

Teor e composição química do óleo essencial e crescimento vegetativo de *Aloysia triphylla* em diferentes espaçamentos e épocas de colheita

Dalva Paulus¹, Raquel Valmorbida², Ezequiel Toffoli³, Gilmar Antônio Nava⁴, Eloi Paulus⁵

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a produção de biomassa, o teor e os componentes do óleo essencial de *Aloysia triphylla*, em função de diferentes espaçamentos de plantas e épocas de colheita. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos, no período de março de 2010 a janeiro de 2012. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial (3 x 11), parcelas subdivididas, sendo alocados na parcela três espaçamentos de plantio (1,0 x 1,0 m, 1,0 x 0,80 m, 1,0 x 0,60 m, entre linhas e entre plantas, respectivamente) e, nas subparcelas, 11 épocas de colheita (outubro/2010, novembro/2010, dezembro/2010, janeiro/2011, fevereiro/2011, março/2011, abril/2011, maio/2011, junho/2011, agosto/2011, setembro/2011). As características analisadas foram: altura de plantas, área foliar, biomassas fresca e seca, teor e composição química do óleo essencial. O óleo essencial foi extraído pela técnica de hidrodestilação, utilizando-se o aparelho de Clevenger, e analisado em cromatografia gasosa e espectrofotometria de massa (CG/EM). O espaçamento 1,0 x 1,0 m resultou em maior altura de plantas (1,57 m), área foliar (4.460,3 cm²), biomassas fresca (1.266 g por planta) e seca (594 g por planta) e teor de óleo essencial (0,30%). A colheita realizada no mês de fevereiro resultou em maior teor de óleo essencial (0,45%). Os componentes químicos do óleo essencial variam com espaçamentos e épocas de colheita, sendo o maior teor de citral no espaçamento 1,0 x 1,0 m e nos meses de setembro a abril.

Palavras-chave: *Aloysia triphylla*, densidade de plantio, sazonalidade.

ABSTRACT

Content and constituents of essential oil of *Aloysia triphylla* in different row spaces and harvest times

This study aimed to evaluate biomass production, content and components of the essential oil of *Aloysia triphylla* in different row spaces and harvest times. The experiment was conducted at the experimental area of Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos, from March 2010 to January 2012. The experimental design was a randomized block design with three replications in a factorial scheme (3 x 11), subdivided blocks allocated in three planting rows plot (1.0 x 1.0 m, 1.0 x 0.80 m, 1x 0.60 m between rows and between plants, respectively) and on subplots, 11 harvest times (October/2010, November/2010, December/2010, January/2011, February/2011, March/2011, April/2011, May/2011, June/2011, August / 2011, September/2011). The characteristics assessed were: plant height, leaf area, fresh and dry matter, content and chemical composition of essential oil. The essential oil was extracted by

Recebido para publicação em 12/06/2012 e aprovado em 23/04/2013

¹ Engenheira-Agrônoma, Doutora. Departamento de Horticultura, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Estrada para Boa Esperança, Km 04, Caixa Postal 157, 85660-000, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. dalvaufsmdeutch@yahoo.com.br (autora para correspondência).

² Graduanda em Engenharia Florestal. Departamento de Horticultura, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Estrada para Boa Esperança, Km 04, Caixa Postal 157, 85660-000, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. raquelvalmorbida@yahoo.com.br (Bolsista de Iniciação Científica).

³ Graduando em Engenharia Florestal. Departamento de Horticultura, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Estrada para Boa Esperança, Km 04, Caixa Postal 157, 85660-000, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. toffoliezequiel@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Horticultura, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, Estrada para Boa Esperança, Km 04, Caixa Postal 157, 85660-000, Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. gilmarnava@utfpr.edu.br

⁵ Engenheiro Florestal, Mestre. Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, Faixa de Camobi, Km 9, 97105-900, Santa Maria, Rio grande do Sul, Brasil. epaulus2000@yahoo.com.br

hydrodistillation technique, using a Clevenger apparatus and analyzed in a gas chromatography and mass spectrometry (GC/MS). The 1 x 1 m spacing resulted in greater height (1.57 m), leaf area (4460.3 cm²), fresh weight (1.266 g per plant), dry weight (594 g per plant) and content of essential oil (0.30%). The harvest performed in February resulted in higher levels of essential oil (0.45%). The chemical constituents of the essential oil vary with spacing and harvesting time. The highest content of citral was observed in plants cultivated at 1.0 x 1.0 m spacing and harvested from September to April.

Key words: *Aloysia triphylla*, planting density, seasonality.

INTRODUÇÃO

A espécie medicinal *Aloysia triphylla* (L'Hérit) Britton (Verbenaceae) é conhecida, popularmente, como limonete, ou cidrão. É uma espécie nativa da América do Sul e seu cultivo é feito no sul do Brasil. A planta possui porte arbustivo, com altura de 2 a 3 m, ramificada e ereta. Trata-se de uma erva adstringente, com propriedades aromáticas e rica em óleo volátil, que age como sedativo brando. Suas folhas têm grande importância medicinal, sendo empregadas no combate a resfriados febris, além de ser antiespasmódica, eupéptica, estimulante, calmante e tônica. Também é usada para tratamento contra afecções do coração, histeria e melancolia (Lorenzi & Matos, 2008).

O componente químico de maior interesse, extraído da *Aloysia triphylla*, é o citral, substância que confere grande importância às indústrias farmacêutica e cosmética. Além do seu uso como perfume, o citral é empregado na síntese de ionona (perfume da violeta), beta-caroteno e vitamina A (Czepak & Cruciol, 2003).

Figueiredo *et al.* (2004) identificaram, como constituintes majoritários do óleo essencial de *Aloysia triphylla*, geranial (29,54%), neral (27,01%), limoneno (15,93%), acetato de geranila (4,0%) e geraniol (3,96%). Segundo os autores, esta espécie possui elevada quantidade de monoterpênicos e baixa quantidade de sesquiterpênicos.

O espaçamento entre plantas destaca-se como um dos fatores mais importantes do cultivo, pois influencia o crescimento e o rendimento final, que, por sua vez, depende da produtividade individual da planta e da população de plantas, mantida por unidade de área (Yadava, 2001). Além disso, a densidade de plantio no campo pode contribuir, positiva, ou negativamente, para a competição entre a cultura e as plantas invasoras por recursos como água, radiação e nutrientes (Monteiro *et al.*, 2011).

A época de colheita também influencia o rendimento e composição do óleo essencial de plantas aromáticas. A biossíntese dos óleos essenciais é influenciada por fatores climáticos, como fotoperíodo, temperatura, umidade, precipitação e intensidade de radiação solar, que podem determinar a época ideal de colheita ou o local de cultivo, onde se poderão obter maiores quantidades de óleo essencial e do princípio ativo de interesse (Taveira *et al.*, 2003).

No caso das espécies medicinais, a densidade de plantio e a época de colheita podem favorecer, ou não, a produtividade, em termos de biomassa e de princípios ativos de interesse para as indústrias farmacêutica e cosmética. O conhecimento prévio das condições de cultivo é de fundamental importância para estimular o aumento da produção dos componentes dos óleos essenciais (Lima *et al.*, 2003) e, dessa forma, obter óleos essenciais com alta qualidade e melhores valores de mercado (Melo *et al.*, 2011).

Marco *et al.* (2007) constataram que capim-citronela, na altura de corte de 15 cm e em densidades menores (0,80 x 0,80 m), tem produção de óleo essencial maior (40,02 mL/kg de massa seca) do que em densidades maiores de plantas (0,50 x 0,50 m).

A influência da sazonalidade sobre a produção de óleo essencial de *Alloysia triphila* foi verificada por Brant *et al.* (2008), em Lavras, MG, onde os autores constataram que a melhor época de colheita foi de fevereiro a outubro, quando a produção de biomassa e de óleo extraído foram maiores. Ventrella & Ming (2000) verificaram alterações no teor e na composição química do óleo essencial de erva-cidreira (*Lippia alba* Mill), em função das épocas de colheita e dos níveis de sombreamento. Os autores observaram que as colheitas realizadas em janeiro, quando a temperatura e a intensidade luminosa foram altas durante o desenvolvimento das plantas, a produção de matéria seca foliar, de 188, 23 g m², e, a produção de óleo essencial, de 0,35 mL/100 g de massa seca foram máximas, no cultivo a pleno sol.

Diante da escassez de informações, na literatura, sobre a *Aloysia triphylla*, e da importância de estudos sobre a influência do espaçamento de plantio e época de colheita das plantas, na produção de biomassa e teor de óleo essencial, a realização deste estudo se justifica, pois essas informações são de grande importância para o produtor de óleo essencial, no momento da colheita. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a produção de biomassa, o teor e os componentes químicos do óleo essencial de *Aloysia triphylla*, em função de diferentes espaçamentos e de épocas de colheita das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Dois Vizinhos, no período de março de 2010 a janeiro de 2012. O clima da região é classificado como Cfa subtropical úmido, sem estação seca definida e temperatura média do mês mais quente de 22°C. O solo é do tipo Nitossolo Vermelho distroférrico (Bhering *et al.*, 2008), que apresentou, em pré-plantio, as seguintes características químicas, na camada de 10 a 20 cm de profundidade: pH (água) = 5,7; matéria orgânica (g dm^{-3}) = 41,55; P, Cu, Fe, Zn, Mn (mg dm^{-3}): 31,29, 6,67, 19,67, 7,89, 197,26, respectivamente; Ca, Mg, K, SB, H+Al ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 8,47, 2,78, 1,10, 12,35, 3,97, respectivamente; V = 75,67%.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial (3 x 11) parcelas subdivididas, sendo alocados na parcela três espaçamentos de plantio (1,0 x 1,0 m, 1,0 x 0,80 m, 1 x 0,60 m, entre linhas e entre plantas, respectivamente); e, nas subparcelas, 11 épocas de colheita (outubro/2010, novembro/2010, dezembro/2010, janeiro/2011, fevereiro/2011, março/2011, abril/2011, maio/2011, junho/2011, agosto/2011, setembro/2011) que corresponderam a 213, 247, 270, 300, 334, 368, 398, 430, 460, 521, 550 dias após o transplântio (DAT), respectivamente. Não foram realizadas extrações de óleo essencial no mês de julho, pois as plantas estavam sem folhas. A área de cada parcela (espaçamentos) foi de 132 m² (4,0 m x 33,0 m) e, a das subparcelas (épocas de colheita), de 12 m² (3,0 m x 4,0) de área útil.

As mudas foram obtidas de propagação vegetativa por estaquia, utilizando-se estacas apicais de 5,0 cm de comprimento e 2,0 mm de diâmetro, coletadas de plantas matrizes do Horto Medicinal da UTFPR. As estacas foram enraizadas em bandejas de poliestireno, de 72 células, contendo substrato comercial, sob nebulização intermitente.

As plantas, com dez centímetros de altura, foram transplantadas, em 28 de março de 2010, para covas de 0,3 x 0,3 m, nos espaçamentos de 1,0 x 1,0 m, 1,0 x 0,80 m, 1 x 0,60 m, entre linhas e entre plantas, respectivamente. Na adubação de plantio, foram usados 3 L/cova de cama de aviário fermentada e, na adubação de cobertura, 1 L/planta, aos 300 dias após o transplântio. Para a fermentação, a cama de aviário foi colocada em leira, em que se realizou revolvimento, para permitir aeração e controle de temperatura, e ali, ficou curtindo por três meses (Kiehl, 2004). Durante o período de cultivo da *Aloysia triphylla*, foram realizadas irrigações, por microaspersão, e controle de plantas espontâneas, por meio de capinas manuais.

Os dados meteorológicos (precipitação, temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar) foram obtidos da estação meteorológica (16 UTC) da UTFPR – Campus Dois

Vizinhos, localizada próxima à unidade experimental (Tabela 1).

O óleo essencial de todas as colheitas (outubro/2010 a setembro/2011 e janeiro/2012) foi extraído por hidrodestilação, em aparelho de Clevenger modificado, por 120 minutos, com três repetições por tratamento. Foram utilizadas amostras compostas de 70 g de folhas frescas sadias, de três plantas por parcela, colhidas às oito horas da manhã, em cada tratamento. As folhas foram coletadas nas regiões apical, mediana e basal, formando uma amostra representativa da planta, e picadas em fragmentos de aproximadamente 1,0 cm, imediatamente antes da extração. O hidrolato obtido foi submetido à partição líquido-líquido, em funil de separação, com três porções de 25 mL de diclorometano, por 20 minutos, cada. As frações orgânicas de cada repetição foram reunidas e secadas com uma porção de sulfato de magnésio anidro. O sal foi removido por filtração simples e, o solvente, evaporado, à temperatura ambiente, em capela de exaustão, até alcançar peso constante, obtendo-se, assim, o óleo essencial purificado. Após a obtenção do óleo essencial puro, foi obtida sua massa, sendo, o teor, calculado pela fórmula: $T (\%) = \text{Massa do óleo (g)} / 70 \text{ g de folhas frescas} \times 100$.

As análises químicas do óleo essencial foram realizadas em sistema de cromatografia gasosa HP5890, equipado com detector de ionização em chamas, com coluna BP-1 (SGE) (25 m x 0,25 mm x 0,25 μm). Utilizou-se hidrogênio, como gás de arraste (2 mL min⁻¹); a temperatura do injetor e do detector foi de 220°C. A temperatura inicial do forno foi de 60°C, mantendo-se uma isoterma de 1 min, seguida por uma rampa de temperatura de 3°C/min até 220°C. O óleo foi diluído em clorofórmio (1% v/v) e 1 μL foi injetado automaticamente no cromatógrafo, no modo *split*, a uma razão de injeção de 1:50. A identificação dos picos foi realizada por comparação dos índices de retenção, relativos à coinjeção da série linear de *n*-alcanos (C10 a C18), com índices de retenção de literatura (Adams, 2001).

A colheita final foi realizada aos 662 dias após o transplântio das mudas. No mês de janeiro de 2012, no período da manhã, realizou-se a coleta de cinco plantas centrais de cada parcela, para determinação de parâmetros de crescimento (biomassas fresca e seca das folhas, área foliar e altura das plantas), teor e rendimento de óleo essencial, por planta. O rendimento foi calculado pela fórmula $\text{ROE} = \text{massa de óleo (g)} \times \text{massa fresca da planta} / \text{g de folha fresca}$. A área foliar foi determinada em medidor de área foliar modelo LICOR. A altura foi determinada com auxílio de trena, realizando-se medidas do colo até o ápice da planta.

Os resultados de teor, rendimento e composição química do óleo essencial, biomassas fresca e seca das folhas, área foliar e altura das plantas foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa “SAS” (SAS,

1999). As variâncias dos tratamentos foram testadas, quanto à homogeneidade, pelo teste de Bartlett, e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre espaçamentos e épocas de colheita (meses), para as variáveis analisadas. Considerando-se as colheitas realizadas nos 11 meses, verificou-se que, no espaçamento 1,0 x 1,0 m, o teor de óleo essencial foi maior (0,32%) que nos demais. O adensamento de plantas resultou em menor teor de óleo essencial (0,21%) (Tabela 2).

Nas condições em que o estudo foi realizado, constatou-se que a distribuição das plantas no espaçamento 1,0 x 1,0 m permitiu maior incidência dos raios solares, o que, provavelmente, contribuiu para maior atividade fotossintética, área foliar e produção de biomassa, resultando em maior teor de óleo essencial.

Marco *et al.* (2007) avaliaram o efeito das densidades de plantio (0,50 x 0,50 m, 0,50 x 0,80 m e 0,80 x 0,80 m), na produção de óleo essencial de capim-citronela (*Cymbopogon winterianum* Jowitt.), e obtiveram maior produção de óleo essencial no maior espaçamento avaliado (40 mL kg⁻¹ de massa seca). Segundo os autores, em espaçamentos maiores, ocorre maior desenvolvimento da

planta e da área foliar, contribuindo para aumentar o teor dos princípios ativos na planta.

No mês de fevereiro, observou-se o maior teor de óleo essencial (0,45%). Nesse mês, a planta estava em pleno crescimento vegetativo, caracterizado pelo aumento abundante de biomassa, especialmente de folhas jovens. Adzet *et al.* (1992) verificaram que, para produção de óleos essenciais, folhas jovens são fisiologicamente mais ativas que folhas maduras. Brant *et al.* (2008) observaram comportamento semelhante, com a mesma espécie, na região de Lavras, Minas Gerais.

Os meses de abril, maio e junho apresentaram os menores valores de teor de óleo essencial (0,16 a 0,19%), não diferindo estatisticamente, entre si e do mês de agosto de 2011 (Tabela 2). Nos meses de maio e junho, estação de outono-inverno, verificou-se queda de temperaturas (16,9 e 14,5°C) e de radiação (596,5 e 496,8 kJ m⁻²). Nesses meses, também foram observados queda das folhas e crescimento lento das plantas decorrentes dos fatores ambientais adversos. É importante considerar que as plantas de *Aloysia triphylla*, na região sul do Brasil, iniciam a perda das folhas nos meses de maio e junho, com uma taxa gradativa de 40%, havendo ainda folhas suficientes para extração de óleo essencial. No mês de julho, com a ocorrência de geadas, a taxa de perda de folhas foi de 100%, não houve folhas para extração de óleo essencial. Os re-

Tabela 1. Dados meteorológicos de temperatura, radiação, precipitação e umidade relativa da UTFPR – Campus Dois Vizinhos, PR, no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011. Dois Vizinhos, PR

Data	Temperaturamédia (°C)	Radiação (kJ m ⁻²)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)
Janeiro/10	23,9	922,9	293,2	81,5
Fevereiro/10	24,4	948,3	216,0	79,6
Março/10	23,1	893,4	178,0	74,4
Abril/10	20,0	717,8	198,6	74,8
Maio/10	16,1	634,1	127,4	83,1
Junho/10	16,4	810,4	60,2	76,1
Julho/10	16,1	766,9	76,6	77,8
Agosto/10	17,0	714,8	34,8	65,7
Setembro/10	19,8	687,8	28,0	62,5
Outubro/10	19,6	864,4	260,6	67,0
Novembro/10	21,0	1070,5	272,6	69,3
Dezembro/10	22,2	1145,4	267,6	81,1
Janeiro/11	23,6	995,1	198,8	81,7
Fevereiro/11	24,3	830,1	186,0	84,8
Março/11	23,3	886,1	70,8	72,1
Abril/11	20,6	806,8	104,8	76,5
Maio/11	16,9	596,5	31,0	76,6
Junho/11	14,5	496,8	142,2	78,5
Julho/11	15,9	499,8	263,0	76,6
Agosto/11	16,5	653,5	251,0	75,4
Setembro/11	19,0	1003,2	66,2	64,6
Outubro/11	20,9	912,1	271,8	69,6
Novembro/11	21,6	1020,5	139,0	67,8
Dezembro/11	23,2	1179,3	36,8	65,5

sultados de teor de óleo essencial, nesses meses, sugerem ser decorrentes das condições climáticas (temperatura e radiação). Segundo Sangwan *et al.* (2001), a radiação é um importante fator que pode interferir na produção e na qualidade dos óleos essenciais, por meio da fotossíntese, da modulação do fotoperíodo e da qualidade da luz.

Nos meses de maio e junho, em função das condições climáticas terem sido desfavoráveis ao crescimento, possivelmente ocorreu ativação do mecanismo natural fonte-dreno, o qual degrada os metabólitos secundários e os direciona para a manutenção do metabolismo primário (Taiz & Zeiger, 2004).

Brant *et al.* (2008) também verificaram redução no teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla*, nos meses de junho (0,133%) e agosto (0,020%), por causa das condições climáticas adversas (temperatura, precipitação e umidade) e do crescimento lento das plantas. Esse efeito também foi observado por Deschamps *et al.* (2008), que constataram, a diminuição do teor de óleo essencial, em diferentes espécies de *Mentha*, por ocasião do inverno, relacionada com a diminuição da temperatura, umidade e radiação.

Outro fator, que pode ter contribuído para os resultados nos meses de abril a junho, foi o desenvolvimento fisiológico da planta. A *Aloysia triphylla* emite folhas em processo continuado, havendo maturação e posterior senescência das folhas mais velhas, que secam ou caem dos ramos nessa estação, diminuindo a biomassa foliar. Isso implica, necessariamente, ajuste de época de colheita antes da senescência das folhas.

A análise cromatográfica dos óleos essenciais, extraídos de plantas nos diferentes espaçamentos, revelou grande variabilidade na composição química. Os constituintes identificados no óleo essencial de *Aloysia triphylla*

foram: geranial (28,39 a 36,90%), neral (19,17 a 27,55%), limoneno (11,20 a 16,15%), nerolidol (5,23 a 12,34%), além de E- β -ocimeno, zingibereno, cariofileno, β -pineno, sabineno, germacreno D, ar-curcumeno, acetato de geranila, terpinen-4ol, α -terpineol, linalool, trans óxido limoneno, α -pineno, mirceno e cis-óxido-limoneno em menores quantidades (Tabela 3). A mistura dos isômeros (geranial e neral) forma o citral, principal constituinte do óleo essencial de *Aloysia triphylla* (Lorenzi & Mattos, 2008).

O espaçamento 1,0 x 1,0 m resultou em maior teor de geranial (36,90%) e linalol (1,20%). Os espaçamentos 1,0 x 1,0 m e 1,0 x 0,8 m apresentaram os maiores teores de neral (27,55 e 25,53%) e limoneno (16,15 e 14,24%), respectivamente. Já os teores de α -pineno (0,53 a 0,83%), mirceno (0,42 a 0,50%), cis-óxido limoneno (0,30 a 0,40%) não diferiram, estatisticamente, nos espaçamentos avaliados. O adensamento de plantas alterou a composição qualitativa e quantitativa do óleo essencial, resultando em menores teores de geranial, neral e limoneno (Tabela 3).

Brant *et al.* (2009) encontraram teores semelhantes de neral (20%) e geranial (30%), em plantas de *Aloysia triphylla*, cultivadas no espaçamento de 1,0 x 1,0 m.

Nas análises de Brant *et al.* (2009), o citral (geranial + neral) correspondeu a, aproximadamente, 50% do óleo essencial. Já, neste trabalho, o teor de citral foi de 64,45%, no espaçamento de 1,0 x 1,0 m.

Nos meses de outubro a março, observaram-se maiores teores do óleo essencial geranial (36,0 a 39,0%). Os meses de agosto a abril apresentaram os maiores teores de neral (24,50 a 29,70%). O mês de junho apresentou o menor teor de geranial (26,17%) e, os meses de maio e junho, os menores teores de neral (20,30 e 18,04%), respectivamente (Tabela 4). Nesses meses, as temperaturas (19,6; 21,0; 22,2; 23,6; 24,3 e 23,3°C), as radiações (864,4;

Tabela 2. Teor de óleo essencial de folhas frescas de *Aloysia triphylla* em resposta de espaçamentos e épocas de colheita. Dois Vizinhos, UTFPR, 2011

Épocas/Espaçamentos	1,0 x 1,0 m	1,0 x 0,8m	1,0 x 0,6m	Média: mês
Outubro/2010	0,39	0,30	0,26	0,32bc*
Novembro/2010	0,33	0,27	0,20	0,27cd
Dezembro/2010	0,34	0,31	0,27	0,31c
Janeiro/2011	0,45	0,37	0,31	0,38b
Fevereiro/2011	0,55	0,42	0,37	0,45a
Março/2011	0,33	0,28	0,22	0,28c
Abril/2011	0,24	0,17	0,15	0,19e
Mai/2011	0,17	0,16	0,14	0,16e
Junho/2011	0,21	0,19	0,10	0,17e
Agosto/2011	0,24	0,21	0,17	0,21de
Setembro/2011	0,33	0,24	0,20	0,26cd
Média: espaçamento	0,32A	0,26B	0,21C	
CV (%)			16	

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

1070,5; 1145,4; 995,1; 830,1 e 886,1 kJ m⁻²) e as precipitações (260,6; 272,6; 267,6; 198,8; 186 e 70,8 mm), respectivamente, foram mais elevadas e, nos meses de maio e junho, houve diminuição nas temperaturas médias (16,9 e 14,5°C), nas radiações (596,5 e 496,8 kJ m⁻²) e nas precipitações (31 e 142,2 mm), respectivamente.

A importância comercial do óleo essencial da *Aloysia triphylla* depende da percentagem de geranial e neral, bem como da baixa percentagem de outros componentes indesejáveis, tais como o nerol e geraniol, que são formas oxidativas do neral e geranial, e que afetam a sua qualidade (Tabatavaie & Nazari, 2007). Esses componentes oxidativos (nerol e geraniol) não foram encontrados no óleo essencial.

Com relação à altura, à área foliar, às biomassas fresca e seca, ao teor e ao rendimento de óleo essencial, observaram-se maiores valores no espaçamento 1,0 x 1,0 m (Tabela 5), em que as plantas estavam mais ramificadas, em relação aos dos espaçamentos menores. A menor densidade permitiu uma distribuição mais uniforme das plantas por área, possibilitando a utilização mais eficiente de luz, água e nutrientes, o que pode ter contribuído para o resultado obtido. Os dados de produção de biomassa são muito importantes para o produtor, pois, além do óleo essencial, as folhas de *A. triphylla* são comercializadas para chás.

A maior área foliar no espaçamento 1,0 x 1,0 m pode ser devida à maior exposição das folhas à luz difusa, resultando no aumento da área foliar específica, pela maior

expansão foliar e maior acúmulo de fotoassimilados, o que contribui para maior produção de biomassa (Favorito *et al.*, 2011).

Apesar de o espaçamento 1,0 x 0,6 m apresentar maior número de plantas por área (16.667 plantas ha⁻¹), ele não superou a produção de biomassa fresca (12.660 kg ha⁻¹) e seca (5.940 kg ha⁻¹), obtida no espaçamento 1,0 x 1,0 m. Constatou-se que, para essa espécie, por apresentar porte arbustivo e ramificado, o adensamento de plantas exerceu influência na arquitetura, no crescimento, no teor e no rendimento de óleo essencial.

Segundo Minami *et al.* (1998), o aumento da densidade populacional resulta na competição entre plantas, sendo o desenvolvimento individual prejudicado. De acordo com Biasi & Deshamps (2009), os menores espaçamentos resultam em menor aproveitamento dos recursos do meio, não expressando todo o potencial genético da planta.

Resultados semelhantes foram observados por Monteiro *et al.* (2011), em *Mentha campestris* Schur, quando os autores constataram que, na segunda época de colheita, quando as plantas apresentavam desenvolvimento superior, o plantio mais adensado e a conseqüente maior redução de radiação disponível no dossel das plantas, reduziu o teor de óleo essencial. Marco *et al.* (2007) observaram que capim-citronela, em espaçamentos mais largos (0,80 x 0,80 m), apresentou produção de óleo essencial superior à dos espaçamentos 0,50 x 0,80 m e 0,50 x 0,50 m, em plantas cortadas a 15 cm do solo.

Tabela 3. Componentes do óleo essencial (%) de *Aloysia triphylla* em resposta a espaçamentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2011

Componentes	*IK	Espaçamentos		
		1,0 x 1,0 m	1,0 x 0,8 m	1,0 x 0,6 m
α-pineno	960	0,53a**	0,83a	0,64a
Sabineno	980	0,34b	0,50b	1,75a
β-pineno	982	0,68b	1,51a	0,90b
Mirceno	994	0,42a	0,50a	0,45a
Limoneno	1020	16,15a	14,24a	11,20b
(E)-β-ocimeno	1036	0,41c	0,96b	2,31a
Linalol	1078	1,20a	0,90b	0,85b
Cis óxido limoneno	1103	0,30a	0,33a	0,40a
Trans - oxido limoneno	1113	0,53c	1,29b	1,49a
Terpinen-4ol	1149	0,75b	1,27a	1,63a
α-terpineol	1162	0,22b	1,06a	1,40a
Neral	1208	27,55a	25,53a	19,17b
Geranial	1239	36,90a	29,10b	28,39b
Acetato de geranila	1363	2,00b	3,08a	2,52b
Cariofileno	1405	0,70b	2,57a	2,66a
Germacreno D	1464	0,98b	1,85a	1,40a
Ar-curcumeno	1468	1,30c	5,30a	2,40b
Zingibereno	1483	0,95c	1,45b	2,11a
Nerolidol	1558	6,89b	5,23b	12,34a
Total identificado		98,8	97,5	94,01

* IK=Índice de Kovats

**Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Constituintes químicos do óleo essencial (%) de *Aloysia triphylla* em função de épocas de colheita (outubro, novembro e dezembro/2010, janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, agosto e setembro/2011). Dois Vizinhos, UTFPR, 2011

Compostos	*IK	Meses										
		2010			2011							
		O	N	D	J	F	M	A	M	J	A.	S
α-pineno	960	1,01a**	0,85a	-	-	-	0,61a	0,75a	0,55a	0,90a	0,70a	0,80a
Sabineno	980	1,69a	0,33b	-	-	-	0,32b	0,30b	0,52b	1,77a	-	1,75a
β-pineno	982	1,65a	0,70b	0,71b	-	0,60b	0,72b	0,85b	0,80b	1,40a	0,87b	1,52a
Mirceno	994	0,40a	-	-	-	-	0,50a	0,41a	0,49a	0,47a	0,40a	0,40a
Limoneno	1020	13,60b	14,63a	16,10a	15,26a	17,20a	10,17b	12,00b	14,10a	12,80b	9,00c	13,40b
(E)-β-ocimeno	1036	0,74b	0,60c	0,80b	0,40c	0,42c	0,90b	0,55	2,20a	2,40a	2,30a	1,40b
Linalol	1078	1,20a	0,85b	0,90b	1,02a	1,10a	1,07a	0,73b	0,75b	0,83b	0,80b	0,53c
Cis óxido limoneno	1103	0,39a	0,34a	0,30a	0,35a	0,27a	0,29a	0,31a	0,30a	0,40a	0,29a	0,37a
Trans-óxido limoneno	1113	1,30a	0,91b	0,80b	1,20a	0,44c	0,60b	0,50c	1,30a	1,20a	1,29a	1,45a
Terpinen-4ol	1149	0,70b	0,71b	1,25a	0,79b	0,75b	0,80b	0,78b	1,26a	1,50a	1,49a	1,65a
α-terpineol	1162	0,23c	0,40b	-	0,38b	0,30b	1,33a	1,38a	1,38a	1,10a	0,50b	0,27c
Neral	1208	24,50a	25,28a	26,43a	27,45a	29,70a	28,30a	26,13a	20,30b	18,02b	29,31a	29,04a
Geranial	1239	36,00a	37,12a	36,89a	36,40a	39,00a	36,30a	33,20b	29,39b	26,17c	31,11b	33,55b
Acetato de geranila	1363	2,15b	2,10b	2,74ab	3,02a	2,60b	3,10a	2,30b	2,04b	3,00a	2,40b	2,10b
Cariofileno	1405	2,50a	2,60a	2,58a	0,75c	-	1,80b	1,73b	2,70a	2,40a	0,78c	2,30a
Germacreno D	1464	-	0,90b	-	1,70a	0,85b	0,80b	1,74a	1,90a	1,75a	1,72a	-
Ar-curcumeno	1468	2,10b	1,80b	1,65b	1,20c	-	1,00c	4,80a	6,24a	1,96	2,50b	1,90b
Zingibereno	1483	1,00b	1,09b	0,80b	0,19c	0,85b	2,10a	2,00a	2,05a	1,40b	2,20a	1,14b
Nerolidol	1558	4,55c	5,65b	6,36b	7,34b	4,78c	5,14b	6,10b	6,78b	13,90a	6,58b	3,80c
Total identificado		95,71	96,86	98,31	97,45	98,86	95,85	96,56	95,05	93,37	94,24	97,37

* IK=Índice de Kovats e - = Não detectado

**Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Altura (Alt.), área foliar (AF), biomassa fresca (BF) e seca (BS), teor de óleo essencial (TOE), rendimento do óleo essencial (REO) de *Aloysia triphylla* colhida, em janeiro de 2012, aos 662 dias após o transplante em função de espaçamentos. Dois Vizinhos, UTFPR, 2012

Espaçamentos	Alt.(m)	AF(cm ²)	BF(g planta ⁻¹)	BS(g planta ⁻¹)	TOE(%)	ROE(g planta ⁻¹)
1,0 x 1,0 m	1,57 a*	4.460,3a	1.266a	594a	0,30a	3,80a
1,0 x 0,8 m	1,12 b	4.112,2 b	812b	365b	0,25b	2,03b
1,0 x 0,6 m	0,64 c	4.085,7 b	434c	168c	0,21c	0,91c
CV (%)	12	10	22	18	20	13

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

O espaçamento mais indicado para se obter maior produção de biomassa fresca e seca, teor e rendimento de óleo essencial, em *Aloysia triphylla*, é 1,0 x 1,0 m.

A época de colheita indicada para se obter maior teor de óleo essencial é fevereiro.

Os componentes químicos do óleo essencial variam com espaçamentos e épocas de colheita, sendo maior o teor de citral no espaçamento 1,0 x 1,0 m e nos meses de setembro a abril.

REFERÊNCIAS

- Adams RP (2001) Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Carol Stream, Allured Publishing. 469p.
- Adzet T, Ponz R, Wolf E & Schulte E (1992) Content and composition of *Melissa officinalis* oil in relation to leaf position and harvest time. *Planta Medica*, 58:558-561.
- Biasi LA & Deschamps C (2009) Do cultivo à produção de óleo essencial. In: Sommer, PG (Eds.) Manual de plantas aromáticas. Curitiba, Layer Studio Gráfico e Editora Ltda. p.100-103.
- Bhering SB, Santos HG dos, Bognola IA, Cúrcio GR, Manzatto CV, Carvalho Junior W de, Chagas CS, Áglío MLD & Souza JS (2008) Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada. Rio de Janeiro, Embrapa/IAPAR. 74p.
- Brant RS, Pinto JEBP, Bertolucci SKV & Albuquerque CJB (2008) Teor do óleo essencial de cidrão [*Aloysia triphylla* (L' Hér) Britton] em função da variação sazonal. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 10:83-88.
- Brant RS, Pinto JEBP, Bertolucci SKV, Silva A & Albuquerque CJB (2009) Teor do óleo essencial de cidrão [*Aloysia triphylla* (L' Hér) Britton] em diferentes horários de colheita e processamento pós-colheita. *Ciência Agrotecnologia*, 33:2065-2068.
- Czepak MP & Cruciol CAC (2003) Produtividade e composição do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) STAPF) em diferentes arranjos espaciais. In: Simpósio Brasileiro de Plantas Mediciniais: Diagnóstico e Perspectivas, Campinas. Anais, Instituto Agrônomo. p.113 -115.
- Deschamps C, Zanatta JL, Bizzo HR, Oliveira MC & Roswalka LC (2008) Avaliação sazonal do rendimento de óleo essencial em espécies de menta. *Ciência Agrotecnologia*, 32:725-730.
- Favorito PA, Echer MM, Offemann LC, Schindwein MD, Colombare LF, Schneider RP & Hachmann TL (2011) Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13:582-586.
- Figueiredo RO de, Stefanini MB, Ming LC, Marques MOM & Facanali R (2004) Essential oil composition of *Aloysia triphylla* (L'Herit) Britton leaves cultivated in Botucatu, São Paulo, Brazil. *Acta Horticulturae*, 629:131-134.
- Kiehl EJ. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 2004. Piracicaba, ESALQ. 173p.
- Lima HRP, Kaplan MAR & Cruz AVM (2003) Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. *Revista Floresta e Ambiente*, 10:71-77.
- Lorenzi H & Matos FJA (2008) Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2.ed. Nova Odessa, Plantarum. 486p.
- Marco C, Innecco R, Mattos SH, Borges NSS & Nagao EO (2007) Características do óleo essencial de capim-citronela em função de espaçamento, altura e época de corte. *Horticultura Brasileira*, 25:429-432.
- Melo MTP, Carvalho Júnior WGO, Souza MF, Figueiredo LS & Martins ER (2011) Produção de fitomassa e teor de óleo essencial de folhas de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em diferentes espaçamentos de plantio. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13:230-234.
- Minami K, Cardoso AII, Costa F & Duarte FR (1998) Efeito do espaçamento sobre a produção em rabanete. *Bragantia*, 57:169-173.
- Monteiro R, Deschamps C, Biasi LA & Bizzo H (2011) Desenvolvimento vegetativo de *Mentha campestris* Schur e produção de mentol em diferentes espaçamentos de plantio e épocas de colheita. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13:401-407.
- Sangwan NS, Farooqi AHA, Sfiabih F & Sangwan RS (2001) Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34:3-21.
- SAS Institute Inc. (1999) SAS: user's guide statistics: version 8.0 edition.
- Tabatavaie SJ & Nazari J (2007) Influence of nutrient concentrations and NaCl salinity on the growth, photosynthesis and essential oil content of peppermint and lemon verbena. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31:245-253.
- Taiz L & Zeiger E (2004) Fisiologia Vegetal. Porto Alegre, Artmed. 719p.
- Taveira FSN, Lima WN, Andrade EHA & Maia JGS (2003) Seasonal essential oil variation of *Aniba canellilla*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31:69-75.
- Ventrella MC & Ming LC (2000) Produção de matéria seca e óleo essencial em folhas de erva cidreira sob diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita. *Horticultura Brasileira*, 18:972-974.
- Yadava AK (2001) Cultivation of lemon grass (*Cymbopogon flexuosus*, 'CKP-25') under Poplar based agroforestry system. *Indian Forester*, 127:213-223.