

Estudo comparativo de cinco espécies de *Artemisia* submetidas a diferentes doses de fertilização mineral

Paula Tatiana Lopes Seixas¹, Henrique Guilhon de Castro², Antonio Jacinto Demuner¹, José Maria Gomes Neves³, Luiz Cláudio de Almeida Barbosa¹, Marcelo Coutinho Picanço⁴

¹Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química, Viçosa/MG. ²Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Botânica, Juiz de Fora/MG. ³Instituto Federal de Piauí, Departamento de Agronomia, Oeiras/PI. ⁴Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Viçosa/MG. *Autor para correspondência: agronomapaula@hotmail.com; picanco@ufv.br

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação mineral na biomassa e análise dos compostos majoritários, cultivadas em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (5x4), sendo cinco espécies de *Artemisia* e quatro doses de adubação (NPK). Aos 60 dias após o transplante (DAT) das mudas foi realizada a primeira colheita e com 125 DAT a segunda colheita avaliando altura, diâmetro do caule, massa fresca das folhas, massa seca das folhas e o rendimento do óleo essencial. A espécie *A. annua* apresentou maior altura (159 cm) em comparação às demais espécies nas duas épocas de colheita (60 e 125 DAT). O diâmetro do caule da espécie *A. absinthium* destacou-se das demais espécies. Os valores mais elevados de biomassa fresca e seca foram encontrados para as espécies *A. dracunculus* e *A. vulgaris* aos 125 DAT com 307 g e 435 g/planta, respectivamente. As espécies que apresentaram maiores teores de óleo essencial na dose D2 aos 125 DAT foram *A. camphorata* (1,84%) e *A. dracunculus* (1,05%), com adubação de 50% e 100%. Os constituintes majoritários encontrados no óleo essencial foram: cânfora (*A. annua*); Z-isocitral (*A. absinthium*); metileugenol (*A. dracunculus*); germacreno D-4-ol e ascaridol (*A. camphorata*) e *trans*- β -tujona (*A. vulgaris*).

Palavras-chave: plantas medicinais, fertilização mineral, óleo essencial, *Artemisia*.

ABSTRACT: Comparative study of five *Artemisia* species submitted to different doses of mineral fertilization. The objective of this work was to evaluate the effect of mineral fertilization on the biomass and the analysis of the major compounds, grown in a greenhouse. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme (5x4), five species of *Artemisia* and four doses of fertilization (NPK). After 60 days after transplantation (DAT) of the seedlings, the first harvest was carried out and with 125 DAT the second harvest was evaluated for height, stem diameter, fresh leaf mass, leaf dry mass and essential oil yield. The *A. annua* species presented higher height (159 cm) than the other species in the two harvest periods (60 and 125 DAT). The diameter of the stem of the species *A. absinthium* was distinguished from the other species. The highest values of fresh and dry biomass were *A. dracunculus* and *A. vulgaris* at 125 DAT, respectively, 307 and 435 g/plant. The species that presented the highest content essential oils of D2 at 125 DAT were *A. camphorata* (1.84%) and *A. dracunculus* (1.05%). The major constituents found in the essential oil in the species were the following: camphor (*A. annua*); Z-isocitral (*A. absinthium*); methyleugenol (*A. dracunculus*); germacren D-4-ol and ascaridol (*A. camphorata*) and *trans*- β -tujona (*A. vulgaris*).

Keywords: medicinal plants, mineral fertilization, essential oil, *Artemisia*.

INTRODUÇÃO

Um dos gêneros importantes da família Asteraceae é a *Artemisia*, com 800 espécies distribuídas em todo o mundo. Esse gênero é industrialmente importante devido à suas propriedades antifúngica, inseticida, alelopática, antibacteriana, além de outras atividades biológicas

(Ahmad et al. 2009; Chauhan et al. 2010; Lutz et al. 2008).

Dentre as espécies do gênero *Artemisia* destacam-se: *Artemisia annua* L. com ciclo anual e conhecida como produtora de artemisinina, um sesquiterpeno com propriedade antimalárica (Phillipson, 2001; Balunas & Kinghorn, 2005;

Cavar et al. 2012; Herrmann et al. 2013); *Artemisia absinthium* L. planta perene, aromática e medicinal de interesse etnofarmacológico (Bailen et al. 2013); *Artemisia camphorata* Vill, uma planta perene com propriedades estomacais (Pellicer et al. 2008; Todorova et al. 2015); *Artemisia dracunculus* L., também é uma planta perene com propriedades medicinais (antitumoral) e utilizada na culinária e agricultura (Karimi et al. 2015); *Artemisia vulgaris* L. é uma planta aromática, herbácea, perene e rizomatosa originária da Europa ou Ásia (Lorenzi & Matos, 2002; Pellicer et al. 2008).

Como nenhuma dessas espécies possui plantio comercial e a produção de biomassa é um dos fatores que podem restringir a produção de princípios ativos de interesse econômicos, se fazem necessários experimentos para a produção de princípios ativos dessas plantas. A falta de domínio tecnológico de todas as etapas de desenvolvimento das plantas medicinais pode levar à baixa qualidade da biomassa, de teores dos principais constituintes químicos e de rendimentos do óleo essencial. Portanto, antes de se iniciar o cultivo em escala comercial, é necessário conhecer o comportamento da espécie com relação aos efeitos climáticos da região de plantio, aos tratamentos culturais e a qualidade do solo para seu desenvolvimento (Seixas et al. 2013; Veloso et al. 2014).

A partir dos dados de crescimento podem se ampliar os conhecimentos a respeito da biologia da planta, permitindo o desenvolvimento de técnicas de manejo das espécies ou estimulando as causas de variação de crescimento entre plantas geneticamente diversas (Castro et al. 1999; Castro et al. 2006).

Os fertilizantes químicos (N-P-K) são conhecidos por aumentar a produção em diversos sistemas agrícolas, mas pouco se sabe sobre os efeitos interativos desses fertilizantes químicos sobre o crescimento e acúmulo de metabólitos secundários em plantas medicinais, principalmente com relação aos óleos essenciais (Ozguven et al. 2008; Martins et al. 2006; Benedetti et al. 2009). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da calagem, adubação orgânica, mineral e omissões de nutrientes sobre o crescimento de *Maytenus ilicifolia*. As mudas foram produzidas por sementes e, em agosto de 2006, foram transferidas para vasos com 8 dm³ contendo Latossolo Vermelho Distrófico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no delineamento inteiramente casualizado em arranjo bifatorial, totalizando 12 tratamentos com 4 repetições, cujos tratamentos foram: sem adubação com calagem (T1; Luz & Armas, 2010; Rodrigues et al. 2014).

O desenvolvimento de técnicas agrônomicas de cultivo, visando à obtenção de matéria prima vegetal de melhor qualidade é de suma importância para atender as exigências do mercado (Araújo et al. 2009; Corrêa et al. 2010). O Brasil produz 8% do óleo essencial no mundo e as exigências de exportação são cada vez maiores (Lubbe & Verpoorte, 2011).

Diante da falta de informação de técnicas de cultivo de plantas medicinais, especialmente no gênero *Artemisia*, este trabalho teve por objetivo avaliar quatro doses de N-P-K, em duas épocas distintas de colheita, observando o desempenho agrônomico, o rendimento e a composição do óleo essencial de *A. annua*, *A. absinthium*, *A. camphorata*, *A. dracunculus* e *A. vulgaris*, cultivadas em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção, preparo das mudas e plantio

O experimento foi conduzido no viveiro de plantas ornamentais da Universidade Federal de Viçosa-UFV no município de Viçosa-MG (20°45'S 42° 52'W e 650 m de altitude média), em casa de vegetação no período de 10 de março de 2013 a 10 de novembro de 2013. Um voucher de cada espécie de *Artemisia* foi depositado no Herbário da UFV sob os números: VIC15592, VIC15614, VIC42223, VIC42224 e VIC42225.

A *Artemisia annua* cv. Artemis foi propagada por meio de sementes provenientes de híbridos de melhoramento genético. As espécies *A. absinthium*, *A. camphorata*, *A. dracunculus* foram adquiridas por meio de mudas na Floricultura Florarte, do viveiro comercial do estado de São Paulo. A espécie *Artemisia vulgaris* foi coletada em área experimental do campus da UFV e a sua propagação foi feita por meio de estacas caulinares. A produção das mudas foi realizada em copos de plástico com volume de 300 ml com substrato comercial (Plantmax®). Após enraizamento das mudas foi realizado o transplante para vasos de 10 l em casa de vegetação.

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (5x4) sendo cinco espécies de *Artemisia* (*A. annua*, *A. absinthium*, *A. camphorata*, *A. dracunculus* e *A. vulgaris*), e quatro doses de adubação (NPK): sem adubação (D0), metade da dose recomendada (D1), dose recomendada (D2) e o dobro da dose recomendada (D3), com cinco repetições e em duas épocas de colheita (60 e 125 dias após o transplante). Foram utilizados 100 vasos plásticos com capacidade de 10 l e cada vaso com duas plantas. O substrato foi constituído por solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico

(Santos et al. 2006), coletado na camada de 0-20 cm (Tabela 1).

A dose do fertilizante mineral foi baseada na análise química do solo (Ribeiro et al. 1999), e as quantidades aplicadas do fertilizante mineral encontram-se na Tabela 2. As fontes de N, P e K utilizadas foram sulfato de amônio P.A. $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$, superfosfato simples P.A. (SS) e cloreto de potássio P.A. (KCl), respectivamente. O sulfato de amônio (21% N), superfosfato simples (18% P_2O_5) e cloreto de potássio (60% K_2O) foram usados como as fontes de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

O fósforo foi aplicado antes do transplante e a adubação nitrogenada e potássica foram aplicadas em duas partes, no transplante e antes da floração.

Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram altura da planta (H), diâmetro do caule a 10 cm do solo (D), massa fresca das folhas (MFF), massa seca das folhas (MSF), rendimento e composição química do óleo essencial (OE).

Para obtenção da massa seca amostras de 2 g de folhas frescas de cada espécie foram colocadas em estufa e deixadas para secar a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até a obtenção da massa constante (Marco et al. 2008).

Extração e análise do óleo essencial

As amostras utilizadas para extração do óleo essencial foram obtidas na dose D2 da segunda época de colheita aos 125 DAT. Esta dose (D2 aos 125 DAT) foi escolhida por ter sido obtido a maior produção de biomassa nas espécies de *Artemisia*. O óleo essencial foi extraído de folhas frescas (3 x 100 g), sendo que cada amostra foi triturada e

submetida à extração por hidrodestilação durante duas horas em aparelho tipo Clevenger.

O óleo essencial foi separado da fase aquosa, utilizando-se pentano (3 x 40 ml), em funil de separação. As frações orgânicas obtidas foram reunidas e secadas com sulfato de magnésio anidro, filtradas, e o solvente removido sob pressão reduzida em evaporador rotativo a 40°C . Este procedimento foi feito em triplicata.

A análise qualitativa dos constituintes do óleo das espécies de *Artemisia* foi realizada em aparelho Shimadzu GCMS-QP5050A, equipado com coluna de sílica fundida DB-5 (30 m x 0,25 mm, espessura do filme de 0,25 μm) e acoplado ao espectrômetro de massas. O gás Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,8 ml/min; temperatura do injetor 220°C , temperatura inicial da coluna 40°C , isoterma por 2 min, seguido de aquecimento de $3^\circ\text{C}/\text{min}$ até 240°C , mais isoterma por 15 min; volume de injeção 1,0 μl (1% p/v em CH_2Cl_2); razão de Split 1: 10; pressão da coluna 100 kPa; temperatura da interface 240°C ; ionização por impacto de elétrons (70 eV); amplitude de varredura de 30 a 600 daltons (Barbosa et al. 2012).

Após a identificação dos constituintes dos óleos essenciais, a determinação do teor de cada composto foi realizada por cromatografia gasosa utilizando o cromatógrafo Shimadzu, modelo 17A, conectado ao detector de ionização de chamas (CG-DIC) equipado com uma coluna capilar de sílica fundida (SBP5-Supelco, 30 m x 0,25 mm espessura do filme de 0,25 μm). A temperatura da coluna foi programada para variar de 40°C (4 min.) a 200°C a uma taxa de $3^\circ\text{C}/\text{min}$. O injetor e o detector foram mantidos a 200°C e 240°C , respectivamente. O gás de arraste foi o nitrogênio a uma taxa de fluxo de

TABELA 1. Características químicas do solo coletado em área de vegetação natural de Mata Atlântica, na camada de 0-20 cm no município de Viçosa-MG.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m	MO	P-rem
H_2O	mg/dm ³										dag/kg	mg/l
5,59	0,90	13	1,24	0,35	0,49	5,50	1,62	7,12	22,8	23,2	2,91	14,30

Laboratório de Fertilidade do Solo da UFV (Santos et al. 2006).

TABELA 2. Doses do fertilizante mineral utilizadas no experimento (g/vaso).

Tratamento	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
D0	0	0	0
D1	3,5	20	1,5
D2	7,0	40	3,0
D3	10,5	60	4,5

D0= sem adubação; D1= 50% da dose recomendada; D2= 100% da dose recomendada; D3= 150% da dose recomendada.

1,8 ml/ml. A quantidade de 1,0 µl (solução do óleo essencial 1% m/v em diclorometano) foi injetada e a razão de split foi de 1:10.

As análises foram realizadas em triplicata e a concentração de cada constituinte foi calculada pela porcentagem da área do pico correspondente em relação à área total dos picos. A identificação dos constituintes de cada mistura de óleo foi realizada pela comparação de seus tempos de retenção, relativos à série de alcanos ($C_9 - C_{27}$), e pela comparação dos espectros de massa com o banco de dados da biblioteca Wiley e Nist 05, 08 e 11 e com a literatura (Adams, 2007).

Análise estatística

Os dados foram interpretados por meio de análises de variância e de regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as equações de regressão foram ajustadas com base no coeficiente de determinação. Nas variáveis da análise de regressão onde não foram ajustados modelos de regressão para explicar a variação observada foi considerada a média nestas variáveis.

A correlação de Pearson foi estimada entre as médias das características botânico-agronômicas (altura- ALT; diâmetro do caule-DC; massa fresca das folhas- MFF; massa seca das folhas- MSF) e da composição do óleo essencial ((E)-cariofileno - CAR; 1,8-cineol - CIN; cânfora-CAN; e teor do óleo essencial - TO). Os dados foram analisados no programa *Assistat*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características botânico-agronômicas

As mudas das espécies de *Artemisia* na época do transplante apresentaram diferenças no seu crescimento em altura. As mudas de *A. annua* e *A. absinthium* apresentavam altura entre 15 a 18 cm. *A. camphorata* de 8 a 10 cm e as mudas de *A. dracunculus* e *A. vulgaris* apresentaram altura de 18 a 20 cm no momento do transplante.

Nas condições experimentais realizadas, observou-se visualmente que as plantas das espécies *A. dracunculus* e *A. vulgaris* apresentaram-se mais vigorosas, com melhor desenvolvimento vegetativo e maior produção de biomassa fresca e seca (Tabela 3), demonstrando uma melhor adaptação às condições experimentais.

A espécie de *A. annua* apresentou maior altura em comparação às demais espécies nas duas épocas de colheita (60 e 125 DAT) e as espécies *A. absinthium* e *A. camphorata* apresentaram o menor valor nesta variável. De modo geral os tratamentos D1 e D2 com N-P-K propiciaram os maiores valores em altura em todas as espécies de *Artemisia*

avaliadas (Tabela 3). De acordo com as equações de regressão ajustadas verificou-se na espécie *A. annua* o maior valor em altura aos 125 DAT na dose de 0,56% da dose recomendada, 151,2 cm planta⁻¹ (Tabela 4).

As diferenças na altura das plantas de uma mesma espécie podem ser atribuídas à desordem do sistema radicular em função do excesso de nutrientes (Corrêa et al. 2010). Neste sentido é importante conhecer os níveis adequados de nutrientes para fertilização de cada espécie visando reduzir custos na adubação, maximizar a colheita e evitar efeitos fitotóxicos.

A espécie *A. absinthium* apresentou valor do diâmetro do caule estatisticamente superior as outras espécies nas duas épocas de colheita em todas as doses de adubação. O menor valor nesta variável na segunda época de colheita, em todas as doses de adubação, foi verificado na espécie *A. vulgaris* (Tabela 3).

Em relação à massa fresca e à massa seca das folhas, as espécies de *Artemisia* mantiveram o mesmo padrão de crescimento. Na primeira época de colheita verificou-se tendência de aumento da massa fresca e da massa seca das folhas com o aumento da dose de adubação mineral. Esses valores de biomassa podem ser explicados pela maior disponibilidade de nutrientes em decorrência do aumento das dosagens. Na segunda colheita observou-se redução da massa fresca e massa seca das folhas na dose D3 em relação à dose D2 em *A. annua*, *A. absinthium*, *A. camphorata* e *A. vulgaris* (Tabela 3).

A redução da massa fresca e massa seca das folhas no tratamento D3, na segunda colheita, em relação ao tratamento D2, pode estar relacionado ao excesso de nutriente no solo que reduz a eficácia de outros e pode diminuir o rendimento das culturas (Corrêa et al. 2010).

No tratamento D0 (controle), na primeira época de colheita, a espécie *A. absinthium* destacou-se na produção de massa fresca. Nesta espécie, aos 60 DAT, foi ajustado o modelo linear mostrando a tendência de aumento crescente da massa fresca com o aumento da dose de adubação (Tabela 4).

O aumento da produção de biomassa conforme o aumento da dose de NPK, está relacionado, provavelmente, com o aumento do fornecimento de N que favorece o crescimento vegetativo (Moreira et al. 2007; Corrêa et al. 2010).

As espécies aos 60 DAT apresentaram tendência de aumento na massa fresca e seca com o aumento da dose de NPK. Na segunda época de colheita a produção de biomassa teve decréscimo na dose D3 em todas as espécies, com exceção de *A. dracunculus*, o que pode ter ocorrido devido ao

TABELA 3. Valores médios de cinco espécies de *Artemisia* referentes à altura da planta, diâmetro do caule, massa fresca e massa seca das folhas, em quatro doses de NPK (D0, D1, D2 e D3), e duas épocas de colheita.

Espécies	1ª colheita (60 DAT)*				2ª colheita (125 DAT)			
	D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3
Altura (cm)								
<i>A. annua</i>	89,33 a	123,0a	107,00 a	101,00a	140,00 a	159,0a	138,00a	130,00a
<i>A. absinthium</i>	30,00 c	31,33 d	37,66 c	32,66 d	41,00 e	42,66 e	41,66 d	40,00 d
<i>A. camphorata</i>	24,00 c	53, 66 c	30,66 c	47,00 c	51,00 d	59,00 d	41,00 d	50,33 c
<i>A. dracunculus</i>	52,33 b	74,00 b	72,66 b	74,00 b	59,00 c	79,00 c	75,00 c	98,33 b
<i>A. vulgaris</i>	47,33 b	76,00 b	72,33 b	72,00 b	108,00 b	112,0b	91,66 b	100,00b
Diâmetro do caule (cm)								
<i>A. annua</i>	2,36 b	3,26 b	4,13 b	3,10 b	4,51 b	5,52 d	4,47 d	4,94 d
<i>A. absinthium</i>	8,00 a	10,33 a	10,70 a	11,86 a	17,10 a	14,36 a	20,86 a	18,20 a
<i>A. camphorata</i>	1,75 bc	3,04 b	2,36 c	2,73 b	3,82 c	9,38 b	8,66 b	8,51 b
<i>A. dracunculus</i>	0,74 d	1,31 c	2,06 cd	1,54 c	3,00 d	6,60 c	7,03 c	8,01 c
<i>A. vulgaris</i>	1,44 c	1,69 c	1,53 d	1,71 c	1,85 e	1,95 e	1,52 e	1,52 e
Massa Fresca das Folhas (g)								
<i>A. annua</i>	30,22 b	51,47 c	81,42 d	84,51 c	101,00 e	158,5b	205,21c	118,50 d
<i>A. absinthium</i>	66,50 a	108,4a	120,1a	133,2a	162,91 b	153,7b	231,39b	164,94 c
<i>A. camphorata</i>	10,04 e	57,76 b	43,17 e	52,05d	156,66 c	148,0c	191,66d	178,33 b
<i>A. dracunculus</i>	20,65 c	56,87 b	99,24 b	109,1b	140,78 d	113,6d	121,72e	307,24 a
<i>A. vulgaris</i>	15,24 d	51,89 c	88,38 c	109,3b	227,50 a	435,3a	378,94a	305, 66a
Massa Seca das Folhas (g)								
<i>A. annua</i>	7,73 b	14,76 b	29,31 a	21,47 c	38,51 b	57,20 b	80,83 a	44,26 c
<i>A. absinthium</i>	14,54 a	24,78 a	28,31 a	32,31 a	39,58 b	40,46 c	57,27 b	41,79 d
<i>A. camphorata</i>	2,57 d	13,61bc	9,99 c	13,28 d	40,17 b	37,83 d	51,62 c	39,81 d
<i>A. dracunculus</i>	4,62 c	13,27 c	22,61 b	25,35 b	30,69 c	23,68 e	30,05 d	67,23 b
<i>A. vulgaris</i>	3,73 cd	13,59bc	21,57 b	25,53 b	49,05 a	77,57 a	82,36 a	73,76 a

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0.05).

período de senescência da planta (Tabela 3).

A maior produção de massa fresca, na segunda época de colheita, foi obtida na espécie *A. dracunculus*, resultando em maior capacidade fotossintética devido a maior área foliar. Nas duas épocas de colheita o modelo linear foi ajustado nesta espécie demonstrando a tendência de aumento da massa fresca e seca com o aumento da dose de adubação (Tabela 4).

O maior valor em massa seca das folhas foi verificado na espécie *A. vulgaris*. Com base no modelo quadrático de regressão ajustado obteve-se nesta espécie o maior valor na dose de 0,96% da dose recomendada, 83,96 g planta⁻¹.

A produção de massa fresca e seca foi reduzida na dose D0, fato esse que corrobora para comprovação do efeito deletério da deficiência de P na formação de raízes demonstrando que, na

deficiência desse nutriente, a planta redireciona a distribuição de fotoassimilados para as raízes (Larcher, 2000).

A redução da taxa de crescimento nas espécies de *Artemisia* na dose D3, na segunda época de colheita, teve relação com o final do ciclo da planta, com a absorção e incorporação lenta de nutrientes e com a não emissão de novos órgãos vegetativos. Este fato se deve à maior concentração de hormônios de senescência, que provavelmente acumularam-se na fase de floração (Larcher, 2000; Mapeli et al. 2005; Barbosa et al. 2008).

O ajuste do modelo quadrático nas variáveis avaliadas indicou tendência de crescimento até certo nível de adubação. Posteriormente, atingiu máxima produtividade e decresceu quando a adubação excedeu o ponto de máximo. Tais informações são importantes, pois oferecem segurança quanto à resposta da cultura à adubação, evitando-se, dessa forma, perda de fertilizante por excesso.

Análise do óleo essencial

Os teores dos óleos essenciais das espécies de *Artemisia* estudadas na dose D2 aos 125 DAT variaram de 0,18 a 1,84 (Tabela 5). As espécies que apresentaram maiores teores de óleo foram *A. camphorata* (1,84%) e *A. dracunculus* (1,05%) e o menor valor foi encontrado para *A. vulgaris* (0,18%). O teor de óleo essencial obtido da parte aérea das plantas da espécie *A. camphorata* permite a projeção da produção de 58,78 kg/ha de óleo essencial.

Em *A. camphorata* foi relatado rendimento do óleo essencial de 3% na região da Jordânia, demonstrando o quanto as condições ambientais e de cultivo influenciam o metabolismo secundário das plantas medicinais (Darwish et al. 2015).

De acordo com Orav et al. (2006), o teor de óleo essencial em *A. absinthium* é baixo (0,2 a 1,5%) em regiões da Europa. Msaada et al. (2015) encontraram entre 1,0 e 1,46% de rendimento de óleo na região de Tunísia e Lopes-Lutz et al. (2008) obtiveram um teor de 0,5% no Canadá. Estas variações podem ser devidas às diferenças geográficas, ao material genético e à época da colheita.

De acordo com Karimi et al. (2015), o teor do óleo essencial oscilou entre 1,42% a 2,53% em condições de campo no Irã. Em *A. vulgaris* o rendimento dessa espécie foi considerado baixo (0,4%) em folhas de plantas cultivadas na Turquia (Erel et al. 2012) e na Índia 0,25% (Bamoniri et al. 2010).

Os constituintes majoritários identificados no óleo essencial das cinco espécies de *Artemisia* podem ser divididos em monoterpenos (β -pineno, mirceno, 1,8-cineol, *trans*- β -tujona, cânfora,

Z-isocitral, borneol, ascaridol e metileugenol) e sesquiterpenos (*E*-cariofileno, germacreno D e germacreno D-4-ol) (Tabela 5).

Os constituintes majoritários encontrados nas espécies de *Artemisia* foram os seguintes: cânfora (*A. annua*); Z-isocitral (*A. Absinthium*); germacreno D-4-ol (*A. camphorata*); metileugenol (*A. dracunculus*); e *trans*- β -tujona (*A. vulgaris*) (Tabela 5).

As cinco espécies de *Artemisia* apresentaram constituintes majoritários distintos na composição do óleo essencial. Essa variação na composição química pode estar relacionada ao mineral potássio (K), pois o mesmo está envolvido na síntese de compostos aromáticos por meio da ativação de enzimas. As condições de aumento na concentração desse nutriente podem ter provocado uma estimulação nas atividades enzimáticas, alterando consequentemente a composição dos óleos (Garlet et al. 2007).

Muitos fatores, incluindo variação genética, quimiotipo da planta ou variedade, aplicação de fertilizantes, variações sazonais, estresses durante o crescimento, influenciam no rendimento, na composição química, e nas propriedades biológicas dos óleos essenciais (Martins et al. 2006; Raut & Karuppaiyil, 2014).

Verificou-se coeficiente de correlação significativo somente entre a massa seca das folhas e o composto (*E*)-cariofileno, indicando que quanto maior a produção de massa seca das folhas maior o teor (*E*)-cariofileno (Tabela 6).

CONCLUSÃO

As características botânico-agronômicas nas condições experimentais deste trabalho foram favorecidas com a adubação NPK nas duas colheitas em todas as espécies avaliadas. No entanto, ressaltamos que a maior quantidade de fertilizante (D3) proporcionou um aumento de biomassa em *A. dracunculus*. Nas demais espécies verificou-se redução na produção de biomassa na dose D3, na colheita aos 125 DAT, o que pode estar relacionado com o período de senescência da planta.

O maior rendimento de óleo essencial foi obtido nas espécies *A. dracunculus* e *A. camphorata* e o menor rendimento na espécie *A. vulgaris*. As espécies de *Artemisia* apresentaram constituintes majoritários distintos na composição do óleo essencial, o que pode estar relacionado com a variação genética entre as espécies.

TABELA 4. Equações de regressão nas variáveis altura (cm), diâmetro do caule (cm) e massa fresca e massa seca das folhas (g), em cinco espécies de *Artemisia* spp., em duas épocas de colheita (60 e 125 DAT).

Variável	Época de Colheita	Equação de Regressão	R ²
<i>Artemisia annua</i>			
Altura (cm)	60 DAT	$y = 92,31 + 63,31x - 39,67 x^2$	0.6980
	125 DAT	$y = 142,7 + 30,3 x - 27 x^2$	0.6898
Diâmetro (cm)	60 DAT	$y = 2,1 + 3,51 - 1,93 x^2$	0.8896
	125 DAT	$y = 4,86$	
Massa Fresca (g)	60 DAT	$y = 32,98 + 38,56 x$	0.9270
	125 DAT	$y = 94,9 + 236,3 x - 144,3 x^2$	0.8839
Massa Seca (g)	60 DAT	$y = 6,23 + 33,5 x - 14,9 x^2$	0.8249
	125 DAT	$y = 35,3 + 91,1 x - 55,3 x^2$	0.7997
<i>Artemisia absinthium</i>			
Altura (cm)	60 DAT	$y = 29,18 + 12,4 x - 6,33 x^2$	0.6030
	125 DAT	$y = 41,1 + 4,18 x - 3,32 x^2$	0.9467
Diâmetro (cm)	60 DAT	$y = 8,43 + 2,39 x$	0.9080
	125 DAT	$y = 17,63$	
Massa Fresca (g)	60 DAT	$y = 75,29 + 42,40 x$	0.8970
	125 DAT	$y = 178,24$	
Massa Seca (g)	60 DAT	$y = 16,46 + 11,37 x$	0.9290
	125 DAT	$y = 37,2 + 29,2 x - 16,4 x^2$	0.4481
<i>Artemisia camphorata</i>			
Altura (cm)	60 DAT	$y = 22,14 + 14,09 x$	0.8270
	125 DAT	$y = 50,33$	
Diâmetro (cm)	60 DAT	$y = 1,9 + 1,83 x - 0,92 x^2$	0.5059
	125 DAT	$y = 4,16 + 11,24 x - 5,71 x^2$	0.8791
Massa Fresca (g)	60 DAT	$y = 14,3 + 80,5 - 38,8 x^2$	0.7307
	125 DAT	$y = 151,2 + 28,7 x - 4,7 x^2$	0.4994
Massa Seca (g)	60 DAT	$y = 3,65 + 17,3 x - 7,75 x^2$	0.7052
	125 DAT	$y = 42,36$	
<i>Artemisia dracunculus</i>			
Altura (cm)	60 DAT	$y = 53,61 + 43,2 x - 20,3 x^2$	0.9027
	125 DAT	$y = 61,6 + 17,8 + 3,3 x^2$	0.8320
Diâmetro (cm)	60 DAT	$y = 0,6670 + 2,26 x - 1,09 x^2$	0.8830
	125 DAT	$y = 3,841 + 3,092 x^2$	0.8320
Massa Fresca (g)	60 DAT	$y = 25,29 + 61,58 x$	0.9500
	125 DAT	$y = 94,74 + 101,5 x$	0.5110
Massa Seca (g)	60 DAT	$y = 5,733 + 14,31 x$	0.9570
	125 DAT	$y = 20,51 + 23,20 x$	0.5720
<i>Artemisia vulgaris</i>			
Altura (cm)	60 DAT	$y = 49,11 + 57,6 - 29,0 x^2$	0.8779
	125 DAT	$y = 102,92$	
Diâmetro (cm)	60 DAT	$y = 1,59$	
	125 DAT	$y = 1,898 - 0,134 x - 0,10 x^2$	0.6916
Massa Fresca (g)	60 DAT	$y = 18,40 + 63,73 x$	0.9860
	125 DAT	$y = 239,9 + 457 x - 281 x^2$	0.8745
Massa Seca (g)	60 DAT	$y = 5,098 + 14,68 x$	0.9680
	125 DAT	$y = 49,57 + 71,46 x - 37,12 x^2$	0.9919

DAT = dias após o transplante.

TABELA 5. Constituintes químicos majoritários do óleo essencial de cinco espécies de *Artemisia*, na dose D2 aos 125 dias após transplante.

Compostos	IA _c	Concentração (%)				
		A. a	A. b	A. c	A. d	A. v
β-Pineno	970	-	15,21	-	25,26	-
Mirceno	991	-	17,55	-	0,88	-
1,8-Cineol	1027	2,86	0,65	12,25		19,05
Trans-β-Tujona	1116	-	-	-	-	31,05
Cânfora	1144	31,79	-	4,35	-	1,58
Z-Isocitral	1160	-	21,56	-	-	-
Borneol	1164	-	-	10,22	-	-
Ascaridol	1238	-	-	10,37	-	-
Metileugenol	1414	-	-	-	57,04	-
(E)-cariofileno	1417	7,79	4,55	0,99		6,30
Germacreno D	1482	20,99	-	3,73	-	6,04
Germacreno D-4-ol	1574	-	-	21,35	-	-
Teor de óleo essencial (%)		0,47	0,34	1,84	1,05	0,18

IA_c: índice aritmético calculado; Aa (*Artemisia annua*); ab (*A. absinthium*); Ac (*A. camphorata*); Ad (*A. dracunculus*); Av (*A. vulgaris*).

TABELA 6. Coeficiente de correlação de Pearson entre as características botânico-agronômicas (altura- ALT, diâmetro do caule-DC, massa fresca das folhas- MFF, massa seca das folhas- MSF) e fitoquímicas ((E)-cariofileno- CAR, 1,8-cineol-CIN, cânfora-CAN e teor do óleo essencial- TO), de cinco espécies de *Artemisia*. Viçosa-MG, UFV, 2017.

	CAR	CIN	CAN	TO
ALT	-0,66 ns	-0,02 ns	0,812 ns	-0,465 ns
DC	-0,192 ns	-0,544 ns	-0,342 ns	-0,011 ns
MFF	0,627 ns	0,772 ns	-0,108 ns	-0,591 ns
MSF	0,935 *	0,502 ns	0,54 ns	-0,60 ns

ns = não significativo pelo teste "t" a 5% de probabilidade; * = significativo pelo teste "t" a 5% de probabilidade.

AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas de pesquisa (AJD, LCAB) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), por auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

ADAMS RP (2007) Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4^a. ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, USA.
MALIK AA, AHMAD J, MIR SR, ALI M, ABDIN MZ (2009)

Influence of chemical and biological treatments on volatile oil composition of *Artemisia annua* Linn. Ind Crop Prod 30: 380–383. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.006>

ARAÚJO CB, SANTOS AM, FERNANDES LA, MARTINS ER, SAMPAIO RA, COSTA CA, LEITE GLD (2009) Uso da adubação orgânica e cobertura morta na cultura da calêndula (*Calendula officinalis* L.). Rev Bras Plantas Med 18: 117–123. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722009000200001>

BAILLEN M, JULIO LF, DIAZ CR, SANZ J, MARTINEZ-DÍAZ, CABRERA R, BURILLO J, GONZALEZ-COLOMAA (2009) Chemical composition and biological effects of essential oils from *Artemisia absinthium* L.

- cultivated under different environmental conditions. *Ind Crop Prod* 49: 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.055>
- BALUNAS MJ, KINGHORN AD (2005) Drug discovery from medicinal plants. *Life Sci* 78: 431–441. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.09.012>
- BAMONIRI A, MIRJALILI BF, MAZOOCHI A, BATOOOL H (2010) Chemical composition of *Artemisia vulgaris* L. from Kashan area isolated by nano scale injection. *Iran J Org Chem* 2: 533–536.
- BARBOSA LCA, DEMUNER AJ, CLEMENTE AD, PAULA VF, ISAMEIL FMD (2012) Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* RADDI. *Quím Nova* 30(8): 1959–1965. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000800030>
- BARBOSA LCA, PEREIRA UA, MARTINAZZO AP, MALTHA CRA, TEIXEIRA RR, MELO EC (2008) Evaluation of the chemical composition of Brazilian commercial *Cymbopogon citratus* (D.C.) stapf samples. *Molecules* 13: 1864–1874. <https://dx.doi.org/10.3390/molecules13081864>
- BENEDETTI EL, SERRAT BM, SANTIN D, BRONDANI GE, REISSMANN CB, BIASI LA (2009) Calagem e adubação no crescimento de espinheira-santa [*Maytenus ilicifolia* (Schrader.) Planch.] em casa de vegetação. *Rev Bras Plantas Med* 11: 269–276. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722009000300007>
- CASTRO HG, CASALI VWD, CECON PR (2009) Crescimento inicial e épocas de colheita em seis acessos de *Baccharis myriocephala* D.C. *Rev Bras Plantas Med* 2: 1–6.
- CASTRO HG, FERREIRA FA, SILVA DJH, RIBEIRO JUNIOR JI (2006) Análise do crescimento de acessos de mentrasto (*Ageratum conyzoides* L.) em dois ambientes. *Rev Ciên Agr* 37: 44–49.
- CAVAR S, MAKSIMOVIC M, VIDIC D, PARIC A (2012) Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of essential oil of *Artemisia annua* L. from Bosnia. *Ind Crop Prod* 37: 479–485. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.07.024>
- CHAUHAN RS, KITCHLU S, RAM G, KAUL MK, TAVA A (2010) Chemical composition of capillene chemotype of *Artemisia dracunculoides* L. from North-West Himalaya, India. *Ind Crop Prod* 31: 546–549. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.02.005>
- CORRÊA RM, PINTO JEB, REIS ES, COSTA LCB, ALVES PB, NICULAN ES, BRANT RS (2010) Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. *Rev Bras Plantas Med* 12: 80–89. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722010000100012>
- DARWISH MSA, CABRAL C, GONÇALVES MJ, CAVALEIRO C, CRUZ MT, EFFERTH T, SALGUEIRO L (2015) *Artemisia herba-alba* essential oil from Buseirah (South Jordan): Chemical characterization and assessment of safe antifungal and anti-inflammatory doses. *J Ethnopharmacol* 174: 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.08.005>
- EREL SB, REZNICEK G, SENOLSG, KARABAY YAVASOGULU NÜ, KONYALIOGLU S, ZEYBEK AU (2012) Antimicrobial and antioxidant properties of *Artemisia* L. species from western Anatolia, Turk J Biol 36: 75–84. <https://doi.org/10.3906/biy-0912-27>
- GARLET TMB, SANTOS OS, MEDEIROS SLP, MANFRON PA, GARCIA DC, BORCIONI E, FLEIG V (2007) Produção e qualidade do óleo essencial de menta em hidroponia com doses de potássio. *Ciênc Rural* 37(4): 956–962. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000400006>
- HERRMANN S, JESSING KK, JORGENSEN NOG, CEDERGREEN N, KANDELER E, STROBEL BW (2013) Distribution and ecological impact of artemisinin derived from *Artemisia annua* L. in an agricultural ecosystem. *Soil Biol Biochem* 57: 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.08.011>
- KARIMI A, HADIAN J, FARZANEH M, KHADIVI-KHUB A (2015) Phenotypic diversity and volatile composition of Iranian *Artemisia dracunculoides*. *Ind Crop Prod* 65: 315–323. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.003>
- LARCHER W (2000) *Ecofisiologia Vegetal*, São Carlos: Rima. 531p.
- LOPES-LUTZ D, ALVIANO DS, ALVIANO CS, KOŁODZIEJCZYK PP (2008) Phytochemistry screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Ind Crop Prod* 69: 1732–1738. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.02.014>
- LORENZI H, MATOS FJA (2002) *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, Brasil.
- Lubbe A, Verpoorte R (2011) Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Ind Crop Prod* 34: 785–801. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.019>
- LUTZ DL, ALVIANO DS, ALVIANO CS, KOŁODZIEJCZYK PP (2008) Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry* 69: 1732–1738. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.02.014>
- LUZ LA, ARMAS RC (2010) Cultivo, cosecha y procesamiento poscosecha de *Artemisia annua* L. *Rev Cubana Plant Med* 15: 75–95.
- MAPELI NC, VIEIRA MC, HEREDIA Z NA, SIQUEIRA JM (2005) Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. *Hortic Bras* 23: 32–37. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000100007>
- MARCO CA, INNECCO R, MATTOS SH, BORGES NSS, MEDEIROS FILHO (2008) Influência de espaçamento, altura e época de corte no rendimento da biomassa e óleo essencial na cultura de capim citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.). *Rev Ciênc Agron* 37: 32–36.
- MARTINS FT, SANTOS MH, POLO M, BARBOSA LCA (2007) Effects of the interactions among macronutrients, plant age and photoperiod in the composition of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit essential oil from Alfenas (MG), Brazil. *Flavour Fragr J* 22: 123–129. <https://doi.org/10.1002/ffj.1769>
- MOREIRA MD, PISCANÇO MC, BARBOSA LCA, GUEDES RNC, BARROS EC, CAMPOS MR (2007) Compounds from *Ageratum conyzoides*: isolation, structural elucidation and insecticidal activity. *Pest Manag Sci* 63: 1254–1261. <https://doi.org/10.1002/ps.1376>
- MSAADA K, SALEM N, BACHROUCH O, BOUSSELM

- S, TEMMAR S, ALFAIFY A, SANE KA, AMMAR WB, AZEIZ S, BRAHIM AH, HAMMAMI M, SELMI S (2015) Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activities of wormwood (*Artemisia absinthium* L.) essential oils and phenolics. J Chem 15: 1-12. <https://doi.org/10.1155/2015/804658>
- ORAV AA, RAAL A, ARAK E, MUURISEPP M. KAILAS T (2006) Composition of the essential oil of *Artemisia absinthium* L. of different geographical origin, Estonian Acad Sci Chem 55: 155–165.
- OZGUVEN M, SENER B, ORHAN I, SEKEROGU N, KIRPIK, KARTAL M, PESIN I, KAYA Z (2008) Effects of varying nitrogen doses on yield, yield components and artemisinin content of *Artemisia annua* L. Ind Crop Prod 27: 60–64. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.07.012>
- PELLICER J, GARCIA S, GARNATJE T, HIDALGO O, SILJAK-YAKOVLEV S, VALLÈS J (2008) Molecular cytogenetic characterization of some representatives of the subgenus *Artemisia Absinthium* (genus *Artemisia*, Asteraceae). Collec Bot 27: 19–27. <http://dx.doi.org/10.3989/collectbot.2008.v27.2>
- PHILLIPSON JD (2001) Phytochemistry and medicinal plants. v.56, p.237–243.
- RAUT JS, KARUPPAYIL SM (2014) A status review on the medicinal properties of essential oils. Ind Crop Prod 62: 250–264. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.055>
- RIBEIRO AC, GUIMARÃES PTGG, ALVAREZ VHV (1999) Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Brasil.
- RODRIGUES DS, CAMARGO MS, NOMURAES, GARCIA VA, CORREA JN, VIDAL TCM (2014) et al. Influencia da adubação com nitrogênio e fósforo na produção de jambu, *Acmella oleracea* (L) R.K. Jansen. Rev Bras Plantas Med 16(1): 71–76. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722014000100010>
- SANTOS HG (2006) Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA, 306p.
- SEIXAS PTL, CASTRO HG, CARDOSO DP, CHAGASS JUNIOR AF, NASCIMENTO IR, BARBOSA LCA (2013) Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. Biosci J 29: 852–858.
- TODOROVAM, TRENDAFILOVAA, DANOVAK, SIMMONS L, WOLFRAMME E, MEIER B, RIEDL R, EVSTATIEVA L (2015) Highly oxygenated sesquiterpenes in *Artemisia alba* Turra. Phytochemistry 110: 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.12.008>
- VELOSO RA, CASTRO HG, CARDOSO DP, SANTOS GR, BARBOSA LCA, SILVA KP (2012) Composição e fungitoxicidade do óleo essencial de capim citronela em função da adubação orgânica. Pesq Agropec Bras 47: 1707-1713. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200005>