um fator prejudicial à produção de óleo essencial é o atraso na colheita, pois à medida que ocorre a fecundação das flores, o teor de óleo diminui progressivamente, atingindo quantidades mínimas do esperado. Em cultivo de híbridos esse fato não ocorre, podendo tardar um pouco a colheita (BIASI; DESCHAMPS, 2009).

Após a colheita, as flores devem ser armazenadas para a secagem, sendo penduradas em local seco, arejado e fora de incidência solar direta. Devem ser mantidas longe de umidade e ambientes com alta temperatura para evitar a volatilização do óleo essencial e o escurecimento (RIBEIRO; DINIZ, 2008).

O presente trabalho é inovador, e está entre os primeiros estudos dessa espécie no Brasil, principalmente no que se refere ao cultivo no campo, em condições tropicais e em latossolos, para análises do efeito de sistemas de cultivo e de fontes de adubação.

2.3 Metabolismo secundário vegetal

A planta possui dois tipos de metabolismos: o primário e o secundário. No primeiro, são produzidas substâncias como lipídeos, proteínas, carboidratos, aminoácidos e ácidos nucleicos, diretamente relacionados ao crescimento e desenvolvimento da planta. No metabolismo secundário, são produzidos compostos orgânicos que parecem não ter função direta nos processos fundamentais do desenvolvimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Ao contrário dos metabólitos primários, a ausência dos metabólitos secundários não resulta na morte imediata, mas a longo prazo, afeta a sobrevivência, a fecundidade do organismo, podendo mesmo não ter qualquer impacto significativo (DUDAREVA et al., 2006).

O metabolismo secundário origina compostos que desempenham um papel importante na interação das plantas com o meio ambiente. Um dos principais componentes do meio externo cuja interação é mediada por compostos do metabolismo secundário são os fatores bióticos. Desse modo, os metabólitos secundários possuem um papel contra a herbívora, ataque de patógenos, competição entre plantas e atração de organismos benéficos como polinizadores, dispersores de semente e microorganismos simbioses (DUDAREVA et al., 2006).

Existem três grandes grupos de metabólitos secundários: terpenos, compostos fenólicos e alcalóides. Os terpenos são elaborados a partir do ácido mevalônico (no citoplasma) ou do piruvato e 3-fosfoglicerato (no cloroplasto). Cada unidade básica dos terpenos é composta por uma molécula de cinco carbonos denominada isopreno ou isopentenilpirofosfato. Desse modo, os terpenos são classificados de acordo com o número de unidades de isopreno que entram na sua composição (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A junção de duas unidades de isopreno ou isopentenilpirofosfato (IPP) forma o geranylpirofosfato (GPP), o qual é precursor dos monoterpênicos. A adição de mais um IPP gera o farnesilpirofosfato (FPP), o qual origina os sesquiterpênicos. A adição de mais um IPP a um FPP origina o geranylgeranylpirofosfato (GGPP), sendo este o precursor

dos diterpenos. A junção de dois FPPs dá origem aos triterpenos. De modo semelhante, são precisos dois GGPPs para se obter um tetraterpeno (PERES, 2008).

Os monoterpenos podem ocorrer em pêlos ou tricomas glandulares (Lamiaceae), células parenquimáticas diferenciadas (Lauraceae, Piperaceae, Poaceae); canais oleíferos (Apiaceae) ou em bolsas lisígenas ou esquizolisígenas (Pinaceae, Rutaceae). Podem estar estocados em flores (laranjeira), folhas (capim-limão, eucalipto, louro) ou nas cascas dos caules (canelas), madeiras (sândalo, pau-rosa) e frutos (erva-doce). (PERES, 2008).

2.4 Nutrição mineral de plantas aromáticas

O desenvolvimento vegetal e a produção de óleos essenciais em plantas aromáticas são influenciados por vários fatores ambientais, incluindo a disponibilidade de nutrientes no solo. Neste sentido, os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio atuam influenciando vários eventos bioquímicos do metabolismo primário e secundário das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Dentre todos os fatores que podem interferir nos princípios ativos de plantas, a nutrição é um dos que requer maior atenção, pois o excesso ou a deficiência de nutrientes está diretamente relacionada à variação na produção de substâncias ativas.

No entanto, esses efeitos na produção de diferentes metabólitos, de certo modo, não são totalmente previsíveis, e as tendências podem ser reconhecidas, mas ainda não é possível estabelecer regras sólidas e estáveis (GOBBO-NETTO; LOPES, 2007).

Os efeitos de nutrientes nos níveis de derivados do ácido chiquímico (especialmente ácidos cinâmicos simples e taninos hidrolisáveis e condensados) são bem documentados e deficiências em nitrogênio, fósforo, enxofre e potássio, geralmente resultam em maiores concentrações destes metabólitos. O mesmo não se pode dizer sobre os metabólitos derivados do mevalonato, nesse caso, os terpenóides (óleos essenciais), no que se refere às mudanças na disponibilidade de nitrogênio, fósforo ou potássio (DUSTIN; COOPER-DRIVER, 1992).

Essa relação de baixa disponibilidade de nutrientes e aumento na produção de terpenóides é resultado da ativação de rotas do metabolismo secundário como resposta ao ambiente, interpretadas como forma de sobrevivência do vegetal para uma situação de estresse nutricional (MARTINS et al., 2004).

Logo, existem condições que proporcionam maior produção no conjunto dos óleos essenciais direta e indiretamente. De forma indireta, a partir da disposição de nutrientes que favorecem o crescimento e desenvolvimento do vegetal, há maior produção de biomassa e tamanho da área foliar, com consequente, aumento da produção de óleo pela planta. Ou seja, o aumento do rendimento de óleo essencial se dá pelo aumento da atividade fotossintética, pela maior produção de clorofila e aumento na atividade enzimática da rubisco (SIFOLA; BARBIERI, 2006).

De forma direta, observa-se que as alterações das rotas de biossíntese, mediante as condições edafoclimáticas, fenologia do vegetal ou estresse suficiente para ativar as rotas dos terpenóides, levam à síntese e acúmulo de compostos nos tecidos vegetais, caracterizando a interface bioquímica do vegetal. Por isso, espécies aromáticas estudadas em locais e condições diferentes não apresentaram a mesma caracterização química (VALMORBIDA et al., 2006). Esse comportamento vegetal foi verificado pela maioria dos estudos das interações dos nutrientes com as rotas do metabolismo secundário vegetal.

Portanto, estudos que envolvam adubação em espécies produtoras de óleos essenciais não devem objetivar apenas a produção de biomassa, mas, conjuntamente, esclarecer as alterações que esses insumos podem ocasionar ao teor, ao rendimento e à composição química do óleo essencial (ROSAL et al., 2011).

2.4.1 Estudos sobre a influência dos macronutrientes

Grande parte dos estudos de nutrição de plantas aromáticas com análise de óleos essenciais refere-se à aplicação de fertilizantes nitrogenados. Por exemplo, May e outros (2008) verificando a produtividade de *Melissa officinalis* L. em função das doses de nitrogênio, observaram que os maiores rendimentos de massa seca se deram com a aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N, havendo uma resposta linear para a produção de massa seca com a aplicação de N.

Altas taxas de aplicação de fertilizantes nitrogenados (300 kg ha⁻¹) aumentaram significativamente o rendimento do óleo essencial em plantas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) em relação às plantas que não receberam nitrogênio suplementar (SIFOLA; BARBIERI, 2006).

A aplicação de 200 kg ha⁻¹ de fertilizante nitrogenado em palma-rosa (*Cymbopogon martini*) produziu significativamente maiores rendimentos de óleo

essencial do que aplicação de fertilizante nitrogenado a uma taxa de 100 kg ha⁻¹ (SINGH; SHARMA, 2001), e resultados semelhantes foram relatados por outros autores com orégano (*Origanum vulgare*) e gerânio (*Pelargonium graveolens*) (AZIZI et al., 2009; SEKEROGLU; ÖZGÜVEN, 2006).

Em flores de *Chrysanthemum coronarium*, em comparação com o controle (sem adubação), a adubação nitrogenada causou um aumento de cânfora com uma redução simultânea de germacreno (ALVAREZ-CASTELLANOS; PASCUAL-VILLALOBOS, 2003).

Prakasa-Rao e outros (2000) avaliando o efeito de doses de nitrogênio (0, 50 e 100 kg ha⁻¹ de N) no rendimento e na qualidade do óleo essencial de *Tagetes minuta* L., observaram que maior rendimento de biomassa foi obtido com maiores doses de N aplicado. Quando a aplicação ocorreu em pleno florescimento, houve redução na concentração do óleo essencial.

Ramezani e outros (2009) estudando o efeito dos níveis de nitrogênio e potássio em manjerição (*Ocimum basilicum* L.) relataram que para a melhoria da produção de óleo essencial, a aplicação precisa e equilibrada destes dois elementos é crucial. Níveis desequilibrados de N e K, especialmente altas doses de N, afetam negativamente o teor de óleo essencial. Isso pode ser explicado pelos seguintes fatos: pelo crescimento máximo das plantas em níveis equilibrados de N e K indicam que cultura pode usar nutrientes disponíveis de forma eficiente; e que os efeitos da dose de N no teor de óleo essencial são maiores do que a de K, proporcionando decréscimos de rendimento de óleo essencial.

Para a síntese dos monoterpenos são necessárias várias reações de fosforilação, sendo que o principal doador de energia e íon fosfato para a reação é o ATP. A deficiência de P na planta reduziria a fosforilação requerida para a produção de geranil-pirofosfato, que é o precursor dos monoterpenos. Consequentemente, plantas deficientes em P apresentam menor taxa de fosforilação, diminuindo a produção de monoterpenos que, segundo Cardoso e outros (2001), representam 90% da constituição dos óleos essenciais.

Entre alguns estudos sobre a interação de P e o metabolismo secundário vegetal, a adição de fertilizante fosfatados no caso de *Foeniculum vulgare* (erva doce) afetou o rendimento e a composição do óleo essencial.

Kapoor e outros (2004) estudando a concentração do óleo essencial de *F. vulgare*, com o fornecimento de nutrientes pela micorrização realizada no solo,

obtiveram aumentos significativos (78%) no teor de óleo essencial em solo rico em fósforo. A caracterização química do óleo essencial revelou que a qualidade do óleo também melhorou com um aumento significativo na concentração de anetol e queda da concentração de fenchona.

Nesse caso, pode ser reconhecida a importância de fósforo para produção de terpenóides. Porém, o aumento da concentração de fósforo não necessariamente revelou aumento na quantidade dos óleos essenciais.

Por exemplo, Ramezani e outros (2009), estudando o efeito de fósforo em *Ocimum basilicum* L. no Iran, observaram que só a aplicação do nutriente aumentou significativamente o teor de óleo essencial. Utilizando a pulverização das doses 0, 2, 4, 6, 8 e 10% durante o crescimento do manjeriço, o tratamento de 2% produziu a maior quantidade de óleo essencial (0,93 %) na parte aérea.

Observa-se que o efeito da aplicação de fósforo deve ser verificado também em outras espécies aromáticas para se determinar as concentrações ideais de fósforo requerido, que garantam maior eficiência no rendimento de óleo essencial com o mínimo de aplicação.

Sobre a influência do K, hipóteses sugerem que esse elemento ativa aproximadamente 50 enzimas, destacando-se as sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases. Neste caso, o potássio está envolvido na síntese de compostos aromáticos, sendo que as condições de deficiência acarretam desvios nas rotas metabólicas destes compostos, alterando, consequentemente, a composição dos óleos essenciais (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Dalla Costa (2002), estudando a influência da adubação nitrogenada e potássica na produtividade de camomila, avaliou o rendimento em óleo essencial e em produção de capítulos florais e observou que a produtividade de capítulos florais para a primeira colheita respondeu significativamente à adubação com nitrogênio e potássio.

Apesar de ser considerado essencial, mas diferentemente do nitrogênio, o potássio estaria mais relacionado à qualidade da composição química do que ao aumento significativo de rendimento do óleo essencial. Da mesma forma, é importante considerar em quais condições esse elemento influencia a biossíntese de compostos aromáticos de alto valor de mercado.

2.5 Adubação orgânica em plantas aromáticas

Conceitualmente, os resíduos orgânicos são constituídos por três principais grupos de componentes: água, matéria orgânica e matéria mineral, também denominada matéria inorgânica (KIEHL, 2008). Por esta razão, os fertilizantes orgânicos são caracterizados pelos teores de matéria orgânica, teores totais dos nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre, teor de água e relação C:N (RAIJ, 2011).

São muitos os resíduos orgânicos de origens urbana, industrial e agrícola que podem ser usados na agricultura, como: esterco de bovino, de aves e de suínos, torta de mamona, adubos verdes, lodo de esgoto, resíduos oriundos da fabricação de álcool e açúcar (torta de filtro e vinhaça), resíduos do processamento de frutos, entre outros (CIANCIO, 2010).

Mais recentemente, numa política conservacionista e sustentável para melhorar qualidades físicas do solo, reduzir gastos com insumos e ter incrementos em produtividade, a produção orgânica tem sido recomendada em larga escala desde o pequeno ao grande produtor (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2009).

Sobre os benefícios da utilização de resíduos orgânicos na fertilização dos solos, observa-se que eles disponibilizam diversos elementos químicos, tais como nitrogênio, fósforo, potássio e elementos traços, além de contribuir, através da adição de matéria orgânica ao solo, com a melhoria da estrutura física e a da capacidade de absorção de água e de fornecimento de nutrientes para as plantas, aumentando a produção vegetal (IPEA, 2012).

Apesar das vantagens proporcionadas pelo uso de resíduos orgânicos, alguns desafios precisam ser superados, como: o desequilíbrio de nutrientes em resíduos orgânicos frente às necessidades das culturas, a concentração de nutrientes relativamente baixa, em comparação aos fertilizantes minerais, o grande volume de resíduos que encarece e dificulta o transporte e a distribuição de forma homogênea, o conhecimento técnico acerca da quantidade, época e modo de aplicação, além das preocupações ambientais (WESTERN et al., 2005).

Para que o N aplicado ao solo na forma orgânica possa ser aproveitado pelas plantas, é necessário que ocorra sua mineralização por meio de hidrólise enzimática

produzida pela atividade da microbiota do solo, liberando para a solução do solo íons inorgânicos de N (HAIM, 2009).

Quanto à influência da adubação orgânica na produção de compostos químicos dos óleos essenciais, Sales et al., (2009), estudando hortelã do campo, encontrou um ajuste linear onde cada kg de adubo orgânico adicionado, obteve um incremento de 0,0034 g planta⁻¹.

Luz e outros (2014) concluíram que para a produção industrial de citral (neral + geranial), a partir de erva cidreira verdadeira (*Melissa officinalis* L.), a adubação orgânica seria fator imprescindível para garantir a melhor produção de biomassa e consequentemente, deste constituinte. Para Silva e outros (2010) estudando o cultivo de gerânio na região nordeste brasileira, obteve valores de até 31,22% de citronelol e de até 20,63% de geraniol com adubação orgânica. Assim, concluiu que os teores de citronelol e geraniol demonstram certa afinidade com a adubação orgânica.

Com aumento das dosagens de esterco, maiores teores de N e Mg estarão disponíveis e, consequentemente, maior atividade fotossintética ocorrerá; o K em maior disponibilidade eleva a translocação de açúcares para as regiões de crescimento; o fósforo fornece energia para diversos processos metabólicos ligados ao crescimento das plantas, além de outros nutrientes importantes como os micronutrientes ferro, manganês e cobre que ativam diversas enzimas (CORREA et al., 2010).

Nalepa e Carvalho (2007) também encontraram resultados em que o rendimento de metabólitos foi influenciado pela produção de biomassa por área, e estabeleceram a relação de que quanto mais folhas ou ramos, mais óleo poderá ser obtido. Como o uso da adubação orgânica proporcionou aumento de biomassa, o rendimento de óleo essencial foi proporcional ao aumento de biomassa por área.

Os resultados anteriores podem ser conclusivos para diversas culturas aromáticas principalmente para ganhos em biomassa, mas ainda são necessários mais estudos para estabelecer a relação do metabolismo secundário, no caso, os óleos essenciais, com a nutrição de plantas e o uso de fertilizantes, já que outros experimentos não tiveram as mesmas relações.

Por exemplo, para Fernandes e outros (2004) não houve alteração significativa entre os óleos essenciais obtidos de plantas de manjerição, em função dos sistemas de cultivo, evidenciando a regulação genética da biossíntese dessas substâncias. Correa e colaboradores (2010) ressaltaram que a recomendação de adubos orgânicos visando teor

e rendimento de óleo depende da fonte e da dosagem, além de estar relacionada ao genótipo da espécie.

Portanto, espera-se da pesquisa científica mais discussões sobre estabelecimento das relações solo-planta e metabolismo secundário, assim como, as melhores formas de recomendar e assegurar que a adubação orgânica de plantas medicinais e aromáticas pode ser uma opção viável diante de fatores econômicos, técnicos, sociais e ambientais da produção agrícola.

2.6 Adubação organomineral e plantas aromáticas

É prática agrícola comum misturar no sulco ou na cova de plantio os fertilizantes orgânicos com os minerais. Consultando-se o Boletim 200 ou o Boletim 100 (RAIJ et al., 1985) do Instituto Agrônomo de Campinas, se observará a preocupação dos técnicos em indicar a mistura dos fertilizantes orgânicos com os minerais para a garantia de melhores e maiores colheitas. Os fertilizantes minerais que recebem tratamentos artificiais para dificultar sua solubilização no solo são classificados como "adubos de disponibilidade controlada". Os fertilizantes orgânicos já possuem naturalmente seu nitrogênio com disponibilidade controlada (SOUSA, 2014).

Com o atual incremento na produção brasileira da plasticultura, a adubação organomineral tende a ser ainda mais utilizada. O uso de produtos organominerais em forma líquida, pulverizados via foliar, ainda é recente dentro da olericultura, tendo até o momento poucas informações de como estes produtos podem agir e influenciar na produtividade e qualidade das hortaliças, medicinais e aromáticas (FILGUEIRA, 2008).

A adubação via organomineral proporciona menor risco de murchamento no evento de veranico, já que ele contém menos sais minerais e ainda os têm condicionados pela matéria orgânica. O murchamento indesejável das plantas ocorre quando os sais do fertilizante mineral, assim dissolvidos na solução do solo, em concentração mais elevadas que a da seiva das raízes provoca a desidratação por osmose e causa a plasmólise das células. A matéria orgânica associada ao fertilizante mineral, compondo o organomineral, diminui a possibilidade de ocorrer incompatibilidades físicas ou químicas entre os componentes do adubo inorgânico (SOUSA, 2014).

Outra vantagem do fertilizante organomineral é o seu efeito sobre a adsorção de fósforo (P) no solo, processo bastante conhecido na literatura. Existem diversos fatores envolvidos neste processo, como quantidade de óxidos de Fe, Al e Ca, teor de argila,

mineralogia predominante, teor de alumínio trocável, pH e teor de matéria orgânica (PRADO, 2009). Em razão do caráter aniônico apresentado pela matéria orgânica, esta pode reduzir a adsorção do P, visto que a decomposição desse material favorece a produção de OH^- , o qual compete com os íons fosfatos pelos sítios de adsorção (NOVAIS et al., 2007).

Mazur e outros (1983) estudando o efeito da matéria orgânica na disponibilidade do fósforo do superfosfato triplo, associando composto de lixo domiciliar a esse fertilizante, verificaram um aumento de 57% no teor de fósforo assimilável devido a essa associação. Dessa forma, uma maneira de proteger o fertilizante fosfatado da adsorção do P seria misturá-lo ao fertilizante orgânico, de forma que o adubo orgânico possa envolvê-lo, evitando que, quando aplicado no solo, reaja livremente com o cálcio, ferro, manganês e alumínio, formando fosfato insolúvel (KIEHL, 2008) e permitindo que a matéria orgânica aumente a disponibilidade do P às raízes das plantas (DUARTE et al., 2011).

De maneira geral, a aplicação combinada entre fertilizantes mineral e orgânico promovem maior eficiência que o uso de qualquer um separadamente. Isso se deve à ausência de alguns nutrientes essenciais para as plantas em um dos tipos de fertilizantes, podendo ser supridas pelo uso combinado com o outro tipo de fertilizante e pode ainda conter maior quantidade desses nutrientes que se encontra ausente (SOUSA, 2014).

Para a cultura de plantas aromáticas, o uso de fertilizantes organominerais é recente e inovador, podendo ser promissor devido aos benefícios que esses fertilizantes causam ao solo. Sua utilização pode ser uma alternativa viável para propiciar maior rendimento dessas culturas e melhor qualidade da produção de óleo essencial.

2.7 Cultivo protegido

A necessidade de proteção das plantas, principalmente quanto ao clima desfavorável, é o principal fator que motiva os produtores a recorrerem à utilização das estufas nas mais variadas regiões do planeta. Entre as vantagens do cultivo protegido, estão controle total ou parcial de aspectos ambientais como a velocidade do vento, radiação solar, umidade relativa do ar e do solo, evapotranspiração, temperatura interna, proteção do efeito direto e impacto das chuvas, lixiviação de nutrientes, além de fortalecer os conceitos de qualidade total, competitividade por melhores produtos no mercado, oferta programada e produtos diferenciados (PAULUS, 2005).

A maior temperatura interna de um ambiente agrícola protegido e fechado é devido à maior difusão da radiação e parcial retenção da radiação solar dentro do ambiente, com menor incidência da radiação direta, uma vantagem ideal para locais com clima muito frio ou com temperaturas muito baixas (FERNANDES et al., 2004).

Adicionalmente ao controle de aspectos ambientais, o uso do ambiente protegido proporciona redução de estresses fisiológicos das plantas, um melhor desenvolvimento das plantas, aumento da produção, da rotatividade e do período de colheita para culturas de colheita múltipla, melhoria na qualidade de produção e a possibilidade de maior eficiência no controle de doenças e pragas (ANDRIOLO et al., 2005).

Antes da implantação de uma área para cultivo protegido, é importante verificar alguns detalhes, como nicho de mercado, tipo de cultura, características e exigências da cultura, tipo de estrutura necessária como túnel alto ou baixo, e também, condições do solo, incidência de ventos, orientação da estufa, luminosidade, topografia, escoamento das águas das chuvas (PAULUS, 2005).

Botrel et al., (2010) estudando hortelã do campo em estufa, encontrou que o constituinte químico majoritário do óleo essencial das plantas cultivadas em campo foi o germacra-4 (15),5,10(14)- trien-1 α -ol, enquanto que o das plantas cultivadas em casa de vegetação foi o γ -muuroleno. A diferença dos componentes dos óleos essenciais das plantas revela que o ambiente de cultivo é um fator importante para o teor e a composição química do óleo volátil, demonstrando a forte relação entre essas variáveis.

Resende (2010) avaliando épocas, ambientes e adubações para *Ocimum basilicum* (manjeriçã) relatou que as plantas cultivadas no outono e no inverno em ambiente protegido, apresentaram maior altura e maior biomassa em relação à primavera e ao verão. Costa e outros (2012) comparando a produção de óleo essencial de hortelã-pimenta sob campo aberto e diferentes tipos de malhas, concluíram que os óleos essenciais das plantas cultivadas a pleno sol apresentavam maior teor de mentol, enquanto que plantas sob as malhas preta e azul apresentaram maiores teores de mentofurano.

Busca-se também reconhecer o comportamento dessas espécies em situações de maior temperatura, maior umidade do ar e do solo ou em diferentes níveis de radiação, entre outras características do cultivo protegido. Em meio às diversidades microclimáticas em que as aromáticas podem ser cultivadas, essa técnica pode oferecer vantagens para a garantia da produção.

REFERÊNCIAS

- AFTAB, T.; et al. Optimizing nitrogen levels combined with gibberellic acid for enhanced yield, photosynthetic attributes, enzyme activities, and artemisinin content of *Artemisia annua*. **Front. Agric. China**, Beijing, v.5, n.1, p.51–59, 2011.
- ALVAREZ-CASTELLANOS, P.P.; PASCUAL-VILLALOBOS, M.J. Effect of fertilizer on yield and composition of flower head essential oil of *Chrysanthemum coronarium* (Asteraceae) cultivated in Spain. **Ind. Crops Prod.**, Netherlands, v.17, n. 2, p.77–81, 2003.
- ANDRIOLO, J. L.; et al. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 781-787, jul/ago, 2005.
- ASHRAF, M.; ALI, Q.; IQBAL, Z. Effect of nitrogen application rate on the content and composition of oil, essential oil and minerals in black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds. **J. Sci. Food Agric.**, v. 86, n.1, p.871–876, 2006.
- ATTRA.NATIONAL SUSTAINABLE AGRICULTURE INFORMATION SERVICE. **Lavender Production, Products, Markets, and Entertainment Farms**. 2006. Disponível em <<http://attra.ncat.org/attra-pub/lavender.html>>. Acesso em 22 ago. 2011.
- AZIZI, A.; YAN, F.; HONERMEIER, B. Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. **Industrial Crops and Products**, Netherlands, v.29, n.1, p.554–561, 2009.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, United Kingdom, v. 46, n.2, p. 446-475, 2008.
- BAYDAR, H. Lavender: medicinal and aromatic plant. **Science and Technology**, Suleyman Demirel University Press, v.3, n.51, p. 274-278, 2009.
- BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Layer Studio, 2009, 160p.
- BIENVENU, F. **Lavender growing for oil production**. Agriculture Notes. 2009. Disponível em <<http://catalogue.nla.gov.au/Record/4224587>>. Acesso em dez.2013.
- BOMBARDA, I. et al. Comparative chemometric analyses of geographic origins and compositions of lavandin var. Grosso essential oils by mid infrared spectroscopy and gas chromatography. **Analytica Chimica Acta**, Netherlands, v.613, p.31-9, 2008.
- BOTREL, P.P.; et al. Variações no teor e na composição volátil de *Hyptis marrubiioides* epl. cultivada no campo e em casa de vegetação. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 1, p.33-37, 2010.

BUSTAMANTE, FML. **Plantas medicinales y aromaticas**. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 1993, 365 p.

CARDOSO, M.G.; SHAN, A.Y.K.V.; PINTO, J.E.B.P.; DELÚ FILHO, N.; BERTOLUCCI, S.K.V. **Metabólitos secundários vegetais: visão geral química e medicinal**. Lavras: UFLA, 2001, 81 p.

CASSELLA, S.; CASSELLA, J.P.; SMITH, I. Synergistic antifungal activity of tea tree (*Melaleuca alternifolia*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils against dermatophyte infection. **International Journal of Aromatherapy**, France, v.12, n.1, p.2-15, 2002.

CHU, C.J.; KEMPER, J.K. Lavender (*Lavandula* spp). **Longwood Herbal Task Force**, 2001. 32p.

CIANCIO, N.H.R. **Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral**. 2010. 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

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. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.12, n.1, p.80-89, 2010.

COSTA et al. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.4, p.534-540, 2012.

DAIS. DIRECTORATE AGRICULTURAL INFORMATION SERVICES - Department of Agriculture, Forestry and Fisheries South Africa. **Lavender production**. 2009. Disponível em<<http://www.daff.gov.za>>Acesso em 11 ago. 2012.

DALLA COSTA, M.A. Processo de produção agrícola da cultura da camomila no município de Mandirituba, PR. **Scientia agrária**, UFPR, v.3, n.1, p.113-132, 2002.

DDTD. DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES DE LA DROME - **Etude stratégique des filières agricoles drômoises** - Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales, Diataé: Montpellier. 2010. 80p.

DUARTE, I.N.; et al. Fontes mineral e orgânica de fósforo e a disponibilidade desse nutriente para o solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 33, 2011. **Anais...**Uberlândia: SBCS, CD-ROM.

DUDAREVA, N.; et al. Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Crit. Rev. Plant Sci.**, v. 25, n. 1, p.417–440, 2006.

DUSTIN, C.D.; COOPER-DRIVER, G.A. Changes in phenolic production in the hay-scented fern (*Dennstaedtia punctilobula*) in relation to resource availability. **Biochemistry Systemic Ecology**, United Kingdom, v.20, n.3, p. 99–106, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 2009. 627 p.

FERNANDES, P.C.; et al. Cultivo de manjerição em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.260-264, 2004.

FAQUIN, V. & VALE, F.R. Toxidez de alumínio e de manganês. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n. 170, p-28-38, 1991.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FLORES, G. et al. Enantiomeric composition studies in *Lavandula* species using supercritical fluids. **Journal of Separation Science**, Germany, v. 28, p. 2333-2338, 2005.

GLOBO. GLOBO COMUNICAÇÕES E PARTICIPAÇÕES S.A. Produtor de Monte Verde investe no cultivo de lavanda. Disponível em :<<http://globotv.globo.com/eptv-sp/jornal-da-eptv-2a-edicao-sul-de-minas/v/produtor-de-monte-verde-investe-no-cultivo-de-lavanda/2780592/>>. Acesso em 25 out. 2013.

GOBBO-NETTO, L., LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-81, 2007.

HAIM, P.G. **Perdas de Nitrogênio por Volatilização e Lixiviação Provenientes de Fertilizantes Granulados NK e NS**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2009. 72p.

IPEA – Comunicados do Ipea: **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: Diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores**. Brasília: IPEA, 2012. 145p.

KAPOOR, R.; GIRI, B.; MUKERJI, K.G. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. **Bioresource Technology**, United Kingdom, v. 93, n.1, p.307–311, 2004.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes organominerais**. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2008. 160p.

LEAL, J.D.Y. et al. Cânfora: um bom modelo para ilustrar técnicas de RMN. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2053-2056, 2007.

LIS-BALCHIN, M. **Lavender: the genus *Lavandula***. Taylor and Francis Inc., New York, 2002, 268p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de. **Plantas ornamentais do Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. 1123 p.

LUZ, J.M.Q.; SILVA, S.M.; HABBER, L.L.; MARQUEZ, M.O.M. Produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. em diferentes épocas, sistemas de cultivo e adubações. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, v.16, n.3, p.552-556, 2014.

MARTINS, M.B.G. Caracterização anatômica da folha de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (Poaceae) e perfil químico do óleo essencial. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.6, n.3, p. 2004-2009, 2004.

MAY A; et al. Produtividade da biomassa de melissa em função de intervalo de cortes e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, p.312-316, 2008.

MAZUR, N.; SANTOS, GA; VELLOSO, AC.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **Revista de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.153-156, 1983.

McNAUGHTON, V. **Lavender: the growers guide**. Portland (USA): Timber Press, 2006. 192p.

NALEPA, T.; CARVALHO, R.I.N. Produção de biomassa e rendimento de óleo essencial de camomila cultivada com diferentes doses de cama-de-aviário. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.8, p.161-167, 2007.

NOVAIS, R.F.; JOT SMYTH, T.; NUNES, F.N. Fósforo. In: In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.550p.

ÖZGÜVEN, M.; et al. Effects of varying nitrogen doses on yield, yield components and artemisinin content of *Artemisia annua* L. **Ind. Crop. Prod, Netherlands**, v. 27, n.1, p.60–64. 2008.

PAULUS, E. Substratos na produção hidropônica de mudas de hortelã. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p.48-50, 2005.

PERES, L.E.P. **Metabolismo secundário de plantas**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Piracicaba, São Paulo, 2008, 15 p.

PRADO, G.R. **Supersfosfato Simples contendo fosfato de ferro de baixa solubilidade aplicado em solos de várzea do rio Grande do Sul**. 2009.79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Solos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

PRAKASA, R.A.O. et al. Effect of nitrogen and harvest stage on the yield and oil quality of *Tagetes minuta* L. in tropical India. **Journal of Herbs. Spices and Medicinal Plants**, USA, v.7, n.1, p.19-24, 2000.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAIJ, B.; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, JR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1985. 107p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RAMEZANI, S.; REZAEI, M.R.; SOTOUDEHNIA, P. Improved Growth, Yield and Essential Oil Content of Basil Grown under Different Levels of Phosphorus Sprays in the Field. **Journal of Applied Biological Sciences**, Turkey, v. 3, n.2, p.105 – 110, 2009.

RESENDE, R.F. **Produção agronômica e óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum* cv Maria Bonita) em diferentes sistemas e épocas de cultivo**. 2010, 50f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 2010.

RIBEIRO, P. G. F.; DINIZ, R. C. **Plantas aromáticas e medicinais: cultivo e utilização**. Londrina: IAPAR, 2008. 218 p.

ROSAL, L.F.; et al. Produção vegetal e de óleo essencial de boldo pequeno em função de fontes de adubos orgânicos. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n.5, p. 670-678. 2011.

SEKEROGLU, N; OZGUVEN, M. Effects of different nitrogen doses and plant densities on yield and quality of *Oenothera biennis* L. grown in irrigated lowland and un-irrigated dryland conditions. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Turkey, v.30, n.1, p.125–135, 2006.

SELLAMI, I.H.; et al. Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). **Industrial Crops and Products**, Netherlands, v.30, n.1, p. 395–402, 2009.

SIFOLA, M.I.; BARBIERI, G. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.108, n.1, p. 408–413, 2006.

SILVA, A.C.; et al. Influência da cor do mulch plástico e da adubação no teor, rendimento e composição do óleo essencial de gerânio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.3193-3200, 2010.

SINGH, M.; SHARMA, S. Influence of irrigation and nitrogen on herbage and oil yield of palmarosa (*Cymbopogon martinii*) under semi-arid tropical conditions. **European Journal of Agronomy**, Netherlands, v. 14, n.1, p.157–159, 2001.

SOUSA, R.T.X. **Fertilizante organomineral para produção de cana-de-açúcar**. 2014. 87f. Tese (Doutorado em Agronomia, Solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

URWIN, N. Improvement of lavender varieties by manipulation of chromosome number. **Rural industries research and development corporation**, Australia, v.08, n. 200, p.0- 20, 2009.

VALMORBIDA, J.; et al. Rendimento e composição química de óleos essenciais de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v.8, n.2, p. 56-61, 2006.

WESTERN, P. W.; BICUDO, J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresource Technology**, London, v.96, n.2, p.215-221, 2005.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO NA BIOMASSA E ÓLEO ESSENCIAL DE LAVANDA (*Lavandula dentata* L.)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos sistemas de cultivo e da adubação na produção de biomassa, teor, rendimento e composição química do óleo essencial de *Lavandula dentata* L. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições, sendo as parcelas dois sistemas de cultivo (estufa agrícola e campo) e as subparcelas, dois tipos de fertilizantes (mineral e orgânico). O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger modificado. Foram avaliadas produtividade de biomassa, teor, rendimento e composição química de óleo essencial. A análise da composição química do óleo essencial foi realizada em CG/EM/DIC. Sobre o sistema de cultivo, a estufa agrícola apresentou maior biomassa de flores e folhas de lavanda em relação ao campo, mas em quanto à adubação não houve diferença estatística entre os adubos utilizados. Sobre a produção de óleo, as plantas cultivadas na estufa agrícola apresentaram maior teor e rendimento de óleo essencial de flores e folhas. Ao todo, foram identificadas 21 substâncias no óleo essencial e entre os principais compostos, 1,8-cineol, cânfora e fenchona totalizaram 80% da composição química. Os constituintes majoritários não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos testados.

Palavras-chave: *L. dentata*, estufa agrícola, adubação orgânica, condições tropicais.

ABSTRACT

CROP SYSTEMS AND FERTILIZATION ON LAVENDER (*Lavandula dentata* L.) BIOMASS AND ESSENTIAL OIL.

The objective of this work was to evaluate the influence of crop systems and fertilizer on biomass production, content, yield and chemical composition of the essential oil of *Lavandula dentata* L. The experimental design was a randomized complete block design in a split plot with five replications, testing two crop systems (field and greenhouse) and two types of fertilizers (mineral and organic). The essential oil was extracted by hydrodistillation in a modified Clevenger apparatus. Were available biomass productivity and content, yield and chemical composition of essential oil. The essential oil analysis was by GC/MS/FID. About the crop system, greenhouse showed higher biomass of flowers and leaves in relation to the field, but fertilization did not differ statistically. About the production of essential oil, plants growing in the greenhouse showed higher yield of flowers and leaves essential oil. Twenty one substances were identified in the essential oil of flowers and leaves of lavender. Among the major compounds 1,8-cineole, camphor and fenchone amounted to 80% of the oil chemical composition. The major components of essential oil do not differ between crop system and fertilizers.

Keywords: *L. dentata*, greenhouse, organic nutrition, tropical conditions.

1 INTRODUÇÃO

Originada da região do Mediterrâneo na Europa, *Lavandula dentata* é uma planta perene que possuem folhas e flores aromáticas, cultivada praticamente no mundo inteiro e também no Brasil. Atualmente, é utilizada na aromaterapia e na fitoterapia, em paisagismo e na culinária, devido, principalmente às propriedades terapêuticas que possui (BIASI; DESCHAMPS, 2009).

Originalmente, são plantas que se desenvolvem melhor em solos arenosos, preferencialmente bem drenados e até mesmo pedregosos. *L. dentata*, por estar mais adaptada a condições semelhante às tropicais, também podem ser cultivadas em solos argilosos com altitudes acima de 1000 m, desde que se apresentem bem drenados. Uma das exigências para seu cultivo é a faixa necessária para o fator pH acima de 6,0 (McNAUGHTON, 2006).

Segundo Sangwan et al. (2001), a aplicação de fertilizantes para o cultivo de plantas aromáticas normalmente afeta a produção de óleos essenciais, mas é necessário avaliar as exigências de cada espécie, bem como, o manejo adequado e a fonte de adubação.

Dentre os fatores de estresse que podem interferir na composição química da planta, a nutrição merece destaque, pois a deficiência ou o excesso de nutrientes pode interferir na produção de biomassa e na quantidade de princípio ativo (MAPELI et al., 2005).

Sabe-se que a adubação orgânica pode interferir na produção e nos constituintes químicos desejáveis e não desejáveis dos óleos essenciais, sendo necessário o estabelecimento das relações adequadas de C:N, de compostos residuais e micronutrientes, para favorecer altas concentrações de compostos aromáticos desejáveis (RAIJ, 2011).

O carbono orgânico adicionado ao solo pela aplicação dos compostos favorece inúmeros processos microbiológicos relacionados com mineralização e liberação de nutrientes para as plantas, fixação de nitrogênio (simbiótica e não simbiótica) e a decomposição de resíduos orgânicos (SINGH, 2011).

Estudos têm demonstrado a influência dos compostos orgânicos na produção dos óleos essenciais de aromáticas. Como exemplo, aumentos no teor de óleo após a aplicação de composto orgânico foram observados em manjerição (*Ocimum basilicum* L.) (SIFOLA; BARBIERI, 2006) e manjerona (*Origanum manjerona*) (GHARIB et al.,

2008). Essa relação de ganho em produção de óleo essencial e adubação orgânica, ainda não foi completamente estabelecida para a cultura da lavanda, mas de acordo com cultivos comerciais da Europa, sabe-se da sua exigência em fontes de N para florescimento (YOUSEFZADEH et al., 2013).

Quanto aos sistemas de cultivo, como cultivo protegido permite o controle de aspectos ambientais como a velocidade do vento, radiação solar, umidade relativa do ar e do solo, temperatura interna e lixiviação de nutrientes (ANDRIOLO et al., 2005). Logo, acredita-se ser uma vantagem o uso desta técnica para proporcionar melhores condições para o cultivo de aromáticas não nativas, como a lavanda, principalmente durante a época chuvosa nas condições do cerrado brasileiro.

Além disso, torna-se importante conhecer as respostas de culturas aromáticas, geralmente cultivadas em campos abertos, em situações de cultivo protegido. Essas respostas podem permitir a descoberta de nichos de cultivo, a produção de espécies não nativas e garantir o fornecimento de flores e seus produtos de qualidade.

Como estudos sobre a influência de adubos orgânicos e sistemas agrícolas na cultura da lavanda são muito escassos, objetivou-se com este trabalho, avaliar o efeito desses fatores na biomassa e óleo essencial de lavanda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações da Horta da Fazenda Experimental do Glória (18°57' S e 48°12' W), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como Aw (megatérmico), apresentando durante o ano duas estações bem definidas, inverno seco e verão chuvoso.

Durante o experimento, foram registradas temperaturas médias de 24°C (máxima de 31°C e a mínima de 17°C) e umidades relativas (UR) entre 75 e 80% (TABELA 2).

TABELA 2. Valores registrados de temperatura, umidade, radiação solar e precipitação na Fazenda Experimental do Glória, entre os meses do experimento.

	Temperatura Mínima °C	Temperatura Média °C	Temperatura Máxima °C	Radiação solar Mj dia ⁻¹	Umidade Relativa (%)	Precipitação mm
2011						
Out	16	23	30	22	72	136,60
Nov	17	24	31	23	74	150,00
Dez	18	23,5	29	18	80	210,00
2012						
Jan	18	23,5	29	17	85	223,50
Fev	16	23	30	16	84	192,20

2.2 Instalação dos experimentos

O experimento foi instalado entre os meses de outubro de 2011 a fevereiro de 2012, durante a estação chuvosa. As parcelas foram de três linhas de sete plantas, sendo a parcela útil constituída pelas cinco plantas centrais.

Os espaçamentos utilizados foram 50 cm entre linhas e 50 cm entre plantas, com 30 cm de bordadura entre parcelas. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), em parcela subdividida com cinco repetições, testando dois sistemas de cultivo (estufa agrícola e campo) e dois tipos de adubação (mineral e orgânica). A espécie de lavanda cultivada foi *Lavandula dentata* L. (quimiotipo cineol-cânfora).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) (EMBRAPA, 2013). A coleta da amostra do solo foi realizada numa profundidade de 0 a 20 cm, em vários pontos da estufa e do campo. De acordo com as análises dos solos, o campo e a estufa agrícola apresentavam as seguintes características: campo pH 6, P = 90 mg dm⁻³, K = 105 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 3,3 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 0,9 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0 cmol_c dm⁻³, H+Al = 3,2 cmol_c dm⁻³, SB = 4,93 cmol_c dm⁻³, T = 8,13 cmol_c dm⁻³, V = 60,6 %, M.O. = 3,5 dag kg⁻¹ e C.O. = 2,1 dag kg⁻¹; Estufa pH 6,1, P = 250 mg dm⁻³, K = 214 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 6,1 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 2,6 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0 cmol_c dm⁻³, H+Al = 3,8 cmol_c dm⁻³, SB = 9,1 cmol_c dm⁻³, T = 12,9 cmol_c dm⁻³, V = 70,8 %, M.O. = 6,0 dag kg⁻¹ e C.O. = 3,2 dag kg⁻¹. Não foi necessária a aplicação de corretivo nos solos em estudo.

Foi feito o preparo do solo das duas áreas com microtrator Tobata acoplado à enxada rotativa. Em seguida, foi feita a marcação das parcelas e a formação dos sulcos para adubação e plantio das mudas. Quanto às mudas, foram obtidas mudas por propagação vegetativa a partir de estaquia apical.

As mudas foram produzidas nas instalações do Viveiro Nativa, produtor de mudas e flores da cidade de Holambra, SP, e trazidas para a Fazenda do Glória um dia antes do transplântio. O transplântio ocorreu quando as mudas apresentavam entre 10 e 15 cm de comprimento, aos 45 dias após a propagação. Vale ressaltar que para a correta identificação da espécie em estudo, foi registrada uma exsicata no Herbário da UFU com exemplares de flores e folhas da *L. dentata* sob registro de número 68.063.

Durante o experimento, a irrigação realizada foi por tubo gotejador, com vazão de 2,3 L h⁻¹, com espaçamento de 0,75 x 0,75m. Foi aplicada uma lâmina de água diária durante 90 minutos para o estabelecimento das mudas. Para o crescimento da cultura, a irrigação ocorreu a cada dois dias durante 60 minutos. Nos dias chuvosos a irrigação não foi realizada. O controle de plantas infestantes foi feito por catação manual ou limpeza por enxada, sem uso de herbicidas. Não houve aplicação de produtos fitossanitários nas parcelas durante todo o período do experimento na área em estudo.

2.3 Aplicação e características dos fertilizantes

As doses dos fertilizantes foram baseadas em recomendações para plantas medicinais e aromáticas, conforme Martins e Figueiredo (2009) para adubação orgânica e Boletim 100 do Instituto Agrônomo de Campinas para adubação mineral.

Na adubação orgânica foram utilizados 40 t ha¹ de esterco bovino curtido para os dois sistemas de cultivo. Foi retirada uma amostra do esterco bovino curtido para caracterização química (TABELA 3). Na adubação mineral foram utilizados 250 kg ha⁻¹ de NPK (4-14-8) e 100 kg ha⁻¹ de KCl.

TABELA 3. Análise do esterco bovino curtido usado no experimento em 2012.

Análise	Unidade	Base seca 110°C	Umidade natural
pH CaCl ₂ 0,01M (Ref. 1:2,5)	pH	----	6,10
Densidade	g cm ⁻³	----	0,42
Umidade Total	%	----	10,64
Nitrogênio Total	%	1,97	1,76
Mat. Orgânica Total (Combustão)	%	85,73	76,61
Mat. Orgânica Compostável (Titulação)	%	60,01	53,62
Mat. Orgânica Resistente a Compostagem	%	25,72	22,99
Carbono Total (Orgânico e Mineral)	%	47,63	42,56
Carbono Orgânico	%	33,34	29,79
Resíduo Mineral Total	%	14,37	12,84
Resíduo Mineral Insolúvel	%	3,81	3,40
Resíduo Mineral Solúvel	%	10,57	9,44
Relação C/N (C Total e N Total)	----	24/1	24/1
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	----	17/1	17/1
Fósforo (P ₂ O ₅ Total)	%	0,52	0,46
Potássio (K ₂ O Total)	%	2,18	1,95
Cálcio (Ca Total)	%	2,39	2,14
Magnésio (Mg Total)	%	0,21	0,19
Enxofre (S Total)	%	0,12	0,11
Boro (B Total)	mg kg ⁻¹	40,00	36,00
Cobre (Cu Total)	mg kg ⁻¹	18	16
Ferro (Fe Total)	mg kg ⁻¹	3243	2898
Manganês (Mn Total)	mg kg ⁻¹	54	48
Zinco (Zn Total)	mg kg ⁻¹	48	43
Sódio (Na Total)	mg kg ⁻¹	504	450

2.4 Colheita e avaliações de biomassa, teor, rendimento e composição química de óleo essencial

A colheita da lavanda foi realizada em fevereiro de 2012. Foram feitos cortes até 10 cm do solo para análise de flores e folhas. Foi realizada uma única colheita de toda a parte aérea. Em seguida, foram avaliadas biomassa de folhas e de flores, teor, rendimento e composição química de óleo essencial.

O material colhido ainda fresco foi levado para o Laboratório de Fitotecnia do Campus Umuarama para pesagem e armazenamento em freezer, a fim de avaliar a biomassa de folhas e flores.

Para extração de óleo essencial, foram utilizadas amostras de 100 g de folhas e flores frescas de cada parcela útil para a avaliação do teor e do rendimento de óleo

essencial. As extrações foram realizadas por hidrodestilação, com o uso de aparelho tipo Clevenger modificado conforme Sodré (2007), e o rendimento de óleo essencial foram calculados, multiplicando-se o teor de óleo essencial pela biomassa de flores ou folhas produzidas no local do experimento, de acordo com a metodologia de Singh (2011).

As análises da composição química do óleo essencial foram realizadas no Laboratório de Cromatografia da Universidade Federal de Sergipe.

As análises foram realizadas utilizando um CG/EM/DIC (GCMSQP 2010 Ultra, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com um amostrador com injeção automática AOC-20i (Shimadzu). As separações foram realizadas em uma coluna capilar de sílica fundida Rtx®-5MS Restek (5%-difenil-95%-dimetilpolisiloxano) 30 m x 0,25 mm de diâmetro interno, 0,25 µm de espessura de filme, em um fluxo constante de Hélio 5.0 com taxa de 1,0 mL min⁻¹.

A temperatura de injeção foi de 280 °C, 1,0 µL (10 mg mL⁻¹) de amostra foi injetado, com uma razão de *split* de 1:30. A programação de temperatura do forno iniciou-se a partir de 50 °C (isoterma durante 1,5 min), com um aumento de 4 °C min⁻¹, até 200 °C, em seguida, a 10 °C min⁻¹ até 300 °C, permanecendo por 5 min. Para o CG/EM as moléculas foram ionizadas por ionização por elétrons com energia de 70 eV.

Os fragmentos analisados por um sistema quadrupolar programado para filtrar fragmentos/íons com *m/z* na ordem de 40 a 500 Da e detectados por um multiplicador de elétrons. O processamento de dados foi realizado com software CGMS Postrun Analysis (Labsolutions- Shimadzu).

O processo de ionização para o CG/DIC foi realizado pela chama proveniente dos gases hidrogênio 5.0 (30 mL min⁻¹) e ar sintético (300 mL min⁻¹). As espécies coletadas e a corrente elétrica gerada foi amplificada e processada. O processamento de dados foi realizado utilizando o software CG Postrun Analysis (Labsolutions- Shimadzu).

A identificação dos constituintes foi realizada com base na comparação dos índices de retenção da literatura (ADAMS, 2007). Para o índice de retenção foi utilizada a equação de Van den Dool e Kratz (1963), em relação a uma série homóloga de *n*-alcanos (*n*C₉- *n*C₁₈).

Também foram utilizadas três bibliotecas do equipamento WILEY8, NIST107 e NIST21 que permite a comparação dos dados dos espectros com aqueles constantes das bibliotecas utilizando um índice de similaridade de 80%.

2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram inicialmente testados quanto às pressuposições de normalidade dos resíduos (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade entre as variâncias (Teste de Levene), utilizando o programa SPSS (SPSS, 2008). As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância (Teste F), e em seguida, comparadas pelo Teste de Tukey, com auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008), a 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produtividade de biomassa

Não foi observada interação significativa entre sistemas de cultivo e tipos de adubação para produtividade de folhas e flores de lavanda (TABELA 4 e ANEXO). O cultivo protegido apresentou melhores produtividades em relação ao campo (35% superior) sendo significativo apenas para as folhas.

Vale ressaltar que a produtividade de folhas foi muito menor comparado a dados de cultivos comerciais de lavanda, pois o experimento foi conduzido por apenas um ciclo. Nas Figuras 1 e 2 pode-se observar a condução do experimento no campo e na estufa.



FIGURA 1. Produção de lavanda no campo, 90 dias após o plantio durante o experimento de 2012, Uberlândia, MG.



FIGURA 2. Produção de lavanda na estufa, 90 dias após o plantio durante o experimento de 2012, Uberlândia, MG.

TABELA 4. Produtividade de biomassa (kg ha^{-1}) de *L. dentata* sob cultivo protegido e adubação orgânica na Fazenda do Glória em 2012.

FOLHAS				FLORES		
----- kg ha ⁻¹ -----						
Adubação	Estufa agrícola	Campo	Média	Estufa agrícola	Campo	Média
Mineral	2243.1	1472.7	1857.9a	219.8	162.7	191.3a
Orgânica	2450.7	1588.4	2019.5a	270.8	176.7	223.8a
Média	2346.9A	1530.5B		245.3A	169.7B	
DMS sistema	641.5			82.13		
DMS adubação	405.7			35.54		

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, se diferem pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

Na França, a produtividade de *L. angustifolia* obteve valores máximos de 6 t ha⁻¹ de flores para uma população de 15 mil plantas por hectare, em lavouras com 6 anos de idade (ONNIPAM, 2008). Os valores de referência de lavandas mais produtivas em relação à *L. dentata*, demonstram a necessidade de mais estudos para verificar como melhorar o desempenho dessa cultura nas condições tropicais.

As condições do cultivo protegido possivelmente favoreceram o controle da umidade do solo e da redução dos efeitos adversos do clima. Essas características foram muito importantes, uma vez que as lavandas são exigentes em solos bem drenados para cultivo.

Em adição ao controle de aspectos ambientais, a estufa eventualmente reduziu o estresse fisiológico das plantas, assegurando uma maior produção, bem como a melhoria na qualidade de produção.

Em relação às adubações, entre os nutrientes mais exigentes para essa cultura, está o nitrogênio (N), que pode garantir maiores produtividades, se for fornecido adequadamente à cultura.

No caso da adubação orgânica, o nitrogênio do solo advém dos processos de decomposição da matéria orgânica (ácidos orgânicos e huminas), por meio da fixação biológica de bactérias saprofíticas, que atuam entre os processos de nitrificação e mineralização de fórmulas amoniacaais, disponibilizando N lentamente às plantas (KIEHL, 2008).

Mais ainda, esse processo ativa a microbiota do solo e aumenta o número de cargas negativas entre os argilominerais, que resultam em maior capacidade de troca de cátions, maior equilíbrio do pH da solução e maior retenção de umidade.

Apesar de não haver diferença significativa entre as adubações testadas, observa-se que são muito importantes os resultados a curto prazo, que a adubação mineral pode alcançar frente às culturas de ciclo curto e altamente exigentes em nutrientes, principalmente, na agricultura moderna, onde também o melhoramento genético está associado a essa ferramenta.

Mas a longo prazo, os benefícios dos compostos orgânicos para conservação da microbiota do solo e também proporcionar a disponibilidade natural de nutrientes às plantas, devem ser considerados.

3.2 Teor, rendimento e composição química do óleo essencial

Quanto ao óleo essencial de folhas de lavanda (TABELA 5), não foi obtida interação significativa entre os sistemas de cultivo e adubações, mas os resultados mostraram que o cultivo na estufa garantiu maior teor e rendimento em relação ao campo. Neste caso, as plantas com adubo mineral tiveram significativamente maior teor de óleo em relação ao adubo orgânico.

TABELA 5. Teor e rendimento de óleo essencial de massa fresca de folhas e flores de plantas de *L. dentata*, sob cultivo protegido e adubação orgânica na Fazenda do Glória em 2012.

TEOR DE ÓLEO ESSENCIAL				RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL		
--- % ---				kg ha ⁻¹		
FOLHAS						
Adubação	Estufa	Campo	Média	Estufa	Campo	Média
Mineral	0.812	0.590	0.701a	17.93	8.56	13.25a
Orgânica	0.586	0.526	0.556b	14.26	8.31	11.28a
Média	0.699A	0.558A		16.10A	8.43B	
DMS sistemas	0.185			4.73		
DMS adubação	0.081			2.05		
FLORES						
Adubação	Estufa	Campo	Média	Estufa	Campo	Média
Mineral	0.810	0.410	0.610a	1.784	0.680	1.23a
Orgânica	0.748	0.380	0.564a	2.204	0.674	1.43a
Média	0.779A	0.395B		1.99A	0.67B	
DMS sistemas	0.198			1.15		
DMS adubação	0.205			0.778		

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, se diferem pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

Resultados semelhantes foram encontrados para o óleo essencial de flores, já que também não houve interação significativa entre sistemas de cultivo e adubações. Os maiores teores e rendimentos foram no plantio da estufa. As adubações não diferiram significativamente.

ONIPPAM (2008) apresentou dados de campos de lavanda com produtividades médias de 71 kg ha⁻¹ de óleo essencial obtidos do híbrido lavandin, altamente produtivo. Essa média foi referente a 2000 produtores com área de aproximadamente 13200 ha, produzindo 1000 toneladas de óleo essencial, em lavouras com pelo menos 10 anos de idade.

Segundo Sangwan e colaboradores (2001) fatores edafoclimáticos podem alterar o teor de óleo essencial, onde dias longos de sol favorecem o florescimento, porém períodos de chuva e nublados, durante o florescimento, reduzem o acúmulo de óleo

essencial, o que pode ter ocorrido neste experimento. Novamente, as condições controladas na estufa proporcionaram ganhos em produtividade para a lavanda em relação ao campo no período chuvoso.

Quanto à adubação, o fertilizante mineral possivelmente disponibilizou os nutrientes mais rapidamente ao solo em relação à adubação orgânica. Isso pode ter desencadeado mais rapidamente as vias bioquímicas para a produção de óleo essencial nos tricomas glandulares, elevando o teor de óleo nas flores e significativamente nas folhas.

Por outro lado, comparando com lavouras comerciais de lavanda com até 15 anos de produção, as características da adubação orgânica podem trazer maiores fertilidades ao solo a longo prazo, em relação à adubação mineral.

É fato que o teor de óleo essencial é controlado geneticamente (NALEPA; CARVALHO, 2007), mas pode sofrer influências do ambiente externo e responder indiretamente à presença de minerais no solo. E as formas iônicas de N, P e K prontamente disponíveis na solução do solo, participaram e ativaram enzimas e reações do metabolismo primário e do secundário das plantas de lavanda.

Isso pode ter resultado em maior armazenamento de óleo essencial nos tricomas glandulares. No entanto, como o rendimento de óleo não depende apenas do teor, mas também da biomassa por área, mesmo que a adubação mineral tenha elevado o teor de óleo, não garantiu maior rendimento desse produto final, não se diferenciando da adubação orgânica.

Para outras espécies aromáticas, os efeitos da adubação orgânica foram significativos no rendimento de óleo essencial. Para patchouli, a aplicação de 5 t ha⁻¹ de cobertura orgânica aumentou o rendimento de óleo essencial em 70,5 % em relação a plantas que não receberam nenhum tratamento.

Os autores atribuíram o aumento da produção de óleo essencial por melhores condições edáficas, incluindo o maior teor de umidade do solo e presença de compostos orgânicos de carbono, proporcionados pela matéria orgânica. As taxas de síntese desses terpenos em muitas espécies são dependentes dos níveis de assimilação de carbono (SINGH et al., 2002).

Em hortelã-do-campo, verificou-se maximização do rendimento de óleo essencial em solos adubados com compostos orgânicos, com um ajuste linear, sendo que, para cada kg de adubo orgânico adicionado, houve um incremento de 0,0034 g planta⁻¹ (SALES et al., 2009).

Para Santos e outros (2009) também estudando o rendimento de óleo essencial de *Hyptis marrubiioides*, a aplicação de 15 t ha⁻¹ de esterco bovino induziu o aumento do rendimento total de óleo essencial em 10,3% em relação à testemunha. Este fato pode estar relacionado à quantidade de nitrogênio presente no esterco, sendo este nutriente o responsável pelo crescimento vegetativo das plantas.

O rendimento de óleo essencial extraído de biomassa seca foliar de *Ocimum selloi* aumentou com as doses de adubo, atingindo o valor máximo de 3,45 kg ha⁻¹ com 80 t ha⁻¹ de esterco bovino e 4,65 kg ha⁻¹ com 40 t ha⁻¹ de esterco avícola, confirmando que pode haver incremento no rendimento de óleo essencial por planta com o aumento dos níveis de nutrientes disponíveis no solo (COSTA et al., 2008).

Nas plantas de boldo pequeno (*Plectrantus barbatus*), a quantidade de óleo por planta, nos tratamentos fertilizados com esterco avícola foi, em média, 11,36 vezes maior em relação ao das plantas que não foram adubadas. Entre as fontes de adubo, o esterco avícola foi 1,76 e 4,59 vezes maiores que o esterco bovino e o composto orgânico, respectivamente (ROSAL et al., 2011).

Como atualmente existe uma tendência em considerar o cultivo orgânico e teor de matéria orgânica no solo, principalmente nos cultivos tropicais, como condicionador de solo e indicador da fertilidade natural, a escolha do adubo pode ser relacionada à melhoria das condições do solo e da maior presença dos nutrientes durante maior período de tempo de cultivo.

Foram identificadas mais de 20 substâncias no óleo essencial de flores e de folhas da lavanda (TABELA 6). Entre os majoritários, foram observados 1,8-cineol, fenchona e cânfora (FIGURAS 3 e 4), totalizando até 80% da composição química.

Foi também observado que as folhas apresentaram maiores médias de 1,8-cineol em relação às flores, enquanto que as flores apresentaram maiores médias de cânfora em relação às folhas.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bousmaha e outros (2005), em *L. dentata*, observou que a composição do óleo essencial de toda parte aérea comparado ao de folhas e ramos apenas apresentou teores superiores de 1,8-cineol (36,4%), b-pineno (8,1%), limoneno (3,9%), enquanto que a composição do óleo essencial das flores, apresentou baixos teores destes constituintes, sendo de 21,5% de 1,8-cineol, 6% de β-pineno e 2,5 % de limoneno.

Considerando que os constituintes 1,8-cineol e cânfora conferem ao óleo essencial de *L. dentata* propriedades medicinais devido à ação antifúngica e bactericida, respectivamente.

No presente estudo as folhas também podem ser utilizadas para a produtividade de óleo essencial desta espécie tendo em vista que os teores foram semelhantes aos observados nas inflorescências (MASETTO et al., 2011).

As análises estatísticas dos compostos majoritários não se diferiram significativamente entre sistemas de cultivo e tipos de adubação, e ambos os cultivos favoreceram a produção dos constituintes majoritários do óleo essencial (TABELA 6).

TABELA 6. Porcentagem média relativa (% CG-DIC) dos compostos encontrados no óleo essencial de flores e folhas de lavanda (*L. dentata*) cultivada sob diferentes sistemas e adubações em 2012.

FLORES					FOLHAS				
	ESTUFA		CAMPO		ESTUFA		CAMPO		
Composto	Org. ^{NS}	Min. ^{NS}	Org. ^{NS}	Min. ^{NS}	Org. ^{NS}	Min. ^{NS}	Org. ^{NS}	Min. ^{NS}	IRR Lit
α -pineno	0,52	1,67	0,69	1,00	1,83	2,12	1,90	1,16	932
β -pineno	1,17	2,89	1,24	2,00	2,69	3,00	2,63	1,84	974
Limoneno	0,40	1,18	0,29	0,72	0,94	1,47	1,26	0,68	1024
1,8-cineol	44,89	43,86	40,18	40,55	37,6	42,60	39,42	37,86	1026
Fenchona	14,96	12,88	15,84	14,58	14,0	13,67	15,23	14,51	1083
Linalol	1,15	1,38	0,86	1,47	2,42	2,23	1,66	1,95	1095
endofenchol	11,35	6,74	8,94	8,38	12,3	9,06	11,00	12,69	1114
transpinocarveol	1,11	0,89	0,69	0,80	0,92	0,81	0,85	0,91	1135
Cânfora	26,44	22,04	26,03	21,73	20,9	18,44	19,48	19,13	1141
Borneol	3,08	2,22	2,22	2,79	2,97	2,22	0,29	2,69	1165
terpinen-4-ol	0,29	0,21	0,67	0,53	0,41	0,28	0,22	0,44	1174
Criptona	0,33	0,32	-	0,41	1,34	0,35	0,98	1,04	1183
α -terpineol	1,28	1,22	0,67	1,28	0,68	0,7	0,64	0,78	1186
Mirtenal	0,61	0,61	0,36	0,60	0,61	0,97	0,95	1,08	1195
β -eudesmol	1,07	0,32	0,71	0,73	0,86	0,74	0,61	0,34	1649

*Médias seguidas por letras distintas minúsculas se diferem entre as adubações e por letras maiúsculas entre os sistemas de cultivo. Ns: não significativo. Org.: adubação orgânica; Min.: adubação mineral.

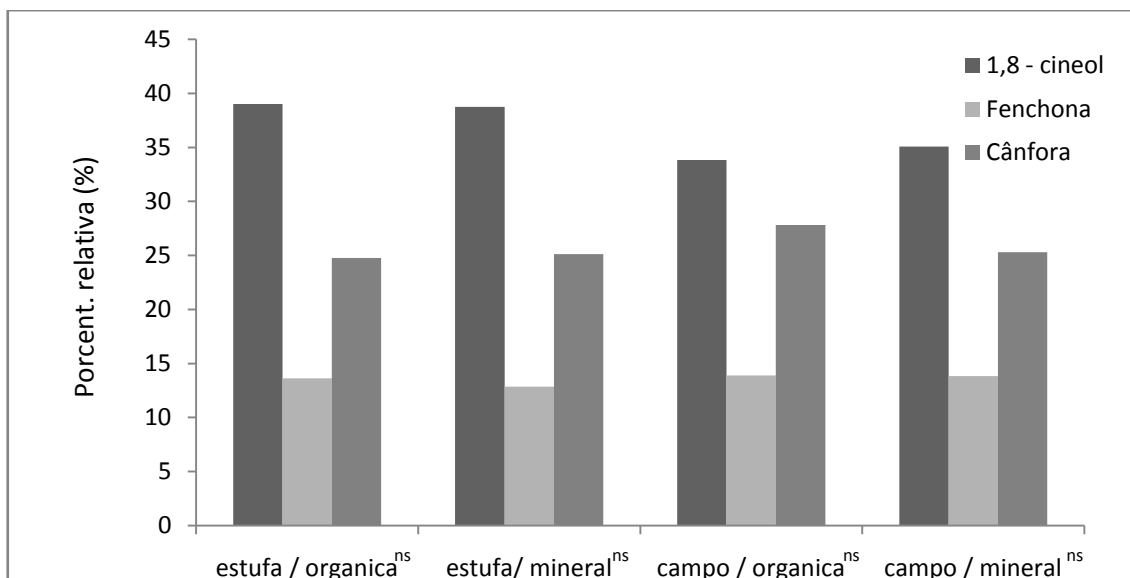


FIGURA 3. Média (%) dos compostos majoritários do óleo essencial das flores de *L. dentata* sob interação de diferentes sistemas de cultivo e adubação. Ns: não significativo.

Já para Sodré (2007) estudando a interferência de crescentes doses de adubação mineral e orgânica na composição química do óleo essencial de *Melissa officinalis*, observou que o aumento das doses de esterco diminuiu a produção de citronelal, e na dose máxima de 80 t ha⁻¹, houve um aumento a produção de geraniol, linalol e citronelol em plantas secas.

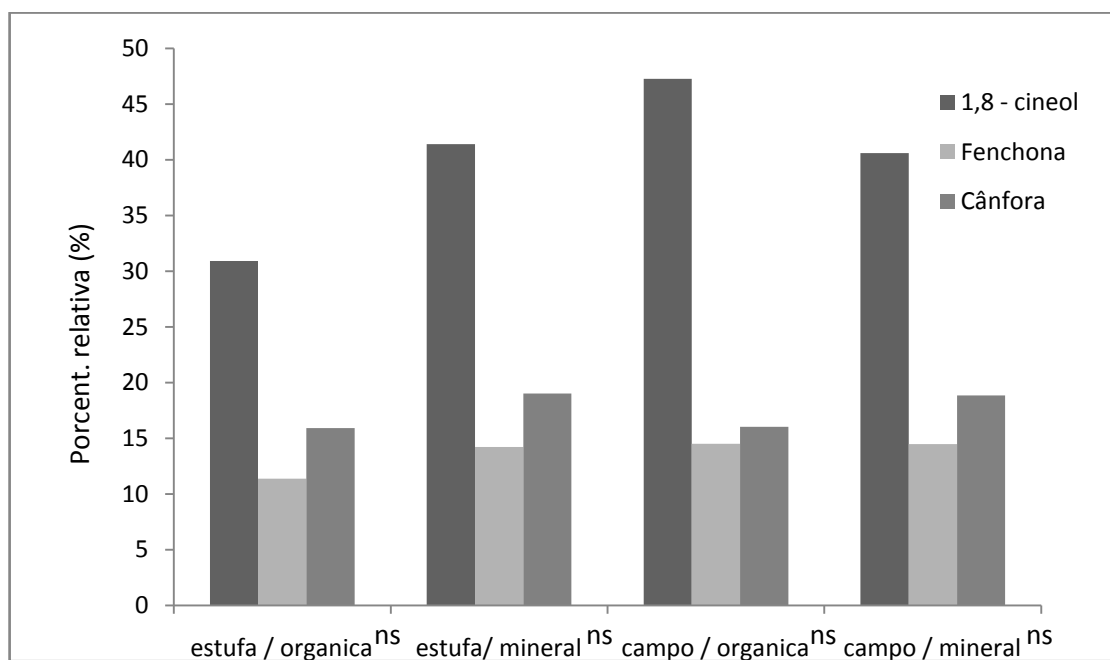


FIGURA 4. Média (%) dos compostos majoritários do óleo essencial das folhas de *L. dentata* sob interação de diferentes sistemas de cultivo e adubação. Ns: não significativo.

Pelos resultados observados, os tratamentos não influenciaram significativamente na produção dos constituintes majoritários, apesar de maiores médias de 1,8-cineol nas folhas no campo em relação às da estufa. Possivelmente, a maior presença de radiação solar no campo proporcionou essa diferença, apesar da maior ocorrência de dias nublados durante o período chuvoso.

A intensidade luminosa é um fator que influencia a concentração bem como a composição química dos óleos essenciais. Como exemplo, para o desenvolvimento dos tricomas glandulares, estruturas vegetais que biossintetizam e armazenam o óleo essencial, é necessária a presença de luz (MORAIS, 2009).

A maior produção de metabólitos secundários sob altos níveis de radiação solar é explicada devido ao fato de que as reações biossintéticas são dependentes de suprimentos de esqueletos carbônicos, realizados por processos fotossintéticos e de compostos energéticos que participam da regulação dessas reações (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Enfim, entre os resultados observados, durante estação chuvosa a condução da cultura da lavanda na estufa agrícola pode proporcionar maiores rendimentos de óleo essencial e produtividade de biomassa.

4 CONCLUSÕES

O ambiente protegido proporciona maior produtividade de lavanda.

A produção de biomassa, teor, rendimento e composição química de óleo essencial de lavanda são significativamente alteradas pelo tipo de adubação.

A adubação mineral influencia positivamente no teor de óleo essencial das folhas.

A adubação orgânica não influencia no teor e na produção dos constituintes majoritários do óleo essencial da lavanda.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2007. 479p.
- ANDRIOLO, J. L.; et al. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 781-787, jul/ago, 2005.
- BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Layer Studio, 2009, 160p.
- BOUSMAHA, L. et al. Advances in the chemical composition of *Lavandula dentata* L. essential oil from Algeria. **Journal of Essential Oil Research**, USA, v.17, p.292-5, 2005.
- 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, 2008.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013.306p.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR**: sistema de análises de variância de dados balanceados: Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Versão 4.3. Lavras: UFLA, 2008.
- GHARIB, F.A.; MOUSSA, L.A.; MASSOUD, O.N. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. **International Journal of Agriculture and Biology**, Pakistan, v.10, n.2, p.381–387, 2008.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes organominerais**. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2008, 160p.
- MAPELI, N. C.; et al. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 32-37, 2005.
- MARTINS, E. R.; FIGUEIREDO, L. S. Cultivo de plantas medicinais. IN: LEITE, J. P. V. **Fitoterapia**: bases científicas e tecnológicas. São Paulo: Atheneu, 2009. p.143-167.
- MASSETO, M.A.M.; et al. Teor e composição do óleo essencial de inflorescências e folhas de *Lavandula dentata* L. em diferentes estádios de desenvolvimento floral e épocas de colheita. **Rev. bras. plantas med.**, Botucatu, v.13,n.4, 2011.
- McNAUGHTON V. **Lavender**: the grower's guide. Portland (USA): Timber Press, 2006, 192 p.

MORAIS, L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, p.4050-4063, 2009.

NALEPA, T.; CARVALHO, R.I.N. Produção de biomassa e rendimento de óleo essencial em camomila cultivada com diferentes doses de cama-de-aviário. **Scientia Agraria**, UFPR, v.8, n.2, p.161-167, 2007.

ONIPPAM. OFFICE NATIONAL INTERPROFESSIONAL DES PLANTS À PARFUM, AROMATIQUES ET MÉDICINALES. **Evaluation du plan de relance de la production Française d'essence de lavande**. Revisado em ago. 2008. Disponível em <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00399135/document>>. Acesso em jan 2013.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

ROSAL, L.F.; et al. Produção vegetal e de óleo essencial de boldo pequeno em função de fontes de adubos orgânicos. **Rev. Ceres**, Viçosa, v.58, n.5, p.670-678, 2011.

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**, Uberlândia, v.25, n.1, p.60-68, 2009.

SANGWAN, N.S.; FAROOQI, A.H.A.; SANGWAN, R.S. Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v.34, p.3-21, 2001.

SANTOS, M.F.; et al. Esterco bovino e biofertilizante no cultivo de erva-cidreira-verdadeira (*Melissa officinalis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.11, n.4, p.355-359, 2009.

SIFOLA, M.I.; BARBIERI, G. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.108, n.1, p.408–413, 2006.

SINGH, M. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth, yield and nutrient uptake of patchouli [*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.] in a semi-arid tropical climate. **Journal of Spices and Aromatic Crops**, Indian, v. 20, n. 1, p.48-51, 2011.

SINGH, M.; SHARMA, S.; RAMESH, S. Herbage, oil yield and oil quality of patchouli [*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.] influenced by irrigation, organic mulch and nitrogen application in semi-arid tropical climate. **Industrial Crops and Products**, Netherlands, v.16, n.2, p.101–107, 2002.

SODRE, AB. **Biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de *Melissa officinalis* em função de adubação orgânica e mineral**. 82f. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. 2007.

SPSS v.17.00 **SPSS**. Chicago, Illinois, 2008. CD-ROM

TAIZ L; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ed. Artmed. 2009. 720p.

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

YOUSEFZADEH, S.; et al. Effects of Azocompost and urea on the herbage yield and contents and compositions of essential oils from two genotypes of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in two regions of Iran. **Food Chemistry**, United Kingdom, v.138, n.1, p.1407–1413, 2013.

CAPÍTULO 3

SISTEMAS DE CULTIVO E ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL NA BIOMASSA E ÓLEO ESSENCIAL DE LAVANDA (*Lavandula dentata* L.)

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de verificar o efeito do cultivo protegido e da adubação organomineral na produção de óleo essencial de lavanda. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas referentes às adubações e as subparcelas referentes às colheitas de flores, com quatro repetições. Os experimentos foram conduzidos simultaneamente no campo e na estufa agrícola. Os tratamentos foram constituídos de diferentes doses de fertilizante organomineral formulado em NPK (10-10-10) com 8 % de carbono orgânico, a partir da recomendação de 500 kg ha⁻¹, sendo 100% (T1), 80% (T2), 60% (T3), 40% (T4) e 20% (T5), além da adubação mineral recomendada de 500 kg ha⁻¹ do formulado em NPK (10-10-10) (T6). As variáveis analisadas foram massa fresca de flores e folhas, teor, rendimento e composição química do óleo essencial. Foram realizadas quatro colheitas para análise das variáveis. A produtividade de biomassa (flores e folhas) de *L. dentata* foi maior no período chuvoso na estufa agrícola e maior no campo no período de estiagem. As colheitas sucessivas da lavanda resultaram em aumento de produtividade de flores e rendimento de óleo essencial. No campo e na estufa agrícola, a soma das produtividades das colheitas sucessivas resultaram em mais de 6 t ha⁻¹ e 8 t ha⁻¹ de biomassa, respectivamente. Foram encontradas mais de 20 substâncias no óleo essencial de *L. dentata* e os majoritários foram 1,8-cineol, fenchona e cânfora. Os dois tipos de fertilizantes proporcionaram incrementos à produção de 1,8-cineol. A composição química do óleo essencial da lavanda é afetada pelas condições do cultivo e épocas de colheitas.

Palavras-chave: *L. dentata*, nutrição, tecnologia de fertilizantes, épocas de colheita.

ABSTRACT

PROTECTED CULTIVATION AND ORGANIC-MINERAL FERTILIZATION ON LAVENDER BIOMASS AND ESSENTIAL OIL

This study aimed to verify the effect of organic mineral fertilization on agronomic production and lavender essential oil. The experimental design was a randomized block design, in a split plot that means fertilizers and harvests, with four replications. The treatments consisted of different doses of organic mineral fertilizer formulated in NPK (10-10-10) with 8 % organic carbon, through the recommendation of 500 kg ha⁻¹, being 100% (T1), 80 % (T2), 60 % (T3), 40 % (T4) and 20 % (T5), beyond the recommended 500 kg ha⁻¹ formulated in NPK (10-10-10) (T6) mineral fertilizer. The variables studied were fresh weight of flowers and leaves, content, yield and composition of essential oil. Four harvests were made during and after flowering to analyze the variables. The yield of biomass (leaves and flowers) of *L. dentata* under protected conditions was better in the rainy season and better in the field during the winter season. Successive harvests of lavender increased the productivity of flowers and the essential oil yield. In the field and in the greenhouse, the productivities of biomass resulted in more than 6 t ha⁻¹ and 8 t ha⁻¹, respectively. Were found more than 20 substances in the essential oil of *L. dentata* and the majority were 1,8-cineole, camphor and fenchone. The two types of fertilizer provided increments the production of 1,8-cineole. The composition of essential oil is affected by the crop conditions and the seasons of harvests.

Keywords: *L. dentata*, nutrition, fertilizer technology, season of harvest.

1 INTRODUÇÃO

L. dentata é uma espécie de lavanda pertencente à família Lamiaceae, originária da região do Mediterrâneo, sendo um pequeno arbusto perene de até 90 cm de altura, cultivada comercialmente nos campos da Europa (França, Bulgária, Romênia), América do Norte (EUA) e regiões de altitudes na América Central e do Sul (RIBEIRO; DINIZ, 2008), com o objetivo de produção em escala industrial para obtenção de óleo essencial de alta qualidade utilizado na perfumaria (VERMA, 2010).

Entre as principais características da cultura, pode-se citar a resistência à seca, alta rusticidade, exigindo boa drenagem do solo, baixa ou média precipitação, mas podem ser cultivadas em solos argilosos com altitudes acima de 1000m, desde que apresentem uma boa drenagem (McNAUGHTON, 2006).

Atualmente, a participação do Brasil na cadeia produtiva de óleos essenciais é extremamente baixa. O Estado do Paraná é o único que se destaca pela produção de camomila e outras aromáticas, em área aproximada de cinco mil hectares. Por ser uma área em crescimento, principalmente no campo científico, as culturas aromáticas ainda necessitam muito de estudos sobre adaptações e produção nas condições climáticas brasileiras (DALLA-COSTA, 2002).

O cultivo de aromáticas está sujeito aos mesmos problemas fitotécnicos, como manejo, irrigação, nutrição, fertilidade do solo, ataque de doenças e pragas e, fundamentalmente, aos aspectos ambientais que poderão interferir na composição química dos metabólitos secundários. Nesse sentido, as características do solo e do tipo de cultivo podem influenciar a produção da biomassa e dos compostos aromáticos (SELLAMI et al., 2009).

A composição de óleos essenciais é altamente dependente da estrutura genética dos vegetais, contudo pode ser fortemente influenciada por fatores ambientais como disponibilidade hídrica, estrutura e composição do solo, temperatura e por fatores ontogênicos como período de colheita, idade da planta, floração, entre outros (BHAN et al., 2006).

A composição quantitativa e qualitativa dos metabólitos secundários das plantas é alterada acentuadamente durante as fases de crescimento. Sua produção varia de acordo com a idade das plantas, o estado reprodutivo, as opções metabólicas determinadas pelo efeito de hormônios com ciclos de síntese de substâncias

influenciada pelas estações ou horas do dia e com as condições de cultivo (CASTRO et al., 2004).

Quanto à fertilidade do solo, percebe-se a necessidade de esclarecimentos sobre vantagens e desvantagens no uso de fertilizantes minerais, orgânicos ou associados para culturas aromáticas, visando mais segurança na produção em escala e na qualidade de compostos químicos comercializados (SHEKOFTEH et al., 2013).

Efeitos positivos dos fertilizantes orgânicos associados a fertilizantes químicos, no rendimento de óleo essencial de aromáticas já foram relatados para alecrim (*Rosmarinus officinallis*) (SINGH; GULERIA, 2013), gerânio (*Pelargonium graveolens*) (RAM et al., 2003), boldo (*Plectranthus barbatus*) (ROSAL et al., 2009) e manjerição (*Ocimum basilicum* L.) (KANDEEL et al., 2002).

É provável que a capacidade do composto orgânico em fornecer macro e microelementos para o solo, de forma lenta e residual, aumentar a matéria orgânica, melhorar dinâmica da rizosfera e acelerar reações metabólicas e atividades enzimáticas, representam melhorias observadas em rendimentos de óleos essenciais (CARAVACA et al., 2002; HUSSEIN et al., 2006).

Estudando a influência da adubação orgânica associada à mineral no rendimento e composição do óleo essencial de camomila (*Camomila recutita*), Amaral e outros (2008) obtiveram níveis abaixo do normal para o composto camazuleno, com o aumento das doses testadas, apesar de obter maior rendimento de óleo essencial.

Os autores explicaram que este resultado pode estar relacionado à grande quantidade de micronutrientes, tais como Fe, Mn, Cu e Zn e macronutrientes como Ca e Mg nos adubos orgânicos utilizados.

Trabalhos realizados por Oliveira Júnior e outros (2005) demonstraram que a aplicação de adubação organomineral sem calagem na produção de mudas de arnica (*Lychnophora ericoides*) favoreceu alto rendimento, além de produção satisfatória de biomassa fresca de parte aérea.

É importante que se busque ainda mais resultados das espécies aromáticas ao dinamismo da adubação organomineral ou de adubos associados, e sua influência no comportamento dos compostos aromáticos do metabolismo secundário.

Por este motivo, objetivou-se com este trabalho verificar o efeito da adubação organomineral e do cultivo protegido na produção agronômica e óleo essencial de lavanda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Áreas experimentais

As áreas experimentais foram o campo e a estufa das instalações da Horta da Fazenda do Glória, semelhante ao experimento de 2011/2012. Os valores registrados de temperatura, umidade, radiação solar e precipitação acumulada na Estação meteorológica da fazenda estão na Tabela 7.

É possível observar a estiagem durante o crescimento da cultura, que se deu entre os meses de junho e setembro de 2013, e o retorno das chuvas durante o período de florescimento e colheita.

TABELA 7. Dados climatológicos da Estação meteorológica da Fazenda Experimental do Glória durante os meses de experimento.

2013	Temperatura máxima °C	Temperatura mínima °C	Radiação solar Mj dia ⁻¹	Umidade Relativa (%)	Precipitação mm
Março	29	18	16.74	84	254,40
Abril	27	16	16.8	81	92,20
Maio	27	13	16.7	74	113,20
Junho	26	14	14.52	78	6,00
Julho	26	12	16.7	66	0
Agosto	28	12	20.8	54	4,00
Setembro	30	15	21.2	58	22,40
Outubro	29	16	21.61	69	146,60
Novembro	29	18	24	77	87,00
Dezembro	30	18	19.14	84	210,60

2.2 Instalação dos experimentos e preparo inicial

Os experimentos foram implantados e conduzidos a partir de março de 2013, simultaneamente no campo e na estufa, e encerrados ao fim da primavera do mesmo ano, após as colheitas.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), em parcelas subdivididas no tempo, sendo as parcelas constituídas por cinco doses de adubação organomineral e um tratamento adicional com fertilizante mineral e as subparcelas, três colheitas de flores, com quatro repetições.

O espaçamento utilizado foi de 80 cm entre linhas e 50 cm entre plantas. As parcelas foram de 3 linhas de 7 plantas, sendo a parcela útil as 5 plantas da linha central. Foi utilizado 50 cm de bordadura e 50 cm entre parcelas para carreadores.

A coleta da amostra do solo foi realizada numa profundidade de 0 a 20 cm, em vários pontos da estufa e do campo. De acordo com as análises dos solos, o campo e a estufa agrícola apresentavam as seguintes características: campo pH 6,1, P = 133 mg dm⁻³, K = 169 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 4,4 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 1,1 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0 cmol_c dm⁻³, H+Al = 3,2 cmol_c dm⁻³, SB = 5,93 cmol_c dm⁻³, T = 9,13 cmol_c dm⁻³, V = 65 %, M.O. = 4,3 dag kg⁻¹ e C.O. = 2,5 dag kg⁻¹; Estufa pH 6,0, P = 220,9 mg dm⁻³, K = 194 mg dm⁻³, Ca²⁺ = 7,1 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺ = 2,5 cmol_c dm⁻³, Al³⁺ = 0 cmol_c dm⁻³, H+Al = 3,0 cmol_c dm⁻³, SB = 10,1 cmol_c dm⁻³, T = 13,1 cmol_c dm⁻³, V = 77 %, M.O. = 8,0 dag kg⁻¹ e C.O. = 4,6 dag kg⁻¹.

Com base nas análises, não foi necessária aplicação de corretivo de solo. O preparo do solo foi realizado 30 dias antes do transplântio das mudas e constituiu-se de uso de subsolador seguido de enxada rotativa acoplada ao microtrator no campo, e de apenas enxada rotativa na estufa agrícola. Em seguida, foi feita a marcação das parcelas e a formação dos sulcos de plantio das mudas.

O processo de obtenção de mudas foi semelhante ao experimento de 2011/2012, nas instalações do mesmo viveiro de Holambra. Foi feito o transplântio das mudas ao início do mês de maio de 2013, quando as mudas já apresentaram até 15 cm de comprimento.

O transplântio na estufa e no campo foi feito simultaneamente durante dois dias por toda a equipe de apoio ao experimento.

Durante o experimento, a irrigação realizada foi por tubo gotejador, com vazão de 2,3 L h⁻¹, com espaçamento de 0,75 x 0,75m. Foi aplicada uma lâmina de água diária durante 90 minutos para o estabelecimento das mudas. Para o crescimento da cultura, a irrigação ocorreu a cada dois dias durante 60 minutos.

O controle de plantas infestantes foi feito por catação manual ou limpeza por meio de enxada, sem uso de herbicidas. Não houve aplicação de produtos fitossanitários durante todo o período do experimento na área em estudo, já que não foram observadas infestações de pragas e doenças nas lavandas.

2.3 Aplicação e caracterização dos fertilizantes

Os fertilizantes minerais e organominerais de plantio foram aplicados manualmente no sulco de plantio. As adubações de cobertura foram realizadas durante o crescimento da cultura, aos 45 e 90 dias pós o plantio e entre as colheitas realizadas.

Para adubação mineral de plantio da testemunha, foi utilizada a recomendação de 500 kg ha⁻¹ de NPK 10-10-10 para cultura da lavanda, baseada em plantios comerciais de lavanda da Espanha (BUSTAMANTE, 1993; McNAUGHTON, 2006).

Esse fertilizante foi formulado no Laboratório de Adubos da Universidade Federal de Uberlândia, utilizando os seguintes granulados: uréia, MAP e cloreto de potássio. Para adubação de cobertura foi utilizada a recomendação de 100 kg ha⁻¹ de uréia durante o crescimento e entre as colheitas.

Para os tratamentos com adubação organomineral de plantio, partiu-se da mesma recomendação da adubação mineral, porém utilizando o formulado organomineral com NPK de 10-10-10, com as seguintes características: 10 % de nitrogênio total, 10% de P₂O₅, 10% de potássio total, 8% de carbono orgânico, umidade 10%, ph igual a 6, densidade de 0,9 g cm⁻³ e CTC de 175,5 mmol kg⁻¹.

Os tratamentos consistiram das seguintes doses 100% (T1), 80% (T2), 60% (T3), 40% (T4) e 20% (T5). Para adubação de cobertura aplicou-se 100 kg ha⁻¹ do formulado organomineral 26-0-0, seguindo as mesmas doses dos tratamentos, com as seguintes características: 26 % de nitrogênio total, 8% de carbono orgânico, ph igual a 5,5, umidade 8%, densidade de 0,8 g cm⁻³ e CTC de 145,9 mmol kg⁻¹.

O fertilizante organomineral peletizado foi fabricado na Empresa de adubos orgânicos Geociclo Biotecnologia S/A, a partir de um composto obtido pelo processo de compostagem. Tal composto recebe uma carga de nutrientes minerais como uréia, MAP (monoamônio fosfato) e cloreto de potássio (KCl), e passa por um processo industrial elaborado de transformação em organomineral.

Estes fertilizantes são produzidos utilizando um polímero orgânico biodegradável solúvel em água, com a função de liberar gradualmente os nutrientes. Esse polímero orgânico biodegradável retém a fase mineral do fertilizante dentro de uma matriz orgânica porosa (“pellets” de matéria orgânica).

O processo de fabricação do organomineral desenvolvido pela empresa é flexível e permite uma ampla gama de formulações diferentes de organomineral, a partir de resíduo orgânico proveniente da torta de filtro (SOUSA, 2014).

2.4 Colheita e características avaliadas

A colheita foi realizada sucessivamente após o florescimento das lavandas com o início da primavera em 2013. Ocorreram ao todo três colheitas de flores e uma colheita de folhas e ramos. As colheitas iniciais foram apenas de inflorescências, conforme recomendações para primeiro ano de produção de lavouras comerciais de lavanda (McNAUGHTON, 2006), fazendo-se cortes à altura de aproximadamente 30 cm do solo na base das inflorescências, sem cortes dos ramos de folhas, para preservar a fixação das raízes no solo. Foram colhidas as linhas centrais das parcelas.

O ponto de colheita se deu quando metade das flores da espiga estava aberta na maior parte das plantas. As colheitas se deram aos 100 dias após o plantio (15/08), aos 145 dias após o plantio (30/09) e aos 180 dias após o plantio (02/11). A última colheita foi apenas de folhas e ramos de lavandas sem flores, aos 225 dias após o plantio (15/12), para verificar a produtividade de folhas e ramos, já que não ocorreu mais florescimento e o experimento seria encerrado na fazenda. Em relação às características analisadas, foram verificadas biomassa seca de flores (três colheitas) e de folhas (uma colheita), teor, rendimento e composição química do óleo essencial.

Para a avaliação da biomassa de flores e folhas, após a colheita, o material foi levado ainda fresco para o Laboratório de Fitotecnia da UFU, pesado e armazenado em freezer, para posterior análise do teor, rendimento e composição química de óleo essencial. Para secagem, extração e composição química de óleo essencial, foram utilizadas as mesmas instalações e metodologias citadas no Capítulo 2.

2.5 Análise estatística

Primeiramente, para os experimentos independentes de campo e estufa agrícola, os dados obtidos foram testados quanto às pressuposições de normalidade dos resíduos (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade entre as variâncias (Teste de Levene), utilizando-se o programa estatístico SPSS (SPSS, 2008). Após isso, as médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância (Teste F), seguida da análise de regressão ou testes de médias, com auxílio do Software Sisvar (FERREIRA, 2008). No caso de comparação com a testemunha, foi utilizado o Teste de Dunnett, com auxílio do Software Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002). Por fim, foi realizada a análise conjunta entre experimentos de campo e estufa utilizando o Software Genes (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento de Campo

3.1.1 Biomassa, teor e rendimento de óleo essencial

Os resultados do cultivo e da colheita de lavanda no campo podem ser observados na Tabela 08 e na Figura 5. Pelas análises de regressão, em todos os resultados, não foi encontrado nenhum modelo matemático (linear, cúbico ou quadrático) que se ajustasse aos dados.

Aos 100 dias após o plantio, a produtividade de flores da testemunha foi superior a dos tratamentos, com valores próximos a 400 kg ha⁻¹. Porém, aos 100 DAP a produtividade de flores em todos os tratamentos foi significativamente inferior às colheitas de 145 e 180 DAP. Aos 145 DAP, foi obtida a maior produtividade de flores entre as colheitas, sendo possível colher mais de 1900 kg ha⁻¹ de flores, utilizando 100% da adubação organomineral, e apenas esse tratamento se diferiu significativamente da testemunha.

Já para terceira colheita de flores, aos 180 DAP, a média de produtividade de flores foi menor entre os tratamentos, os quais não se diferiram da testemunha (foram feitas comparações apenas entre colheitas de flores).

Os maiores valores de produtividade foram observados na colheita de folhas e ramos, aos 225 dias após plantio, com médias próximas a 5000 kg ha⁻¹.

Esses valores são representativos para o primeiro ano de produção de *L. dentata* nas condições do experimento, em relação ao híbrido lavandin e outras espécies de lavanda muito produtivas.

Em campos da Turquia, Kara e Baydar (2013) analisando colheitas sucessivas de lavanda entre os anos de 2009 e 2010, obtiveram médias de 5350 kg ha⁻¹ de flores para *L. angustifolia* cv. Raya e de 5647 kg ha⁻¹ para *L. x intermedia* cv. Dutch no primeiro ano de produção.

Já no segundo ano, os autores obtiveram 6595 kg ha⁻¹ de flores para *L. angustifolia* cv. Raya e de 8204 kg ha⁻¹ para *L. x intermedia* cv. Dutch.

TABELA 08. Biomassa, teor e rendimento de óleo essencial de flores aos 100, 145 e 180 DAP e de folhas e ramos aos 225 DAP, de *L. dentata* cultivadas no campo da Fazenda Experimental do Glória em 2013.

	FLORES				FOLHAS
	BIOMASSA (kg ha ⁻¹)				
Adubação Organomineral (%)	100 DAP	145 DAP	180 DAP	SOMA	225 DAP
100	307.40c	1916.59 a*	922.66b	3145.65	2935.60
80	350.67c	1604.63a	806.88b	2763.00	3004.37
60	311.25c	1643.63 a	813.16b	2768.40	4772.97
40	339.55c	1669.88 a	821.82b	2831.25	4804.90
20	272.42c	1322.09a	833.50b	2428.00	3736.34
Adub. mineral	390.76	1234.52	889.56	2514.80	3465.19
Equação (= \hat{y})	ns	ns	ns	ns	ns

	TEOR DE ÓLEO ESSENCIAL (%)				MÉDIA
100	0.61 a	0.412ab	0.42b	0.48	0.41
80	0.52a	0.515 ab	0.40b	0.47	0.51
60	0.69a	0.487 ab	0.44b	0.54	0.48
40	0.56a	0.445 ab	0.43b	0.48	0.44
20	0.52a	0.532 ab	0.43b	0.49	0.53
Adub. mineral	0.50	0.507	0.44	0.48	0.50
Equação (= \hat{y})	ns	ns	ns	ns	ns

	RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL (kg ha ⁻¹)				SOMA
100	1.77c	7.50a	3.59b	12.9	11.47
80	1.82c	8.28a	3.00b	13.1	15.16
60	2.13c	7.93a	3.47b	13.5	22.86
40	1.87c	7.47a	3.28b	12.6	21.76
20	1.45c	7.31a	3.06b	11.8	19.26
Ad.mineral	1.507	6.166	3.412	11.01	17.47
Equação (= \hat{y})	ns	ns	ns	ns	ns

¹Médias seguidas por letras, minúsculas na linha se diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Significativo pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade.



FIGURA 5. Experimento de campo de lavanda, conduzido no ano de 2013 e colheita da linha central.

A soma das produtividades médias de todas as colheitas de flores e folhas pode resultar em mais de 6000 kg ha⁻¹. Por isso, os valores de produtividades atingidos no presente estudo demonstram a viabilidade de mais estudos sobre o comportamento e a produção de lavanda nas condições brasileiras, principalmente de outras espécies e cultivares mais produtivas dessa cultura para maior obtenção de óleos essenciais.

O intervalo de tempo entre as colheitas é um fator muito importante para definir a produtividade total de uma cultura. O rendimento de biomassa e de óleo essencial da planta pode ser modificado em função dos fatores climáticos na época da colheita. Aliado a isso, o tempo de rebrota pode influenciar os valores reais de massa fresca e seca, assim como o rendimento e teor dos óleos essenciais (BLANK et al., 2012).

Em estudo realizado com tomilho (*Thymus vulgaris*), Badi e colaboradores (2004) testando colheitas em três períodos (início da floração, plena floração e pós floração, verificaram que as colheitas realizadas em menor tempo de desenvolvimento foram mais rentáveis, tanto para biomassa quanto para rendimento e teor de óleo essencial.

Como no presente estudo, o aumento na produtividade de flores entre colheitas sucessivas é fato comumente observado em cultivos de lavanda em todas as regiões do mundo, sendo que normalmente os produtores atingem até a segunda colheita, não realizando a terceira colheita.

Quanto às baixas produtividades de primeiro ciclo, isso é explicado pelo processo de obtenção de mudas na implantação da lavoura, que é normalmente realizado por propagação vegetativa, e com isso, as plantas apresentam enraizamento lento inicial, com baixa absorção de nutrientes e, conseqüentemente, baixa produção vegetal nos primeiros anos.

Supõe-se que as condições do campo para essa espécie de lavanda garantiram boas colheitas sucessivas, bom estabelecimento de plantas no solo, bom enraizamento, e ainda, produtividades maiores às de regiões nativas da *L. dentata*, justificado principalmente pelo aumento do fotoperíodo, com o início da primavera até o fim do experimento.

Quanto ao desempenho dos fertilizantes, a adubação mineral teve um bom desempenho na primeira colheita de flores, aos 100 DAP. Isso pode estar relacionado à rápida disponibilidade dos nutrientes no solo por essa adubação, sendo facilmente assimiláveis pelas plantas, com rápidas respostas após a aplicação (RAIJ, 2011).

Contudo, o mesmo não ocorreu na colheita de 145 dias após o plantio. Mesmo com aplicação da adubação de cobertura entre colheitas, principalmente, devido à irrigação da cultura e o início do período chuvoso, ocorreu maior solubilidade dos nutrientes no solo e, conseqüentemente, uma rápida perda dos nutrientes para camadas mais profundas do solo. Nesse momento, a adubação organomineral foi melhor significativamente, na dose máxima do adubo.

Como o organomineral é preparado com síntese de minerais com matéria orgânica, o nitrogênio desta funciona com disponibilidade controlada, enquanto o nitrogênio do fertilizante mineral é de pronta assimilação. Essa combinação ideal de diferentes disponibilidades de nutrientes é que, na maioria dos casos, permite o organomineral ser usado nas culturas de ciclo curto ou anual em uma só aplicação, sem necessidade de uma posterior cobertura nitrogenada.

Além disso, a adubação organomineral por apresentar a disponibilidade controlada dos nutrientes no solo, pode garantir maior incremento em produtividade devido à liberação gradativa dos nutrientes ao redor do sistema radicular, na medida da necessidade da planta, principalmente no período de florescimento (SOUSA, 2014).

Isso seria uma grande vantagem ao se utilizar essa tecnologia frente aos adubos minerais, principalmente para culturas perenes, fato já mencionado por Sousa (2014) na cultura da cana de açúcar, visando um maior efeito residual dos nutrientes no solo, melhorando sua fertilidade e sua relação C/N, além de economizar gastos com manejo e adubação de próximos cultivos.

Em trabalho realizado por Luz e outros (2010) com alface cv. “Vera” foi avaliada a produção de mudas e produção comercial, em função da aplicação foliar de fertilizantes organominerais líquidos (Aminoagro Raiz, Aminoagro Folha Top, Aminoagro Mol, Nobrico Star, Aminolom Foliar e Lombrico Mol 75). As mudas tratadas com Aminoagro Raiz, Aminoagro Folha Top, Aminoagro Mol e Nobrico Star tiveram maior altura, maior número de folhas e maior massa fresca da parte. Foi constatado que as mudas tratadas com Aminoagro Mol, Nobrico Star, Lombrico Mol 75 tiveram maior massa das raízes. Para produção comercial constatou-se que as plantas tratadas com os fertilizantes organominerais líquidos tiveram maior diâmetro, maior massa fresca da parte aérea e da raiz, quando comparado com a testemunha.

De acordo com a Tabela 08, observa-se que as médias de teor de óleo essencial não se diferiram entre os tratamentos com adubação e que a colheita aos 100 DAP, significativamente, apresentou o maior teor de óleo essencial em relação às colheitas

sucessivas. Com isso, pode-se constatar que a produção de óleo essencial nas flores de lavanda declinou do início do primeiro florescimento até os últimos dias de floração, na última colheita.

Wagner (1980) apresentou valores mínimos de teores de óleos essenciais de 1.0 a 1.5% de flores frescas para lavanda verdadeira (*L. angustifolia*) em campos nativos da Turquia. Ceylan e colaboradores (1988) relataram teores de óleo essencial para *L. officinalis* entre 1.26 e 3.14 %. Em dados mais recentes, Kara e Baydar (2013) apresentaram teores de óleo de flores frescas próximos de 1.28% e de 1.61% para *L. angustifolia* e *L. x intermedia*, respectivamente, proporcionando rendimentos de 70 kg ha⁻¹ e 130 kg ha⁻¹ de óleo essencial para essas espécies.

Atalay (2008) e Arabaci e Bayram (2005) citaram que o teor de óleo essencial de *L. angustifolia* variou entre 2.1 e 2.6 % e 1.54 e 2.34 %, respectivamente, retirado de flores secas. De todos, os maiores valores foram citados por Bustamante (1993), que relata que o híbrido lavandin atinge teores de óleo inicial, em média, de 0.7 a 0.9%, e ainda valores de até 3% em colheitas sucessivas.

A determinação da época de colheita de plantas medicinais e aromáticas é essencial para obter maior teor de óleo essencial e de melhor qualidade (CARVALHO FILHO et al., 2006). Morais (2009) relatou que tecidos mais jovens geralmente apresentam grande atividade biossintética, aumentando a produção de vários compostos, dentre estes, os óleos essenciais.

Para Masseto e outros (2011), houve interação entre épocas de colheita e teor de óleo essencial de *L. dentata*, sendo este significativamente superior em estágio de botão nas colheitas realizadas em janeiro e abril. Quando a colheita foi realizada em janeiro, o teor de óleo essencial das inflorescências em estágio senescente foi (85,0 %) menor em relação à colheita de abril.

Os teores superiores de óleo essencial observados em botões de *L. dentata* podem estar relacionados à proteção dos tricomas glandulares peltados pelo cálice floral, uma vez que o cálice recobre todas as estruturas florais neste estágio (WERKER, 2000), além da regulação genética desse fator.

Beus (2006) em *L. angustifolia* demonstrou teores de óleo essencial superiores em botão e em pré-antese/antese. Mas no híbrido lavandin, o teor das inflorescências em antese e senescentes foram 18,0% e 16,0% superiores ao das inflorescências no estágio de pré-antese (KALOUSTIAN et al., 2000).

Em *L. x intermedia* cv. Grosso o teor foi 62,5% superior com o desenvolvimento floral. O maior acúmulo ocorreu quando as flores apresentavam-se em 30% de antese (32,5%). Após isso o teor de óleo diminuiu 27,7% até o estágio senescente, enquanto que em *L. angustifolia* cv. Munstead a variação no teor foi menor (14,3%) durante os estádios de desenvolvimento (BOECKELMANN, 2008), o que confirma a regulação genética dessas variabilidades em respostas ao ambiente.

Quanto à adubação, resultados semelhantes foram encontrados por Blank e outros (2007), utilizando doses de biofertilizante comercial Vitassolo[®] (0; 20; 40 e 60 t ha⁻¹) para cultura de capim-limão. Os autores relataram que o teor de óleo essencial não foi influenciado pelas doses de biofertilizante.

Santos e outros (2009) utilizaram o biofertilizante líquido (organomineral Vitassolo[®]) nas doses 0, 30.000, 60.000 e 90.000 L ha⁻¹ na cultura do hortelã. Os autores encontraram que o teor de óleo essencial não foi influenciado pela interação biofertilizante e esterco bovino, nem pelas doses de biofertilizante.

Todos os resultados concordam com Masseto e outros (2011), que há uma maior regulação endógena na produção de óleo essencial nos tricomas glandulares do que a influência ímpar de fatores externos.

O rendimento de óleo essencial demonstrou semelhante comportamento estatístico dos resultados anteriores, mas com variações de produtividades entre colheitas sucessivas. Aos 145 DAP obteve-se um rendimento médio de 8.28 kg ha⁻¹ de óleo essencial a partir de 80% da adubação organomineral. As colheitas de 100 DAP e 180 DAP apresentaram resultados inferiores ao esperado devido às menores produtividades de flores, mesmo que o teor de óleo essencial não tenha se diferido estatisticamente entre as colheitas.

Aos 225 DAP é observado o maior rendimento de óleo essencial devido à maior produtividade de folhas e ramos. Vale destacar que os rendimentos de 60% da dose de organomineral estão entre os maiores valores de óleo essencial.

Bustamante (1993) relatou que o rendimento de óleo essencial do híbrido lavandin demonstrava valores de até 35 kg ha⁻¹ nos primeiros anos de cultivo, podendo atingir até 120 kg ha⁻¹ em híbridos cultivados com mais de 6 anos de colheita.

A soma dos rendimentos de colheitas de flores e folhas pode resultar em mais de 30 kg ha⁻¹ de óleo essencial, para o primeiro ano de cultivo de *L. dentata* nas condições do experimento. Esses resultados são positivos se comparados com dados anteriores, já

que cultivos conduzidos por mais de um ciclo dessa cultura, tendem a aumentar gradativamente a produtividade de biomassa e o rendimento de óleo essencial.

De acordo com Bezerra e colaboradores (2008), a colheita de plantas aromáticas tem certas particularidades que a torna diferente das outras culturas, uma vez que objetiva conciliar a máxima produção de biomassa com maior teor de metabólitos secundários. No presente estudo, como o teor de óleo essencial da segunda colheita não se diferiu estatisticamente da primeira colheita, pode-se inferir que a segunda colheita da lavanda durante o florescimento garante maior produtividade de biomassa e de óleo essencial.

3.1.2 Composição química do óleo essencial

Quanto à composição química (TABELAS 09 e 10), foram encontradas até 20 substâncias no óleo essencial de flores e folhas de *L. dentata*. Os compostos majoritários foram 1,8-cineol, fenchona e cânfora e totalizaram mais de 80% da composição, semelhante ao experimento de 2012.

A adubação com organomineral apresentou o mesmo desempenho na produção dos constituintes majoritários nas flores e folhas de lavanda, nas condições de campo. As análises estatísticas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha em todos os compostos, mas as adubações organominerais não se diferiram significativamente para 1,8-cineol e cânfora.

Para as flores, o composto 1,8-cineol apresentou um aumento significativo de 10% entre as colheitas sucessivas, partindo de 33,85% aos 100 DAP para 37,75% aos 145 DAP, sendo que 40% e 80% da dose de organomineral se diferiram significativamente da testemunha, apresentando o menor e o maior percentual de 1,8-cineol, respectivamente. Já nas folhas, o percentual desse composto atingiu valores muito altos, com médias acima de 45%, caracterizando ainda mais o quimiotipo desta espécie de lavanda.

O composto fenchona apresentou interação significativa entre adubações e colheitas. É possível observar que os tratamentos com doses menores de organomineral, tiveram melhor desempenho aos 100 DAP, e que 40% da dose de

TABELA 09. Média (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de *L. dentata* colhidas aos 100 e 145 DAP na Fazenda Experimental do Glória em 2013.

FLORES													
Composto	IRRlit	100 DAP						145 DAP					
		20%	40%	60%	80%	100%	Test.	20%	40%	60%	80%	100%	Test.
1,8-cineol	1026	36.08b	35.85b	30.86b	33.15b	33.34b	34.22	40.50a	30.50a*	37.75a	40.75a*	39.25a	37.75
Fenchona	1083	17.37aA	17.73aA	17.08aA	16.61aA	15.97aA	17.54	15.00cB*	17.75aA	15.25bcB*	16.00abA*	17.00abA*	19.75
Canfora	1141	26.24b	26.40b	26.93b	28.80b	27.41b	26.83	28.75a	36.25*a	29.50a	31.50a	32.25a	30.50
pinocarvona ^{ns}	1160	0.98	0.99	0.89	0.87	0.97	0.89	0.9	0.88	0.91	0.98	0.90	0.98
α -thujeno ^{ns}	924	2.08	2.07	2.15	1.99	1.99	2.01	2.02	2.07	2.0	2.01	2.03	2.05
Canfeno ^{ns}	946	0.67	0.65	0.54	0.56	0.68	-	0.56	0.65	0.64	0.67	-	0.67
β -pineno ^{ns}	974	3.60	3.65	3.45	3.54	3.67	3.23	3.09	3.07	3.52	3.5	3.66	3.45
Mirceno ^{ns}	988	0.30	0.28	0.23	0.21	0.21	0.12	-	-	0.23	0.37	-	0.23
o-cimeno ^{ns}	1022	0.10	0.11	0.09	0.08	0.09	0.12	0.10	0.13	0.16	0.14	0.15	0.16
Limoneno ^{ns}	1024	1.02	0.99	0.98	0.78	0.96	0.94	0.97	0.98	0.99	1.0	1.01	0.96
Silvestreno ^{ns}	1025	1.95	1.97	1.96	1.96	1.90	1.93	1.96	1.89	1.87	1.78	1.90	1.98
cis-sabineno ^{ns}	1065	0.16	0.10	0.15	0.13	0.16	0.18	0.20	0.21	0.15	0.16	0.16	0.17
Linalol ^{ns}	1095	1.98	1.98	1.96	1.94	1.95	1.90	1.88	1.87	1.84	1.98	1.98	1.90
endo-fenchol ^{ns}	1114	4.55	4.67	4.65	4.61	4.7	3.22	3.56	4.89	3.55	3.78	3.89	3.76
pinocarveol ^{ns}	1135	0.98	0.87	0.99	1.04	1.07	1.01	0.97	0.98	0.99	0.92	1.01	1.09
Borneol ^{ns}	1165	1.95	1.89	1.87	1.79	1.80	1.76	1.93	1.60	1.98	1.91	1.73	1.78
Óx. cariofileno ^{ns}	1590	1.07	1.00	0.97	0.92	1.08	1.11	1.16	1.03	0.98	0.96	0.83	0.80

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas entre as adubações e minúsculas entre as colheitas, se diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Significativo pelo Teste de Dunnett à 5% de probabilidade. Ns: não significativo.

TABELA 10. Média (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de *L. dentata* colhidas aos 180 DAP e de folhas colhidas aos 225 DAP na Fazenda Experimental do Glória em 2013.

FLORES								FOLHAS					
Composto	IRRlit	180 DAP						225 DAP					
		20%	40%	60%	80%	100%	Test.	20%	40%	60%	80%	100%	Test.
1,8-cineol ^{ns}	1026	35.00	34.55	31.75	32.257	34.18	33.17	43.88	42.02	44.13	46.63	46.45	44.45
Fenchona ^{ns}	1083	16.18	17.74	16.16	16.16	16.48	17.14	13.58	13.30	13.86	13.81	13.80	14.24
Canfora ^{ns}	1141	28.59	30.02	27.31	28.15	27.65	28.66	22.57	22.63	22.17	23.38	23.03	21.58
pinocarvona ^{ns}	1160	0.90	0.88	0.79	0.66	0.79	0.67	0.74	0.96	0.58	0.81	0.58	0.80
α -thujeno ^{ns}	924	2.06	2.18	2.17	2.05	1.79	1.49	2.31	2.12	2.07	2.08	2.15	2.73
Canfeno ^{ns}	946	0.47	0.97	0.75	0.64	0.52	0.67	0.63	0.50	0.67	0.61	0.47	0.63
β -pineno ^{ns}	974	3.40	3.62	2.78	2.75	2.94	3.47	2.93	3.00	2.67	3.42	3.58	3.36
Mirceno ^{ns}	988	0.350	0.36	0.48	0.63	0.31	0.45	0.32	0.64	0.51	0.26	0.38	0.80
o-cimeno ^{ns}	1022	0.40	0.16	0.19	0.19	0.58	0.29	0.32	0.60	0.63	0.08	0.16	0.19
Limoneno ^{ns}	1024	1.22	1.12	0.69	0.88	0.65	0.86	0.68	-	0.98	0.99	1.06	1.09
Silvestreno ^{ns}	1025	1.75	1.85	1.67	1.86	1.66	1.80	1.63	1.76	1.99	1.77	1.68	1.80
cis-sabineno ^{ns}	1065	0.26	0.36	0.18	-	0.14	0.36	0.28	0.10	0.26	0.45	0.76	0.78
Linalol ^{ns}	1095	1.48	1.98	1.68	1.96	1.64	1.95	1.90	1.84	1.89	1.84	1.98	1.98
endo-fenchol ^{ns}	1114	4.55	4.4 5	4.67	4.65	4.61	4.7	3.22	3.56	4.89	3.55	3.78	3.89
Pinocarveol ^{ns}	1135	0.98	0.78	0.87	0.79	1.04	1.17	1.04	0.97	0.98	0.99	0.32	1.01
Borneol ^{ns}	1165	1.95	1.95	1.29	1.87	1.79	1.80	1.76	1.83	1.60	1.98	1.81	1.73
Óx. cariofileno ^{ns}	1590	1.02	1.37	1.02	0.78	0.92	1.08	1.15	1.36	1.03	0.98	0.96	0.83

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas entre as adubações e minúsculas entre as colheitas, se diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Significativo pelo Teste de Dunnett à 5% de probabilidade. Ns: não significativo.

organomineral proporcionou o maior percentual do composto aos 145 DAP. Comparando os tratamentos com a testemunha, a adubação mineral teve o melhor desempenho para produção de fenchona, não se diferenciando apenas do tratamento com 40% da dose de organomineral. Os menores valores para fenchona foram observados nas folhas, onde o percentual médio atingiu menos de 14%.

Para cânfora, também houve um aumento significativo entre 100 e 145 DAP, sendo que na segunda colheita foi obtido o maior percentual do composto no tratamento com 40% da dose de organomineral, o mesmo se diferenciando significativamente da testemunha. Assim como fenchona, os menores valores de cânfora foram observados nas folhas de lavanda.

Avaliando a produção e a composição química do óleo essencial de *L. dentata* também no Brasil, Massetto e colaboradores (2011) observaram uma grande oscilação na composição entre os majoritários durante o estágio de desenvolvimento das flores durante duas colheitas realizadas, sendo que o teor de 1,8-cineol foi inferior (17,9% e 21,9%) no óleo essencial de flores em pré-antese/antese, enquanto que em estágio senescente aumentou de 20,7% na colheita de janeiro para 27% na colheita de abril.

Os resultados do presente trabalho concordam com os encontrados por Bousmaha e outros (2005). Esses autores verificaram que a época de colheita afetou o teor e composição do óleo essencial de *L. dentata*, sendo os maiores teores de β -pineno (22,2%), 1,8-cineol (3,3%), e linalol (3,1%), observados nos últimos meses do florescimento nos campos da Argélia, o que demonstra a influência da época de colheita na composição de óleo essencial.

E quanto à matéria prima para extração de óleo, no híbrido lavandin (*L. angustifolia* x *L. latifolia*), os teores de 1,8-cineol e cânfora foram 55,3% e 62,5% respectivamente superiores nas folhas, porém os teores de linalol e acetato de linalina foram superiores 92,5% e 100,0% nas flores (KALOUSTIAN et al., 2000).

Chaves (2002) avaliou o efeito da época de corte na composição do óleo essencial de folhas e inflorescências de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum*). Os resultados obtidos demonstraram que houve interferência na composição do óleo essencial em função da variação climática, apresentando as folhas como componente majoritário, o eugenol no verão, e o β - selineno e trans-cariofileno no inverno. As inflorescências apresentaram o 1,8-cineol como principal composto, com níveis baixíssimos de eugenol.

Os estágios de desenvolvimento das plantas ligados à sazonalidade do ambiente, certamente indicam alterações na produção dos metabólitos secundários. É válido ressaltar que estes fatores podem apresentar correlações entre si, não atuando isoladamente, podendo exercer influência conjunta no metabolismo secundário.

Em estudos de campo e com plantas anuais, os efeitos da sazonalidade podem ser confundidos com alterações metabólicas, sob controle do processo de desenvolvimento hormonal, controlado pela planta, devendo assim ser considerados em conjunto (BUSTAMANTE, 1993).

No presente estudo, para cineol, foi possível observar que a segunda colheita apresentou maior influência na produção deste constituinte do que os tratamentos com adubação organomineral, demonstrando melhores valores aos 145 DAP associado às maiores doses de organomineral, fato não observado aos 100 DAP.

Uma maior influência da época de colheita também ocorreu na produção de fenchona, porém as menores porcentagens estão relacionadas à segunda colheita com a menor dose de organomineral. Esses resultados opostos comprovam que os efeitos do ambiente podem agir de forma sinérgica ou não na produção de constituintes do metabolismo secundário das plantas aromáticas.

Com isso, é possível confirmar que variações temporais e espaciais no conteúdo total, bem como as proporções relativas de metabólitos secundários em plantas ocorrem em diferentes níveis (sazonais e diárias; inter e intraespecífica) e, apesar da existência de um controle genético, a expressão sofre modificações resultantes da interação de processos bioquímicos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos (NOVAK, et al., 2003).

3.2 Experimento na Estufa

3.2.1. Biomassa, teor e rendimento de óleo essencial

Semelhante ao experimento de campo, a maioria das variáveis não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos com adubação organomineral (TABELA 11 e FIGURA 6) e não foi possível ajustar os dados em um modelo matemático.

Foi observado novamente um incremento significativo da produção entre a primeira e a segunda colheita de flores, para todas as adubações, assim como o decréscimo de produção na colheita aos 180 DAP. Os resultados de produtividade de flores e folhas não se diferiram da testemunha.

A dose de 60% de adubação organomineral apresentou o melhor desempenho nas três colheitas de flores, sendo inferior à dose total apenas na produtividade de folhas. No somatório das colheitas sucessivas de flores e folhas, observa-se que o tratamento com 60% da dose de organomineral produziu mais de 8 ton ha⁻¹ de biomassa, no primeiro ciclo de produção de lavanda.

TABELA 11. Biomassa, teor e rendimento de óleo essencial de flores colhidas aos 100, 145 e 180 DAP e de folhas colhidas aos 225 DAP de *L. dentata*, cultivadas na estufa da Fazenda Experimental do Glória em 2013.

FLORES					FOLHAS
BIOMASSA (kg ha ⁻¹)					
Adubação Organomineral (%)	100 DAP	145 DAP	180 DAP	SOMA	225 DAP
100	197.18c	2059.57a	1055.20b	3311.00	4653.39
80	155.99c	1590.42a	1100.35b	2846.0	4149.55
60	292.00c	2228.65a	1352.62b	3870.00	4270.89
40	245.600c	1743.68a	1193.01b	3178.65	3991.90
20	151.21c	1841.87a	837.70b	1829.00	2800.44
Adub. mineral	191.97	2038.28	1076.47	3305.54	4199.64
Equação (= \hat{y})	ns	ns	ns	ns	ns
TEOR DE ÓLEO ESSENCIAL (%)					MÉDIA
100	0.46b	0.54a	0.48b	0.49	0.49
80	0.42b	0.64a	0.46b	0.50	0.48
60	0.26b	0.57a	0.51b	0.45	0.54
40	0.52b	0.60a	0.41b	0.51	0.49
20	0.39b	0.62a	0.61b*	0.54	0.53
Adub. mineral	0.39	0.62	0.45	0.50	0.55
Equação (= \hat{y})	ns	ns	ns	ns	ns
RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL (kg ha ⁻¹)					SOMA
100	0.75c	10.30a	4.97b	16.05	23.31
80	0.59c	10.15a	4.92b	15.7	19.93
60	0.64c	12.51a	6.30b	19.45	23.37
40	1.01c	9.27a	5.08b	15.35	19.68
20	0.52c	10.94a	4.94b	16.4	14.87
Ad.mineral	0.616	12.47	4.762	17.84	23.41
Equação (= \hat{y})	ns	ns	ns	ns	ns

¹Médias seguidas por letras, minúsculas na linha se diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Significativo pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Blank e outros (2007) utilizando doses de biofertilizante comercial Vitassolo[®] (0; 20; 40 e 60 t ha⁻¹) para cultura de capim-limão, também encontraram que a dose de 60 t ha⁻¹ proporcionou as maiores médias em sobrevivência (%), altura de planta (cm), número de perfilhos por touceira, massa seca por touceira (g) e da parte aérea (kg ha⁻¹). Com isso, pode-se inferir que os resultados são positivos porque indicam boa

produtividade de lavanda com adubação organomineral numa menor dose em relação ao recomendado.

Em termos comparativos, Kara e Baydar (2013) analisando a produção de lavandas em Esparta, na Turquia, relataram altas produtividades em colheitas sucessivas também da ordem de $8,2 \text{ ton ha}^{-1}$ do híbrido lavandin cv. Dutch, assim como valores inferiores para cv. Giant Hidcote, da ordem de 4 ton ha^{-1} de flores. Portanto, as condições do ambiente protegido foram favoráveis ao cultivo de *L. dentata*.

Os resultados encontrados permitem inferir que o controle da umidade do solo e de efeitos adversos do clima favoreceram o desempenho da cultura nas duas adubações testadas, com valores próximos ou superiores aos de campo.

Andriolo e colaboradores (2005) já relataram as vantagens do ambiente protegido em relação ao campo, pois este proporciona redução de estresses fisiológicos das plantas, um melhor desenvolvimento vegetal, propiciando aumentos da produção e do período de colheita para culturas de colheita múltipla.



FIGURA 6. Experimento de lavanda na estufa agrícola conduzido no ano de 2013.

O início do florescimento da lavanda no Brasil também foi marcado pelo início do período chuvoso. No entanto, o controle da umidade no solo pela estufa, garantiu menor lixiviação de nutrientes liberados pela diferentes fontes de adubação, disponibilizando as formas iônicas os nutrientes para as plantas, somado à alta fertilidade já relatada para a estufa.

O excesso de água no solo pode alterar processos químicos e biológicos, limitando a quantidade de oxigênio e acelerando a formação de compostos tóxicos à raiz. Por outro lado, a percolação intensa da água pode provocar a remoção de nutrientes e inibição do crescimento normal da planta (MORAIS, 2009).

Por outro lado, foi observado que o plantio da lavanda na estufa também resultou em plantas de maior altura, demonstrando que as plantas sofreram estiolamento, devido exigência dessa espécie em maior quantidade de radiação.

O estiolamento pode provocar redução na produção de flores, conforme relatado por Whitman e Padhye (2008) para *L. stoechas*. Os autores também citaram o bom desempenho da espécie em casa de vegetação.

O uso de adubos organominerais não proporcionou diferenças marcantes para o teor de óleo essencial de flores, nas colheitas de 100 e 145 DAP nas condições da estufa. Porém, na terceira colheita de flores, observou-se que o maior teor de óleo essencial foi proporcionado pela menor dose de organomineral, e o mesmo tratamento se diferiu significativamente da testemunha. E diferentemente do experimento de campo, o teor aumentou nas colheitas sucessivas em relação à primeira.

Entre espécies muito produtivas em óleo essencial de lavanda, Kara e Baydar (2013) relataram baixos teores de óleo essencial para *L. angustifolia* cv. Munstead próximos de 0.4% e de 2% para *L. angustifolia* cv. Silver a partir de flores frescas.

A idade, o estágio de desenvolvimento da planta e a disponibilidade de nutrientes podem influenciar não apenas a quantidade total de metabólitos secundários produzidos, mas a proporção relativa destes compostos (MORAIS, 2009), o que novamente indica a regulação endógena (genética) dessa variável.

Quanto ao rendimento de óleo essencial, a análise dos dados não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos em todas as colheitas. Foi observado um aumento considerável no rendimento de óleo essencial entre a primeira e a segunda colheita, justificado pelo aumento de produtividade de flores entre as mesmas.

Os dados demonstram uma produção inferior se comparado com rendimentos de lavandas mais produtivas, mas dentro de valores estimados para um cultivo de primeiro ano de uma lavanda, com menor teor de óleo essencial.

Porém, o somatório dos rendimentos das colheitas permite observar valores entre 30 e 40 kg ha⁻¹ de óleo essencial, o que é significativo em se tratando de um óleo muito valorizado no mercado (DAIS, 2009).

3.2.2 Composição química do óleo essencial

Quanto à composição química (TABELAS 12 e 13), também foram encontradas mais de 20 substâncias no óleo essencial de *L. dentata*, sendo novamente os majoritários 1,8-cineol, fenchona e cânfora. Como já relatado, foram feitas análises da composição química do óleo essencial apenas das duas primeiras colheitas de flores e da colheita de folhas.

De acordo com o observado, as condições do cultivo protegido não influenciaram no comportamento químico da lavanda, já que as análises da composição entre os diferentes tratamentos e colheitas de flores e folhas apresentaram os mesmos compostos majoritários.

Angioni e outros (2006) identificaram diferentes quimiotipos de *L. stoechas* na Itália sobre condições de temperatura e umidade amenas. Vale ressaltar que essa espécie pode apresentar em algumas localidades, os mesmos compostos majoritários de *L. dentata*. Mas os autores encontraram apenas 0.22% de 1,8 cineol, 73% de fenchona e 9.25% de cânfora em folhas e flores analisadas, caracterizando o quimiotipo cânfora-fenchona.

Masseto e outros (2011) identificaram alterações no comportamento fitoquímico de *L. dentata*, em diferentes épocas e estádios de desenvolvimento, sendo encontrados até 11.7% de fenchona, 23.2% de cânfora e 20.7 % de cineol em flores já abertas durante o verão. Já Bousmaha e outros (2005), não identificaram cânfora e fenchona no óleo essencial de flores de *L. dentata* nos campos da Argélia.

Com relação à porcentagem dos majoritários entre as duas colheitas de flores, observaram-se diferenças significativas para 1,8-cineol e fenchona apenas, sendo que o constituinte cânfora não se diferiu entre as adubações.

Para 1,8-cineol, obteve-se uma interação significativa entre adubações e colheitas. Observou-se um aumento em mais de 20% entre 100 e 145 DAP. Aos 100 DAP, com 40% de organomineral, a produção de 1,8-cineol foi muito inferior, sendo o único tratamento que se diferiu da testemunha, o mesmo ocorrendo aos 145 DAP no tratamento 80% de organomineral.

As maiores porcentagens significativas de 1,8-cineol foram observadas na segunda colheita com menores doses de organomineral, quando foi obtido mais de 40% de 1,8-cineol, apesar desses tratamentos se igualarem à testemunha. Isso demonstra que

TABELA 12. Média (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de *L. dentata* colhidas aos 100 e 145 DAP na estufa agrícola da Fazenda Experimental do Glória em 2013.

FLORES													
Composto	IRRlit	100 DAP						145 DAP					
		20%	40%	60%	80%	100%	Test.	20%	40%	60%	80%	100%	Test.
1,8-cineol	1026	34.51aA	22.23aB	32.65aA	34.56aA	25.56aB	33.72	42.96aA	42.95aA	35.12aA	30.46bA*	39.94abA	41.13
Fenchona	1083	17.69a	15.49b	17.78a	18.31a	17.07a	17.94	16.41b	15.30b	16.06b	18.89a	16.44b	15.22
Canfora	1141	24.24a	34.05a	29.41a	27.08a	32.46a	23.35	22.51a	22.61a	29.84a	34.25a*	26.92a	22.86
pinocarvona ^{ns}	1160	0.88	0.38	0.59	0.66	0.69	0.87	0.54	0.76	0.68	0.81	0.58	0.70
α -thujeno ^{ns}	924	1.36	1.88	1.97	2.25	1.69	1.45	2.34	2.56	2.66	2.77	1.99	1.66
Canfeno ^{ns}	946	0.67	0.87	0.95	0.84	0.92	0.77	0.83	-	0.97	0.71	0.57	-
β -pineno ^{ns}	974	2.70	2.82	2.98	2.45	2.64	3.77	2.53	3.83	2.67	3.56	3.85	3.46
Mirceno ^{ns}	988	1.39	1.26	0.88	0.93	0.51	0.75	0.82	0.34	0.56	0.86	0.58	0.90
o-cimeno ^{ns}	1022	0.60	0.46	-	0.56	0.57	0.89	0.52	0.70	0.89	0.45	0.48	0.56
Limoneno ^{ns}	1024	1.26	1.22	1.69	1.84	1.76	0.56	0.88	0.37	0.68	0.89	1.36	1.62
Silvestreno ^{ns}	1025	1.45	1.85	1.67	1.86	1.66	1.80	1.63	1.76	1.99	1.77	1.68	1.80
cis-sabineno ^{ns}	1065	0.76	0.66	0.18	0.17	0.14	0.36	0.28	0.10	0.26	0.45	0.76	0.78
Linalol ^{ns}	1095	1.28	1.48	1.88	1.66	1.34	1.95	1.90	1.84	1.89	1.84	1.98	1.98
endo-fenchol ^{ns}	1114	4.57	4.65	4.27	4.27	4.11	6.78	3.22	3.56	4.89	3.55	3.78	3.89
Pinocarveol ^{ns}	1135	0.67	0.98	0.76	0.74	1.54	1.37	1.74	0.97	0.46	0.99	0.82	1.51
Borneol ^{ns}	1165	1.45	1.55	1.80	1.86	1.59	1.40	1.76	1.23	1.60	1.58	1.71	1.73
Óx. cariofileno ^{ns}	1590	1.72	1.27	1.04	0.59	1.02	1.58	1.15	1.36	1.03	0.98	-	0.53

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas entre as adubações e minúsculas entre as colheitas, se diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Significativo pelo Teste de Dunnett à 5% de probabilidade. Ns: não significativo.

TABELA 13. Média (%) dos compostos químicos encontrados no óleo essencial de flores de *L. dentata* colhidas aos 180 DAP e de folhas colhidas aos 225 DAP na esufa agrícola da Fazenda Experimental do Glória em 2013.

FLORES								FOLHAS					
Composto	IRRlit	180 DAP						225 DAP					
		20%	40%	60%	80%	100%	Test.	20%	40%	60%	80%	100%	Test.
1,8-cineol	1026	34.5aA	36.25aA	34.35aA	34.46aA	36.04Aa	33.97	43.28	39.11	42.58	44.26	42.74	40.05
Fenchona	1083	16.55aA	15.88aA	17.78aA	16.13aA	17.15aA	15.33	14.25	13.57	14.52	14.23	14.25	13.70
Canfora	1141	24.19aA	22.06aA	25.05aA	26.02aA	26.99aA	25.42	21.02	21.59	22.16	21.60	22.86	22.62
pinocarvona ^{ns}	1160	0.38	0.99	0.79	0.66	0.69	0.37	-	0.76	0.88	0.69	0.68	0.50
α -thujeno ^{ns}	924	2.56	2.16	2.17	2.05	1.49	1.69	2.22	2.65	2.47	2.34	2.45	2.53
Canfeno ^{ns}	946	0.45	0.93	0.75	0.64	0.62	0.87	0.53	0.58	0.87	0.53	0.37	0.73
β -pineno ^{ns}	974	3.43	3.56	2.78	2.75	2.24	3.27	2.43	3.32	2.57	3.59	3.88	3.16
Mirceno ^{ns}	988	0.37	0.73	0.48	0.63	-	0.85	0.62	0.67	0.71	0.29	0.38	0.74
o-cimeno ^{ns}	1022	-	0.56	0.19	0.49	0.85	0.21	0.82	0.34	0.13	0.10	0.16	0.34
Limoneno ^{ns}	1024	1.92	1.62	0.49	0.78	0.65	0.66	0.34	0.54	0.28	0.78	1.06	1.68
Silvestreno ^{ns}	1025	1.65	1.75	1.67	1.96	1.33	1.82	1.56	1.76	1.59	1.54	1.38	1.45
cis-sabineno ^{ns}	1065	0.28	0.36	0.68	0.27	0.67	0.39	0.43	0.42	0.86	0.45	0.76	0.65
Linalol ^{ns}	1095	1.22	1.68	1.58	1.56	1.21	1.56	1.65	1.84	1.19	1.84	1.78	1.34
endo-fenchol ^{ns}	1114	3.85	4.5 5	4.37	4.55	4.67	4.21	3.56	3.56	3.55	3.63	3.71	3.78
Pinocarveol ^{ns}	1135	1.08	0.68	0.87	0.39	1.98	1.43	1.8	0.8	0.91	0.8	0.35	1.06
Borneol ^{ns}	1165	1.65	1.65	1.99	1.87	1.40	1.94	1.71	1.48	1.54	1.56	1.56	1.70
Óx. cariofileno ^{ns}	1590	1.32	1.87	1.32	0.58	0.71	1.52	1.18	1.35	1.76	0.97	0.78	0.88

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas entre as adubações e minúsculas entre as colheitas, se diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Significativo pelo Teste de Dunnett à 5% de probabilidade. Ns: não significativo.

os dois tipos de fertilizantes proporcionaram incrementos à produção de 1,8-cineol em *L. dentata* nas condições da estufa agrícola.

Vale destacar que a porcentagem desse constituinte nas folhas não foi superior à porcentagem encontrada nas flores, diferente do experimento de campo, o que indica uma possível influência do ambiente para a sua produção.

Para fenchona, na segunda colheita de flores obteve-se menor concentração desse constituinte. Mas utilizando 80% de organomineral é possível obter médias acima de 18% de fenchona, significativamente melhor que outras doses. A produção de fenchona pelas folhas também apresentou-se inferior em relação às flores, semelhante ao experimento de campo.

O constituinte cânfora apresentou valores percentuais consideráveis entre os tratamentos e as duas colheitas, mas os resultados não foram significativos. Na segunda colheita, a adubação com 80% de organomineral proporcionou significativamente melhores resultados para cânfora em relação à testemunha.

A média de produção de cânfora pelas folhas foi inferior à produção pelas flores. Kaya e outros (2012) também relataram altos valores para cânfora em *L. stoechas* de regiões mediterrâneas em pleno florescimento.

Paulus e outros (2008), avaliando plantas de menta japonesa (*Mentha arvensis*) em cultivo hidropônico, submetidas a diferentes concentrações da solução nutritiva, apresentaram diferentes teores de compostos majoritários do óleo essencial.

Ao contrário, Silva e outros (2006) estudando as dosagens de 0, 5, 10, 20 e 30% de esterco bovino no teor e composição química de *Baccharis trimera*, observaram que não houve efeito da presença e ausência de adubação nos compostos químicos carquejol e carquejila acetato.

No presente estudo, a redução de doses proporcionou maiores taxas de 1,8-cineol quando ocorreu a segunda colheita de flores, mas o mesmo não se verifica para os outros constituintes, já que maiores doses como 80%, proporcionaram ganhos em percentuais de fenchona e cânfora.

Isso demonstra que a adubação pode promover interferência positiva ou negativa nos constituintes químicos desejáveis e não desejáveis dos óleos essenciais, sendo necessário o estabelecimento de doses adequadas de cada nutriente, quando há interesses em compostos específicos.

Óleos de lavanda de alta qualidade para perfumaria deveriam conter altos níveis de linalol e acetato de linalina, e que altos níveis de cânfora poderiam diminuir a

qualidade do produto (ATTRA, 2006). Nesse caso, os óleos com alta concentração de cânfora deveriam ser destinados à indústria farmacêutica que necessita de maiores concentrações de cânfora em seus produtos.

E evidencia-se, portanto, que a obtenção do constituinte químico de interesse está relacionada diretamente à espécie vegetal e indiretamente à adubação (tipo de adubo e níveis), além de outras variáveis ambientais, como luz, temperatura, fotoperíodo e manejo fitotécnico (CORRÊA et al., 2010), que podem ou não ser controladas durante o cultivo das aromáticas.

3.3 Análise conjunta para sistemas de cultivo

Para comparar a eficiência dos sistemas produtivos, foi feita a análise conjunta das variáveis de produção e dos compostos majoritários do óleo essencial de lavanda (TABELA 14).

Para a colheita de 100 DAP, observa-se que o campo apresentou melhores valores de produção de biomassa e óleo essencial em relação à estufa agrícola. Durante o crescimento da cultura, entre os meses de maio a agosto, ocorreu o período de estiagem nas condições do experimento, com maior radiação solar, menor umidade relativa do ar e também menor umidade do solo.

Provavelmente, isso proporcionou melhores resultados das plantas no campo devido à maior disponibilidade de luz, levando à maior fotossíntese pelas folhas, maior produção de flores, maior quantidade de tricomas e, conseqüentemente, dos metabólitos secundários.

De acordo com Bustamante (1993), plantas cultivadas em estufas, a mínima obstrução da luz solar, pode causar perda na qualidade aromática. Em uma propriedade com inclinações em todas as faces (norte, sul, leste ou oeste), a produção de melhor qualidade de metabólitos secundários, ocorrerá na face norte devido à maior incidência de luz solar.

No entanto, a partir dos 145 DAP, observa-se o melhor desempenho do ambiente protegido em relação ao campo, justificado principalmente pelo início do período chuvoso associado à alta temperatura, o que não foi muito favorável à cultura da lavanda, principalmente, em situações de muita umidade e má drenagem dos solos, observadas no campo.

TABELA 14. Análise conjunta entre campo e estufa de médias de produtividades de flores e folhas, teor, rendimento e compostos majoritários do óleo essencial de *L. dentata* cultivada na Fazenda Experimental do Glória em 2013.

FLORES		100 DAP		
Variáveis	CAMPO	ESTUFA	DMS	C.V.(%)
Produtividade (kg ha ⁻¹)	316.26A	208.39B	54,22	34.55
Teor de óleo essencial (%)	0.58A	0.41B	0,108	37.72
Rendimento de óleo essencial (kg ha ⁻¹)	1.81A	0.70B	0,223	30.29
1,8- cineol (%)	33.91A	30.54B	3,306	17.47
Fenchona (%)	17.38A	17.05A	0,687	6.80
Cânfora (%)	27.10A	28.43A	2,67	16.37
		145 DAP		
Produtividade (kg ha ⁻¹)	1631.36A	1892.84A	255,90	25.03
Teor de óleo essencial (%)	0.47B	0.59A	0,068	21.41
Rendimento de óleo essencial (kg ha ⁻¹)	7.704B	10.63A	1,24	23.07
1,8- cineol (%)	37.75A	38.76A	4,38	7.96
Fenchona (%)	16.791A	16.09A	0,71	7.36
Cânfora (%)	31.45A	25.82B	1,99	11.88
		180 DAP		
Produtividade (kg ha ⁻¹)	839.60B	1107.78A	169,58	29.61
Teor de óleo essencial (%)	0.42B	0.49A	0,0517	19.17
Rendimento de óleo essencial (kg ha ⁻¹)	3.28B	5.24A	0,64	26.13
1,8- cineol (%)	34.61A	31.59A	3,32	11.97
Fenchona (%)	16.74A	16.47A	0,88	9.10
Cânfora (%)	25.86A	26.71A	1,49	9.69
FOLHAS		225 DAP		
Produtividade (kg ha ⁻¹)	3850.84A	3973.23A	754,50	32.95
Teor de óleo essencial (%)	0.47 A	0.50A	0,064	22.04
Rendimento de óleo essencial (kg ha ⁻¹)	18.10A	20.23A	3,94	34.61
1,8- cineol (%)	44.62A	42.40A	2,86	10.15
Fenchona (%)	13.66A	14.16A	0,74	8.25
Cânfora (%)	22.75A	21.85A	1,67	11.58

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como os solos da área do experimento da Fazenda do Glória são argilosos, ocorre maior retenção de umidade, principalmente nos microporos, desfavorecendo o desenvolvimento radicular das lavandas e pior adaptação das plantas. O mesmo ocorreu aos 180 DAP, durante o fim da primavera, momento em que foram registradas as maiores temperaturas e maiores frequências de chuvas.

Para Moraes (2009), um dos fatores relevantes na alteração do rendimento e composição química dos óleos essenciais é a precipitação. Chuvas intensas e constantes podem resultar na perda de substâncias hidrossolúveis presentes principalmente nas folhas e flores. Logo, o cultivo na estufa favoreceu além do controle das condições do solo, da pluviosidade, o melhor controle da luminosidade e, consequentemente, o controle da evapotranspiração foliar, o que pode ter influenciado o maior crescimento e maior produção das lavandas.

Com relação aos compostos majoritários, aos 100 DAP o cultivo no campo proporcionou maiores porcentagens de 1,8-cineol, o mesmo não ocorrendo aos 145 DAP, quando o aumento na produção do mesmo composto foi observado para os dois sistemas. Fenchona não apresentou diferenças significativas entre estufa e campo nas duas colheitas realizadas. E cânfora apresentou-se significativamente maior no campo aos 145 DAP.

Com relação às folhas, o cultivo no campo e na estufa proporcionou ganhos nos valores de 1,8-cineol, mas foram inferiores para fenchona e cânfora em relação às flores.

Como anteriormente relatado, o início da primavera durante o experimento, proporcionou aumento do fotoperíodo, expondo as plantas à maior quantidade de luz. E como as plantas de lavandas responderam a isso pelo florescimento, quimicamente, a quantidade de 1,8-cineol aumentou nos dois locais de cultivo pelo aumento da radiação solar. O aumento de cânfora no campo também foi resultante da maior atividade das plantas no metabolismo secundário.

Resultados semelhantes foram citados por Voirin e colaboradores (1990). Folhas de *Mentha piperita* (hortelã) apresentaram como compostos majoritários do óleo essencial o mentol, a mentona e apenas traços de mentofurana, quando as plantas foram submetidas a dia longo. Com relação aos resultados do presente estudo, a pequena variação na composição química da lavanda entre campo e estufa, permite a garantia de produção dos compostos majoritários, mesmo em condições de cultivo protegido, quando se visa explorar as vantagens do ambiente protegido em relação ao campo.

4 CONCLUSÕES

Plantas de lavanda adubadas com organomineral têm desempenho superior ou semelhante que as adubadas com mineral;

A produção das plantas é maior no campo no período de estiagem e maior na estufa no período chuvoso;

Mais de uma colheita de lavanda proporciona incrementos na produtividade de flores, rendimentos de óleo essencial e em parte dos seus constituintes majoritários;

O teor de óleo essencial de lavanda não se difere de cultivos com adubos minerais ou organominerais;

A composição química da lavanda é afetada pelas condições do ambiente e pela época de colheita;

A adubação organomineral associada à época de colheita influencia positiva ou negativamente a composição química do óleo essencial, em campo e em condições controladas;

REFERÊNCIAS

- AMARAL, W.; et al. Desenvolvimento, rendimento e composição de óleo essencial de camomila [*Chamomila recutita* (L.) Rauschert] sob adubação orgânica e mineral. **Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.10, n.4, p.1-8, 2008.
- ANDRIOLO, J. L.; et al. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 781-787, jul/ago, 2005
- ANGIONI, A.; et al. Chemical Composition, Seasonal Variability, and Antifungal Activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* Essential Oils from Stem/Leaves and Flowers. **J. Agric. Food Chem.**, United States, v.54, p.4364-4370, 2006.
- ARABACI, O.; E. BAYRAM, The effect of nitrogen fertilization and plant density on some agronomic and quality traits of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) under ecological conditions of Aydin. **Joun. Agric.**, Turkey, v. 2, n.2, p.13-19, 2005.
- ATALAY, A. T. **The effect on yield and quality characters of organic and inorganic fertilisers applied different doses on lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) grown in Konya ecological conditions.** 2008. 46f. Master Thesis - Selcuk University Faculty of Agriculture, Konya (Turkey) - Department of Field Crops. 2008.
- ATTRA. NATIONAL SUSTAINABLE AGRICULTURE INFORMATION SERVICE. **Lavender Production, Products, Markets, and Entertainment Farms.** Revisado em nov. 2006. Disponível em <<http://attra.ncat.org/attra-pub/lavender.html>>. Acesso em: 22 ago. 2011.
- BADI HN; YAZDANI D; ALI SM; NAZARI F. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. **Industrial Crops and Products**, Netherlands, v. 19, p.231-236, 2004.
- BEUS, C. Growing and Marketing Lavender. **Washington State University Extension**, Revisado em 2006. Disponível em: <<http://www.pubs.wsu.edu>>. Acesso em: 15 mar. 2011.
- BEZERRA, A. M. E. et al. Produção e composição química da macela em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 01, p. 26-29, 2008.
- BHAN, M. K.; et al. Geranium (*Pelargonium* sp. 'hybrid') essential oil in subtropical and temperate regions of Jammu and Kashmir. **Flavour and Fragrance Journal**, USA, v. 21, p. 527-530. 2006.
- BLANK, A.F. et al. Espaçamento de plantio e intervalos de colheita na biomassa e no óleo essencial de gerânio. **Hortic. Bras.**, Brasília, v.30, n.4, p.740-746, 2012.
- BLANK, A. F.; et al. Densidades de plantio e doses de biofertilizante na produção de capim-limão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 25, p. 343-349, 2007.

BOECKELMANN, A. **Monoterpene production and regulation in Lavenders (*Lavandula angustifolia* and *Lavandula x intermedia*)**. 2008. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - The College of Graduate Studies, University of British Columbia, Okanagan. 2008.

BOUSMAHA, L. et al. Advances in the chemical composition of *Lavandula dentata* L. essential oil from Algeria. **Journal of Essential Oil Research**, USA, v.17, p.292-5, 2005.

BUSTAMATE FML. **Plantas medicinales y aromáticas**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1993. 365p.

CARAVACA, F.; et al. Improvement of rhizosphere aggregate stability of afforested semi-arid plant species subjected to mycorrhizal inoculation and compost addition. **Geoderma**, Netherlands, v. 108, n.1, p.133–144, 2002.

CARVALHO FILHO, J. L. S. et al. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 16, n. 01, p. 24-30, 2006.

CASTRO, H. G. et al. Divergência genética entre acessos de mentrasto avaliada por características botânico-agronômicas, moleculares e fitoquímicas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 294, p. 227-241, 2004.

CEYLAN, A.; et al. An investigation on effects to yield and quality of plant space in lavender. **Journal of Agriculture Faculty**, Kyushu, v.25, n.2, p.135-145, 1988.

CHAVES, F.C.M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função de adubação orgânica e épocas de corte**. 2002. 144 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu. 2002.

CORRÊA, R.M. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.12, n.1, p.80-89, 2010.

CRUZ, C. D. . **Programa genes: biometria**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 382 p.

DAIS. DIRECTORATE AGRICULTURAL INFORMATION SERVICES - Department of Agriculture, Forestry and Fisheries South Africa. **Lavender production**. 2009. Disponível em <<http://www.daff.gov.za>> Acesso em 11 ago. 2012.

DALLA COSTA, M.A. Processo de produção agrícola da cultura da camomila no município de Mandirituba, PR. **Scientia agrária**, UFPR, v.3, n.1, 2002.

FERREIRA D.F. 2000. **SISVAR**: sistema de análises de variância de dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Versão 4.3. Lavras: UFLA.

HUSSEIN, M. S.; et al. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 108, p. 322–331, 2006.

KALOUSTIAN, J.; PAULI, A.M.; PASTOR, J. Evolution of camphor and others components in the essential oils of two labiate species during the biological cycle. **Analusis**, France, v.28, p.308-15, 2000.

KANDEEL, A.M.; NAGLAA, S.A.T.; SADEK, A.A. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. **Annals of Agricultural Science**, Indian, v.1, n.2, p.351–371, 2002.

KARA, N.; BAYDAR, H. Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula sp.*) containing high quality essential oil in Isparta, Turkey. **Turkish Journal of Field Crops**, Turkey, v.18, n.1, p.58-65, 2013.

KAYA, D.A.; et al. Diurnal, ontogenetic and morphogenetic variability of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* in East Mediterranean Region. **Rev. Chim.**, Romenia, v.63, n. 8, 2012.

LUZ, J. M. Q.; et al. Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 28, n. 1, p. 373-377, 2010.

MASSETO, M.A.M.; et al. Teor e composição do óleo essencial de inflorescências e folhas de *Lavandula dentata* L. em diferentes estádios de desenvolvimento floral e épocas de colheita. **Rev. bras. plantas med., Botucatu**, v.13, n.4, 2011.

McNAUGHTON V. **Lavender: the grower's guide**. Portland (USA): Timber Press, 2006. 192 p.

MORAIS, L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 27, n. 2, S4050-S4063, 2009. (Suplemento- CD ROOM).

NOVAK, J.; et al. Stability of Hybrid combinations of Marjoram (*Origanum majorana* L.). **Flavour Fragrance Journal**, USA, v.18, n. 1, p.401–406, 2003.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.C. et al. Teor e rendimento de óleo essencial no peso fresco de arnica, em função da calagem e adubação. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.23, n.3, p.735-9, 2005.

PAULUS, D; et al. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.26, p.61-67, 2008.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAM, M.; RAM, D.; ROY, S.K. Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium (*Pelargonium graveolens*). **Bioresource Technology**, United Kingdom, v.87, n.1, p.273–278, 2003.

RIBEIRO, P.G.F.; DINIZ, R.C. **Plantas aromáticas e medicinais: cultivo e utilização**. Londrina: IAPAR, 2008. 218 p.

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 crescentes de adubo orgânico. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Unicentro, v.2, n.2, p.101-105, 2009.

SANTOS, M.F.; et al. Esterco bovino e biofertilizante no cultivo de erva-cidreira-verdadeira (*Melissa officinalis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.11, n.4, p.355-359, 2009.

SELLAMI, I. H.; et al. Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). **Industrial Crops and Products**, Netherlands, v. 30, p. 395–402, 2009.

SHEKOFTEH, H.; SHAFIE, S.; MAHMODI, Y. A Survey on the effects of manure and chemical fertilizers and their mixture on ajowan's seed yield and its essential oil compositions. **International Journal of Agriculture: Research and Review**, Springs, v. 3, n.2, p.401-408, 2013.

SILVA, F.A. S. E. ; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78,2002.

SILVA, F.G. et al. Influence of manure and fertilizer on *Baccharis trimera* (Less.) DC. growth and essential oil yield. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, USA, v.12, n1/2, p.24- 30, 2006.

SINGH, M.; GULERIA, N. Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizers on yield and oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in a semi-arid tropical climate. **Industrial Crops and Products**, Netherlands, v.42, n.1, p.37– 40, 2013.

SOUSA, R.T.X. **Fertilizante organomineral para produção de cana-de-açúcar**. 2014. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Solos) -Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SPSS v.17.00 **SPSS**. Chicago, Illinois, 2008. CD-ROM

VERMA, R. Essential oil composition of *Lavandula angustifolia* Mill. cultivated in the mid hills of Uttarakhand, India. **Journal of the Serbian Chemical Society**, Serbia, v.75, p.343-348, 2010.

VOIRIN B; BRUN N; BAYET C. Effects of day length on the monoterpene composition of leaves of *M. x piperita*. **Phytochemistry**, United Kingdom, v.29, p.749-755, 1990.

WAGNER, H. **Pharmazeutische Biologie 2**. New York: Gustav Fisher Verlag-Stuttgart, 1980. 124p.

WERKER, E. Trichome diversity and development. **Advances in Botanical Research**, USA, v.31, p.1-35, 2000

WHITMAN, C.;PADHYE, S. **Production Tips For Top Performers: *Lavandula stoechas***. Meister mídia worldwide. 2008. Disponível em <<http://www.greenhousegrower.com/plant-culture/perennials-production/production-tips-for-top-performers-lavandula-stoechas/>>, Acesso dez. 2014.

ANEXOS

1. Quadros de ANAVA das análises estatísticas do Capítulo 2.

Massa de Folhas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	3332087.631680	3332087.631680	12.494	0.0241
BLOCO	4	320105.536320	80026.384080	0.300	0.8648
erro 1	4	1066805.846720	266701.461680		
ADUBACAO	1	130598.657280	130598.657280	0.845	0.3847
SISTEMA*ADUBACAO	1	10572.641280	10572.641280	0.068	0.8002
erro 2	8	1235752.506240	154469.063280		
CV 1 (%) =	26.64				
CV 2 (%) =	20.27				
Média geral:	1938.748				

Massa de Flores

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	28591.922000	28591.922000	6.534	0.0629
BLOCO	4	13209.060000	3302.265000	0.755	0.6042
erro 1	4	17502.148000	4375.537000		
ADUBACAO	1	5281.250000	5281.250000	4.446	0.0680
SISTEMA*ADUBACAO	1	1718.658000	1718.658000	1.447	0.2634
erro 2	8	9503.272000	1187.909000		
CV 1 (%) =	31.87				
CV 2 (%) =	16.61				
Média geral:	207.55				

Teor de óleo essencial de folhas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	0.099405	0.099405	4.444	0.1027
BLOCO	4	0.088630	0.022158	0.991	0.5035
erro 1	4	0.089470	0.022368		
ADUBACAO	1	0.105125	0.105125	16.680	0.0035
SISTEMA*ADUBACAO	1	0.032805	0.032805	5.205	0.0520
erro 2	8	0.050420	0.006303		
CV 1 (%) =	23.80				
CV 2 (%) =	12.63				
Média geral:	0.62850				

Teor de óleo essencial de flores

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	0.737280	0.737280	28.752	0.0058
BLOCO	4	0.197770	0.049443	1.928	0.2702
erro 1	4	0.102570	0.025643		
ADUBACAO	1	0.010580	0.010580	0.267	0.6191
SISTEMA*ADUBACAO	1	0.001280	0.001280	0.032	0.8617
erro 2	8	0.316540	0.039568		
CV 1 (%) =	27.28				
CV 2 (%) =	33.89				
Média geral:	0.58700				

Rendimento de óleo essencial de folhas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	293.454605	293.454605	20.189	0.0109
BLOCO	4	23.114220	5.778555	0.397	0.8034
erro 1	4	58.207220	14.551805		
ADUBACAO	1	19.306125	19.306125	5.050	0.0548
SISTEMA*ADUBACAO	1	14.637605	14.637605	3.817	0.0865
erro 2	8	30.567720	3.820965		
CV 1 (%) =	31.09				
CV 2 (%) =	15.93				
Média geral:	12.269				

Rendimento de óleo essencial de flores

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	8.672445	8.672445	10.103	0.0341
BLOCO	4	3.736320	0.934080	1.088	0.4725
erro 1	4	3.433780	0.858445		
ADUBACAO	1	0.214245	0.214245	0.376	0.5624
SISTEMA*ADUBACAO	1	0.226845	0.226845	0.398	0.5460
erro 2	8	4.559060	0.569882		
CV 1 (%) =	39.38				
CV 2 (%) =	56.53				
Média geral:	1.3355				

% 1,8 Cineol – Flores

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	98.479220	98.479220	1.573	0.2780
BLOCO	4	430.651520	107.662880	1.720	0.3061
erro 1	4	250.350680	62.587670		
ADUBACAO	1	1.171280	1.171280	0.012	0.9157
SISTEMA*ADUBACAO	1	2.903220	2.903220	0.030	0.8678
erro 2	8	785.866000	98.233250		
CV 1 (%) =	21.57				
CV 2 (%) =	27.02				
Média geral:	36.678				

% Fenchona – Flores

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	1.788020	1.788020	1.494	0.2887
BLOCO	4	10.678970	2.669742	2.230	0.2282
erro 1	4	4.788130	1.197032		
ADUBACAO	1	0.640820	0.640820	0.230	0.6446
SISTEMA*ADUBACAO	1	0.890420	0.890420	0.319	0.5877
erro 2	8	22.327660	2.790958		
CV 1 (%) =	8.07				
CV 2 (%) =	12.32				
Média geral:	3.5570				

% Cânfora – Flores

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	12.832020	12.832020	0.627	0.4727
BLOCO	4	134.635820	33.658955	1.645	0.3207
erro 1	4	81.849080	20.462270		
ADUBACAO	1	5.940500	5.940500	0.192	0.6725
SISTEMA*ADUBACAO	1	10.339220	10.339220	0.335	0.5787
erro 2	8	247.002980	30.875373		
CV 1 (%) =	17.56				
CV 2 (%) =	21.57				
Média geral:	25.7570000				

% 1,8 Cineol – Folhas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	302.330880	302.330880	4.425	0.1032
BLOCO	4	517.030170	129.257542	1.892	0.2761
erro 1	4	273.314770	68.328693		
ADUBACAO	1	18.278720	18.278720	0.194	0.6711
SISTEMA*ADUBACAO	1	367.567380	367.567380	3.906	0.0835
erro 2	8	752.854100	94.106763		
CV 1 (%) =	20.64				
CV 2 (%) =	24.22				
Média geral:	40.0530000				

% Fenchona – Folhas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	14.314320	14.314320	1.240	0.3278
BLOCO	4	40.721430	10.180357	0.882	0.5469
erro 1	4	46.157330	11.539332		
ADUBACAO	1	9.744080	9.744080	0.972	0.3530
SISTEMA*ADUBACAO	1	10.396820	10.396820	1.038	0.3382
erro 2	8	80.163200	10.020400		
CV 1 (%) =	24.87				
CV 2 (%) =	23.18				
Média geral:	13.6590000				

% Cânfora – Folhas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	0.007605	0.007605	0.000	0.9887
BLOCO	4	84.285150	21.071287	0.627	0.6687
erro 1	4	134.336770	33.584193		
ADUBACAO	1	43.660125	43.660125	1.815	0.2148
SISTEMA*ADUBACAO	1	0.099405	0.099405	0.004	0.9503
erro 2	8	192.409720	24.051215		
CV 1 (%) =	33.19				
CV 2 (%) =	28.08				
Média geral:	17.4625000				

2. Quadros de ANOVA das análises estatísticas do Capítulo 3.

2.1 Campo

Biomassa de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	348204.031093	87051.007773	1.490	0.2662
BLOCO	3	480317.795093	160105.931698	2.740	0.0896
erro 1	12	701172.349640	58431.029137		
COLHEITA	2	17535111.071130	8767555.535565	234.364	0.0000
ADUBO*COLHEITA	8	420302.883287	52537.860411	1.404	0.2350
erro 2	30	1122301.109117	37410.036971		
CV 1 (%) =	26.02				
CV 2 (%) =	20.82				
Média geral:	929.078000				
DMS _{colheita}	150,84				
DMS _{Dunnett}	552.97				

Soma de biomassa de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	1044597.603430	261149.400858	1.490	0.2662
BLOCO	3	1440981.105815	480327.035272	2.740	0.0896
erro 1	12	2103528.619410	175294.051617		
CV 1 (%) =	15.02				
Média geral:	2787.23650				

Biomassa de folhas (225 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	13311343.964350	3327835.991087	1.235	0.3475
BLOCO	3	4855797.741720	1618599.247240	0.601	0.6268
erro 1	12	32335821.294130	2694651.774511		
CV 1 (%) =	42.63				
Média geral:	3850.2				

Teor de óleo essencial de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	0.034060	0.008515	0.555	0.6995
BLOCO	3	0.009087	0.003029	0.197	0.8962
erro 1	12	0.184113	0.015343		
COLHEITA	2	0.248243	0.124122	7.626	0.0021
ADUBO*COLHEITA	8	0.087990	0.010999	0.676	0.7088
erro 2	30	0.488300	0.016277		
CV 1 (%) =	24.96				
CV 2 (%) =	25.70				
Média geral:	0.49633				
DMS _{colheita}	0,09				

Teor de óleo essencial de folhas (225 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	0.039230	0.009808	1.075	0.4112
BLOCO	3	0.018335	0.006112	0.670	0.5867
erro 1	12	0.109490	0.009124		

CV 1 (%) =	19.96
Média geral:	0.47

Rendimento de óleo essencial de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	2.183733	0.545933	0.426	0.7871
BLOCO	3	15.649618	5.216539	4.071	0.0529
erro 1	12	15.377107	1.281426		
COLHEITA	2	376.017623	188.008812	117.313	0.0000
ADUBO*COLHEITA	8	2.378677	0.297335	0.186	0.9911
erro 2	30	48.078700	1.602623		
CV 1 (%) =	26.54				
CV 2 (%) =	29.68				
Média geral:	4.265833				
DMS _{colheita}	0,98				

Soma de rendimentos de óleo essencial de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	6.599150	1.649788	0.429	0.7850
BLOCO	3	46.939215	15.646405	4.069	0.0629
erro 1	12	46.139010	3.844918		
CV 1 (%) =	15.32				
Média geral:	12.79				

Rendimento de óleo essencial de folhas (225 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	359.777820	89.944455	1.838	0.1864
BLOCO	3	136.488520	45.496173	0.930	0.4563
erro 1	12	587.232580	48.936048		
CV 1 (%) =	38.63				
Média geral:	17.97				

% 1,8 - cineol

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	135.052360	33.763090	1.437	0.2813
BLOCO	3	946.845513	315.615171	13.428	0.0004
erro 1	12	282.044387	23.503699		
COLHEITA	2	201.813203	100.906602	5.351	0.0103
ADUBO*COLHEITA	8	299.821180	37.477648	1.987	0.0829
erro 2	30	565.729950	18.857665		
CV 1 (%) =	13.79				
CV 2 (%) =	12.35				
Média geral:	35.156333				
DMS _{colheita}	3,58				
DMS _{Dunnet}	2.82				

% Fenchona

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	16.460907	4.115227	3.448	0.0427
BLOCO	3	1.827253	0.609084	0.510	0.6826
erro 1	12	14.321280	1.193440		
COLHEITA	2	7.620480	3.810240	5.966	0.0066
ADUBO*COLHEITA	8	20.273453	2.534182	3.968	0.0026
erro 2	30	19.159267	0.638642		

CV 1 (%) =	6.54
CV 2 (%) =	4.78
Média geral:	16.704000
DMS _{adub}	1,47
DMS _{colheita}	1,47
DMS _{Dunnett}	2.08

% Cãnfora

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	66.363573	16.590893	0.867	0.5111
BLOCO	3	236.465760	78.821920	4.121	0.0318
erro 1	12	229.528373	19.127364		
COLHEITA	2	268.681613	134.340807	13.777	0.0001
ADUBO*COLHEITA	8	105.767787	13.220973	1.356	0.2555
erro 2	30	292.532067	9.751069		
CV 1 (%) =	15.26				
CV 2 (%) =	10.90				
Média geral:	28.657333				
DMS _{colheita}	2,57				
DMS _{Dunnett}	4.94				

2.2 Estufa

Biomassa de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	969109.126910	242277.281727	1.654	0.2247
BLOCO	3	5225677.682352	1741892.560784	11.892	0.0006
erro 1	12	1757742.382023	146478.531835		
COLHEITA	2	28417016.627893	14208508.313947	102.666	0.0000
ADUBO*COLHEITA	8	688346.930590	86043.366324	0.622	0.7528
erro 2	30				
CV 1 (%) =	35.78				
CV 2 (%) =	34.78				
Média geral:	1069.673				
DMS _{colheita}	34.78				

Biomassa de folhas (225 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	7832351.256550	1958087.814137	2.579	0.0912
BLOCO	3	5506593.232495	1835531.077498	2.418	0.1169
erro 1	12	9110123.310730	759176.942561		
CV 1 (%) =	21.93				
Média geral:	3973.2375				

Soma de biomassa de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	2907332.033270	726833.008318	1.654	0.2247
BLOCO	3	15677074.542600	5225691.514200	11.892	0.0536
erro 1	12	5273258.733050	439438.227754		
CV 1 (%) =	20.66				
Média geral:	3209.02200				

Teor de óleo essencial de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	0.053517	0.013379	1.607	0.2357
BLOCO	3	0.415900	0.138633	16.655	0.0001
erro 1	12	0.099883	0.008324		
COLHEITA	2	0.343213	0.171607	7.833	0.0018
ADUBO*COLHEITA	8	0.213703	0.026713	1.219	0.3217
erro 2	30	0.657217	0.021907		
CV 1 (%) =	18.19				
CV 2 (%) =	29.50				
Média geral:	0.501				
DMS _{colheita}	0.115				
DMS _{Dunnett}	0.141				

Teor de óleo essencial de folhas (225 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	0.011180	0.002795	0.163	0.9532
BLOCO	3	0.074855	0.024952	1.453	0.2764
erro 1	12	0.206020	0.017168		
CV 1 (%) =	25.77				
Média geral:	0.508				

Rendimento de óleo essencial de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	14.572910	3.643227	1.169	0.3723
BLOCO	3	60.846793	20.282264	6.511	0.0073
erro 1	12	37.382823	3.115235		
COLHEITA	2	988.945403	494.472702	183.134	0.0000
ADUBO*COLHEITA	8	15.059780	1.882472	0.697	0.6912
erro 2	30	81.001883	2.700063		
CV 1 (%) =	31.91				
CV 2 (%) =	29.71				
Média geral:	5.5303				
DMS _{colheita}	1,28				

Soma de rendimento de óleo essencial de flores (100, 145 e 180 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	252.527850	63.131962	1.131	0.3876
BLOCO	3	295.622895	98.540965	1.766	0.2071
erro 1	12	669.723630	55.810303		
CV 1 (%) =	23.65				
Média geral:	31.58250				

Rendimento de óleo essencial de folhas (225 DAP)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	193.771400	48.442850	1.024	0.4336
BLOCO	3	248.705695	82.901898	1.753	0.2095
erro 1	12	567.420680	47.285057		
CV 1 (%) =	33.98				
Média geral:	20.237				

% 1,8 - cineol

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	442.574617	110.643654	5.163	0.0118
BLOCO	3	156.772032	52.257344	2.439	0.1149
erro 1	12	257.158210	21.429851		
COLHEITA	2	936.660563	468.330282	17.977	0.0000
ADUBO*COLHEITA	8	1009.980953	126.247619	4.846	0.0007
erro 2	30	781.558683	26.051956		
CV 1 (%) =	13.04				
CV 2 (%) =	14.38				
Média geral:	35.494166				
DMS _{adub}	8,58				
DMS _{Dunnett}	8,58				

% Fenchona

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	82.608610	20.652152	6.261	0.0058
BLOCO	3	7.105953	2.368651	0.718	0.5601
erro 1	12	39.583897	3.298658		
COLHEITA	2	13.885603	6.942802	4.741	0.0162
ADUBO*COLHEITA	8	23.060280	2.882535	1.968	0.0858
erro 2	30	43.930450	1.464348		
CV 1 (%) =	10.95				
CV 2 (%) =	7.29				

Média geral:	16.58966
DMS _{adub}	2,39
DMS _{colheita}	0,94

% Cânfora

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ADUBO	4	474.016910	118.504227	3.302	0.0482
BLOCO	3	131.062887	43.687629	1.217	0.3458
erro 1	12	430.706063	35.892172		
COLHEITA	2	129.542520	64.771260	2.982	0.0659
ADUBO*COLHEITA	8	450.207780	56.275972	2.591	0.0278
erro 2	30	651.552100	21.718403		
CV 1 (%) =	21.89				
CV 2 (%) =	17.03				
Média geral:	27.37300				
DMS _{adub}	8,6				
DMS _{colheita}	8,6				

2.3 Análise conjunta

Produtividade de flores 100 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL	1	181603.354219	181603.354219	21.308	0.0001
TRAT	5	47156.264560	9431.252912	1.107	0.3757
LOCAL*TRAT	5	45311.511294	9062.302259	1.063	0.3982
BLOCO	3	42608.759340	14202.919780	1.666	0.1932
erro	33	281256.649885	8522.928784		
CV 1 (%) =	34.55				
Média geral:	267.17020				
DMS	54,22				

Produtividade de flores 145 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	1485616.255208	1485616.255208	7.825	0.0085
TRAT	5	1256914.398142	251382.879628	1.324	0.2782
LOCAL_*TRAT	5	1083445.535167	216689.107033	1.141	0.3584
BLOCO	3	5012847.366383	1670949.122128	8.801	0.0002
erro	33	6265295.492567	189857.439169		
CV 1 (%) =	25.03				
Média geral:	1741.153				
DMS	255,90				

Produtividade de flores 180 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	778062.706008	778062.706008	9.332	0.0044
TRAT	5	262709.141500	52541.828300	0.630	0.6780
LOCAL_*TRAT	5	356855.110442	71371.022088	0.856	0.5207
BLOCO	3	1194465.633850	398155.211283	4.775	0.0071
erro	33	2751368.984900	83374.817724		
CV 1 (%) =	29.61				
Média geral:	975.24750				
DMS	169,58				

Produtividade de folhas 225 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	604295.736408	604295.736408	0.366	0.5492
TRAT	5	9233386.807225	1846677.361445	1.119	0.3695
LOCAL_*TRAT	5	12576912.713842	2515382.542768	1.524	0.2092
BLOCO	3	3480904.755642	1160301.585214	0.703	0.5570
erro	33	54461846.251408	1650358.977315		
CV 1 (%) =	32.95				
Média geral:	3898.7687500				
DMS	754,50				

Teor de óleo essencial aos 100 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	0.307200	0.307200	9.040	0.0050
TRAT	5	0.067400	0.013480	0.397	0.8475
LOCAL_*TRAT	5	0.188775	0.037755	1.111	0.3735
BLOCO	3	0.141708	0.047236	1.390	0.2631
erro	33	1.121442	0.033983		
CV 1 (%) =	37.72				
Média geral:	0.488				
DMS	0,108				

Teor de óleo essencial aos 145 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	0.169219	0.169219	12.539	0.0012
TRAT	5	0.062935	0.012587	0.933	0.4726
LOCAL_*TRAT	5	0.006669	0.001334	0.099	0.9917
BLOCO	3	0.067573	0.022524	1.669	0.1926
erro	33	0.445352	0.013496		
CV 1 (%) =	21.41				
Média geral:	0.5427				
DMS	0,068				

Teor de óleo essencial aos 180 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	0.042602	0.042602	5.486	0.0254
TRAT	5	0.055235	0.011047	1.423	0.2420
LOCAL_*TRAT	5	0.043535	0.008707	1.121	0.3684
BLOCO	3	0.119456	0.039819	5.128	0.0051
erro	33	0.256269	0.007766		
CV 1 (%) =	19.17				
Média geral:	0.459				
DMS	0,0517				

Teor de óleo essencial aos 225 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	0.013333	0.013333	1.098	0.3023
TRAT	5	0.042425	0.008485	0.699	0.6283
LOCAL_*TRAT	5	0.018792	0.003758	0.309	0.9037
BLOCO	3	0.058117	0.019372	1.595	0.2092
erro	33	0.400733	0.012143		
CV 1 (%) =	22.04				
Média geral:	0.5000				
DMS	0,064				

Rendimento de óleo essencial aos 100 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	15.379352	15.379352	106.104	0.0000
TRAT	5	1.014569	0.202914	1.400	0.2499
LOCAL_*TRAT	5	0.576585	0.115317	0.796	0.5607
BLOCO	3	0.346706	0.115569	0.797	0.5042
erro	33	4.783219	0.144946		
CV 1 (%) =	30.29				
Média geral:	1.256				

DMS	0,223
-----	-------

Rendimento de óleo essencial aos 145 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	146.825052	146.825052	32.617	0.0000
TRAT	5	14.717385	2.943477	0.654	0.6607
LOCAL_*TRAT	5	30.323185	6.064637	1.347	0.2693
BLOCO	3	63.857606	21.285869	4.729	0.0075
erro	33	148.550969	4.501545		
CV 1 (%) =	23.07				
Média geral:	9.19				
DMS	1,24				

Rendimento de óleo essencial aos 180 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	41.571019	41.571019	33.941	0.4051
TRAT	5	4.696160	0.939232	0.767	0.5803
LOCAL_*TRAT	5	2.877444	0.575489	0.470	0.7959
BLOCO	3	41.058623	13.686208	11.174	0.0000
erro	33	40.418902	1.224815		
CV 1 (%) =	26.13				
Média geral:	4.2360				
DMS	0,64				

Rendimento de óleo essencial aos 225 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	91.742700	91.742700	2.038	0.1628
TRAT	5	236.287542	47.257508	1.050	0.4055
LOCAL_*TRAT	5	352.220575	70.444115	1.565	0.1973
BLOCO	3	255.464683	85.154894	1.891	0.1502
erro	33	1485.687267	45.020826		
CV 1 (%) =	34.61				
Média geral:	19.384				
DMS	3,94				

% 1,8-cineol aos 100 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	136.890075	136.890075	4.319	0.0456
TRAT	5	265.744367	53.148873	1.677	0.1677
LOCAL_*TRAT	5	370.688875	74.137775	2.339	0.0635
BLOCO	3	522.546750	174.182250	5.495	0.0036
erro	33	1046.049500	31.698470		
CV 1 (%) =	17.47				
Média geral:	32.23083				
DMS	3,30				

% 1,8-cineol aos 145 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	12.281633	12.281633	1.325	0.2580
TRAT	5	223.546167	44.709233	4.822	0.0020
LOCAL_*TRAT	5	558.736167	111.747233	12.053	0.0000
BLOCO	3	75.900517	25.300172	2.729	0.0596
erro	33	305.948883	9.271178		
CV 1 (%) =	7.96				

Média geral:	38.255
DMS	4,38

% 1,8-cineol aos 180 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	109.414602	109.414602	6.966	0.1126
TRAT	5	156.796735	31.359347	1.996	0.1051
LOCAL_*TRAT	5	215.114085	43.022817	2.739	0.0865
BLOCO	3	200.742140	66.914047	4.260	0.0119
erro	33	518.361335	15.707919		
CV 1 (%) =	11.97				
Média geral:	33.103				
DMS	2,32				

% 1,8-cineol aos 225 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	49.439523	49.439523	2.534	0.1231
TRAT	4	109.014785	27.253696	1.397	0.2617
LOCAL_*TRAT	4	11.588565	2.897141	0.148	0.9621
BLOCO	3	65.245887	21.748629	1.115	0.3605
erro	27	526.844937	19.512775		
CV 1 (%) =	10.15				
Média geral:	43.51				
DMS	2.86				

% Fenchona 100 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	1.300208	1.300208	0.949	0.3371
TRAT	5	10.685917	2.137183	1.559	0.1988
LOCAL_*TRAT	5	18.451517	3.690303	2.693	0.0379
BLOCO	3	5.067158	1.689053	1.232	0.3135
erro	33	45.224992	1.370454		
CV 1 (%) =	6.80				
Média geral:	17.21				
DMS	0,687				

% Fenchona 145 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	2.495002	2.495002	1.890	0.1805
TRAT	4	2.614965	0.653741	0.495	0.7393
LOCAL_*TRAT	4	0.238185	0.059546	0.045	0.9959
BLOCO	3	1.271847	0.423949	0.321	0.8100
erro	27	35.642078	1.320077		
CV 1 (%) =	7.36				
Média geral:	13.91				
DMS	0,71				

% Fenchona 180 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	0.874800	0.874800	0.383	0.5404
TRAT	5	7.098767	1.419753	0.621	0.6847
LOCAL_*TRAT	5	14.133775	2.826755	1.236	0.3145
BLOCO	3	17.137442	5.712481	2.499	0.0767
erro	33	75.443408	2.286164		

CV 1 (%) =	9.10
Média geral:	16.60
DMS	0,88

% Fenchona 225 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	6.320250	6.320250	2.143	0.1548
TRAT	4	23.506200	5.876550	1.992	0.1241
LOCAL_*TRAT	4	46.866200	11.716550	3.973	0.0116
BLOCO	3	6.752270	2.250757	0.763	0.5246
erro	27	79.633630	2.949394		
CV 1 (%) =	10.35				
Média geral:	16.59				
DMS	1,11				

% Cânfora 100 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	21.200208	21.200208	1.025	0.3186
TRAT	5	195.738892	39.147778	1.893	0.1222
LOCAL_*TRAT	5	197.107367	39.421473	1.907	0.1199
BLOCO	3	166.003883	55.334628	2.676	0.0632
erro	33	682.346617	20.677170		
CV 1 (%) =	16.37				
Média geral:	27.77				
DMS	2,67				

% Cânfora 145 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	201.870490	201.870490	13.587	0.0010
TRAT	4	221.650160	55.412540	3.729	0.0153
LOCAL_*TRAT	4	329.102160	82.275540	5.537	0.0622
BLOCO	3	123.446890	41.148963	2.769	0.0609
erro	27	401.168810	14.858104		
CV 1 (%) =	13.11				
Média geral:	29.40				
DMS	2,50				

% Cânfora 180 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	8.832252	8.832252	1.361	0.2518
TRAT	5	129.605244	25.921049	3.993	0.0761
LOCAL_*TRAT	5	88.621110	17.724222	2.731	0.0659
BLOCO	3	22.747473	7.582491	1.168	0.3367
erro	33	214.208402	6.491164		
CV 1 (%) =	9.69				
Média geral:	26.28				
DMS	1,496				

% Cãnfora 225 DAP

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
LOCAL_	1	8.235562	8.235562	1.234	0.2764
TRAT	4	2.661600	0.665400	0.100	0.9816
LOCAL_*TRAT	4	8.509200	2.127300	0.319	0.8629
BLOCO	3	6.467168	2.155723	0.323	0.8086
erro	27	180.175808	6.673178		
CV 1 (%) =	11.58				
Média geral:	22.30				
DMS	1,67				