

## Densidade de tricomas glandulares e produção de óleo essencial em *Mentha arvensis* L., *Mentha x piperita* L. e *Mentha cf. aquatica* L.

Cícero Deschamps<sup>1</sup>, Jorge Luiz Zanatta<sup>2</sup>, Luciane Roswalka<sup>3</sup>, Marisa de Cácia Oliveira<sup>4</sup>, Humberto R. Bizzo<sup>5</sup>, Yedo Alquini<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Paraná  
Rua dos Funcionários, 1540, Juvevê, Curitiba, PR, CEP 80035-050  
e-mail: [cicero@ufpr.br](mailto:cicero@ufpr.br)

<sup>5</sup>Embrapa Agroindústria de Alimentos;

<sup>6</sup>Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná

### Resumo

O gênero *Mentha* possui importância econômica como fonte de óleos essenciais para a indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica. Os principais constituintes do óleo essencial destas espécies são terpenos cuja biossíntese está localizada nos tricomas glandulares peltados das folhas. Neste trabalho, determinou-se o rendimento e a composição do óleo essencial, correlacionados com a densidade de tricomas glandulares em ambas as faces (abaxial e adaxial) e em três regiões (proximal, mediana e distal) das folhas nas espécies *Mentha cf. aquatica* L., *Mentha x piperita* L. e *Mentha arvensis* L. O experimento foi conduzido no Centro de Estações Experimentais do Canguiri (UFPR) com plantas propagadas por estaquia. A contagem de tricomas foi realizada por meio de microscopia óptica em folhas expandidas do sexto nó e a extração de óleo essencial por hidrodestilação. A maior densidade de tricomas foi observada nas regiões mediana e proximal da face abaxial de *Mentha arvensis* e distal adaxial de *Mentha x piperita*. Em *Mentha cf. aquatica* a maior densidade foi observada na região distal da face abaxial. Outros fatores, como perdas por volatilização e/ou catabolismo, parecem ser mais determinantes no acúmulo de óleo essencial que a densidade de tricomas, pois o maior rendimento de óleo essencial foi observado em *Mentha x piperita* (32,09  $\mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$  de MS da folha) e *Mentha cf. aquatica* (33,23  $\mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$  de MS da folha), comparado com *Mentha arvensis* (16,61  $\mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1}$  de MS

da folha). Os constituintes linalol e acetato de linalila foram predominantes nas espécies *M. aquatica* e *M. x piperita* e  $\alpha$ -terpineol em *M. arvensis*. Os resultados obtidos indicam para a possibilidade de exploração destes materiais genéticos para a obtenção destes constituintes com aplicação na indústria cosmética, e alimentícia.

Palavras-chave: *Mentha*, tricomas glandulares, óleo essencial, linalol, acetato de linalila,  $\alpha$ -terpineol

### Summary

The genus *Mentha* has economic importance as a source of essential oil for food, cosmetic and pharmacy industries. Terpenes are the main constituents of the essential oil of these species and their biosynthesis is located in leaf peltate trichome glands. The essential oil yield and composition of the species *Mentha cf. aquatica* L., *Mentha x piperita* L. e *Mentha arvensis* L. was compared and the density of trichome glands on leaf zones (abaxial proximal, abaxial middle, abaxial distal, adaxial proximal, adaxial middle and adaxial distal) determined. The experiment was carried out at Center of Experimental Station of Canguiri, UFPR, using plants propagated by stem cuttings. The trichome counting was performed by optical microscopy on expanded leaves of the sixth internode and the essential oil extraction by hydrodistillation during six hours. The highest density of trichomes was observed on middle and proximal zones of *Mentha arvensis* and distal adaxial zone of *Mentha x piperita*. *Mentha cf. aquatica* showed the highest density of trichome on distal zone of abaxial face. Other factors beside trichome density as losses by volatilization and catabolism seems to be more important on determining the essential oil accumulation as higher yield was observed in *Mentha x piperita* (32.09  $\mu\text{L.g}^{-1}$  DW) and *Mentha cf. aquatica* (33.23  $\mu\text{L.g}^{-1}$  DW) than in *Mentha arvensis* (16.61  $\mu\text{L.g}^{-1}$  DW). The constituents linalool and linalyl acetate were predominant on *M. aquatica* and *M. x piperita*, and  $\alpha$ -terpineol on *M. arvensis*. The obtained results indicate the possibility to use these genetic materials for linalool production by the cosmetic and food industry.

Key words: *Mentha*, trichomes, essential oil, linalool, linalyl acetate,  $\alpha$ -terpineol

### Introdução

Os óleos essenciais, presentes em várias espécies do gênero *Mentha*, são misturas de componentes voláteis usados em larga escala na

indústria alimentícia e de cosméticos devido à grande diversidade que possuem (Ohloff, 1994). Na indústria alimentícia, por exemplo, a aplicação de óleos essenciais apresenta grande potencial para substituição de antioxidantes sintéticos (Cuppert & Hall, 1998). No setor agrícola, vários trabalhos demonstram a aplicação de óleos para o controle biológico de pragas, doenças e nematóides (Rosenthal & Berenbaum, 1992; Simon, 1990; Turlings et al., 1995; Singh et al., 1992).

Na composição do óleo essencial de *Mentha*, destacam-se os terpenos mentol, mentona e limoneno (Ming et al., 1998), porém, grande variação é observada em função do genótipo (Zeinali et al., 2004) e fatores ambientais, tais como temperatura e fotoperíodo (Clark & Menary, 1980).

A síntese destes compostos ocorre especificamente em tricomas glandulares (McCaskill & Croteau, 1998). Três tipos de tricomas estão presentes em menta: tricomas toctores, tricomas glandulares capitados e tricomas glandulares peltados (Brun & Voirin, 1991). Os tricomas glandulares capitados têm capacidade de armazenamento limitada e contém predominantemente carboidratos, lipídeos e proteínas (Ascensão et al., 1998). Já os tricomas glandulares peltados se diferenciam pelo número superior de células apicais onde são sintetizados e armazenados os componentes voláteis do óleo essencial (Turner et al., 2000). Segundo estes autores, a densidade de tricomas glandulares peltados em *Mentha x piperita* aumenta até o momento em que o tecido foliar encontra-se completamente expandido com distribuição não uniforme nas diferentes faces e regiões da folha. Portanto, a densidade destas estruturas da epiderme pode ser um indicativo da capacidade de produção de óleos essenciais em determinada espécie aromática.

Neste trabalho determinou-se a densidade de tricomas nas duas faces e em três diferentes regiões (proximal, mediana e distal) das lâminas foliares de *Mentha x piperita* L., *Mentha cf. aquatica* L. e *Mentha arvensis* L., correlacionando com o rendimento e qualidade do óleo essencial nestas espécies.

### Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo no Centro de Estações Experimentais do Canguiri (CEEx - Universidade Federal do Paraná), município de Pinhais, PR. Amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade e submetidas à análise no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFPR. A adubação e calagem da área experimental basearam-se nos resultados desta análise (Tabela 1), seguindo recomendação de Raij et al. (1996).

**Tabela 1.** Análise do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm. Centro de Estações Experimentais do Canguiri, UFPR, 2004

Profundidade (cm)	pH	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca	Ca+Mg	K	CTC	P	C	V
	CaCl <sub>2</sub>	.....mol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> .....						mg dm <sup>3</sup>	g dm <sup>3</sup>	%
0-20	5,2	0	5,4	5,4	8,85	0,85	17,2	30,8	39,8	69,0

Foram incorporados ao solo 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, além de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, aos 30 dias após o plantio. As espécies avaliadas foram as seguintes: *Mentha cf. aquatica* (Lavender mint), *Mentha x piperita* (Eau de cologne) e *Mentha arvensis* (Banana mint). As mudas foram obtidas mediante propagação vegetativa, em casa de vegetação, utilizando-se estacas homogêneas com aproximadamente 5cm de comprimento da extremidade apical das plantas matrizes. Após 30 dias, estas foram transferidas para condições de campo, sendo plantadas 12 mudas (espaçamento de 0,30 m entre fileiras, 0,25m entre mudas e 1,00m entre canteiros).

Um total de 24 folhas por espécie (seis folhas por repetição) foi coletado para a análise microscópica. Folhas do sexto nó das três espécies foram utilizadas para determinação de densidade de tricomas (número de tricomas. mm<sup>-2</sup>) por meio de modelagem com esmalte de unha incolor, extração da epiderme foliar (Boeger & Wisniewski, 2003) e montagem de lâminas para posterior avaliação em microscópio óptico (Olympus CBA, 40x), em três regiões (proximal, mediana e distal) em ambas as faces (adaxial e abaxial) da epiderme das folhas. A extração de óleo essencial foi realizada mediante hidrodestilação durante seis horas em aparelho graduado tipo Clevenger, utilizando-se 100 gramas de tecido foliar fresco (quatro repetições por espécie).

Os óleos essenciais obtidos foram analisados por cromatografia gasosa em equipamento Agilent 6890N, equipado com detector de ionização por chama, operado a 280°C, e uma coluna capilar HP5 (30m X 0,32mm X 0,25mm), utilizando-se hidrogênio como gás carreador (1,5mL min<sup>-1</sup>). Foi injetado 1,0 µL de uma solução a 1% do óleo em diclorometano, em injetor aquecido a 250°C operando no modo com divisão de fluxo (1:100). A programação de temperatura do forno foi de 60° a 240°C, a uma taxa de aquecimento de 3°C min<sup>-1</sup>. Para a quantificação foram utilizados os valores de área normalizada, expressos em porcentagem. Os espectros de massas foram obtidos em sistema Agilent 5973N,

equipado com uma coluna capilar HP5MS (30m X 0,25mm X 0,25mm), utilizando hélio como gás carreador (1,0mL min<sup>-1</sup>), nas mesmas condições utilizadas acima. O detector foi operado no modo impacto de elétrons, com energia de ionização de 70eV. Os índices de retenção foram calculados após a injeção de uma série de n-alcenos nas mesmas condições utilizadas para amostras. A identificação dos constituintes do óleo foi realizada por comparação dos índices de retenção calculados com valores da literatura (Adams, 2001) e pela comparação dos espectros de massas obtidos com aqueles da biblioteca Wiley 6th edition.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com parcelas sub-divididas. A análise da variância e o Teste de Tukey (P<0.05) para comparação de médias foram realizados com o auxílio do programa ESTAT (Sistema para Análises Estatísticas), versão 2.0.

### Resultados e discussão

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que os tricomas glandulares peltados e capitados ocorrem em ambas as faces da epiderme, em folhas completamente expandidas das espécies *Mentha cf. aquatica*, *Mentha x piperita* e *Mentha arvensis* (Figura 1). Além de tricomas glandulares, a espécie *Mentha arvensis* apresenta uma alta densidade de tricomas tectores, característica que a distingue das demais.

Com relação à densidade de tricomas glandulares, observou-se maior concentração na face abaxial de *M. arvensis* e *M. cf. aquatica*, sendo que em *M. x piperita* não houve diferença significativa em ambas as faces. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Martins (1998) em *Mentha spicata* e *Mentha spicata x M. suaveolens* que também observou a presença de tricomas glandulares em ambas as faces, com maior predominância na face abaxial. Turner *et al.* (2000) avaliando a densidade de tricomas peltados em *M. x piperita* encontraram maior concentração na face abaxial proximal e mediana de folhas em desenvolvimento. Neste trabalho, não se observou diferença estatística entre as faces abaxial e adaxial desta espécie, provavelmente pelo fato da avaliação ter sido realizada em tecido completamente expandido cuja densidade de tricomas já estava definida. De acordo com Werker *et al.* (1993), o aparecimento e desenvolvimento de tricomas glandulares dependem consideravelmente da maturidade do tecido foliar. A avaliação em folhas completamente expandidas de *M. spicata* e *M. spicata x M. suaveolens* também não demonstrou diferenças na densidade de tricomas glandulares entre ambas as faces foliares (Martins, 1998).

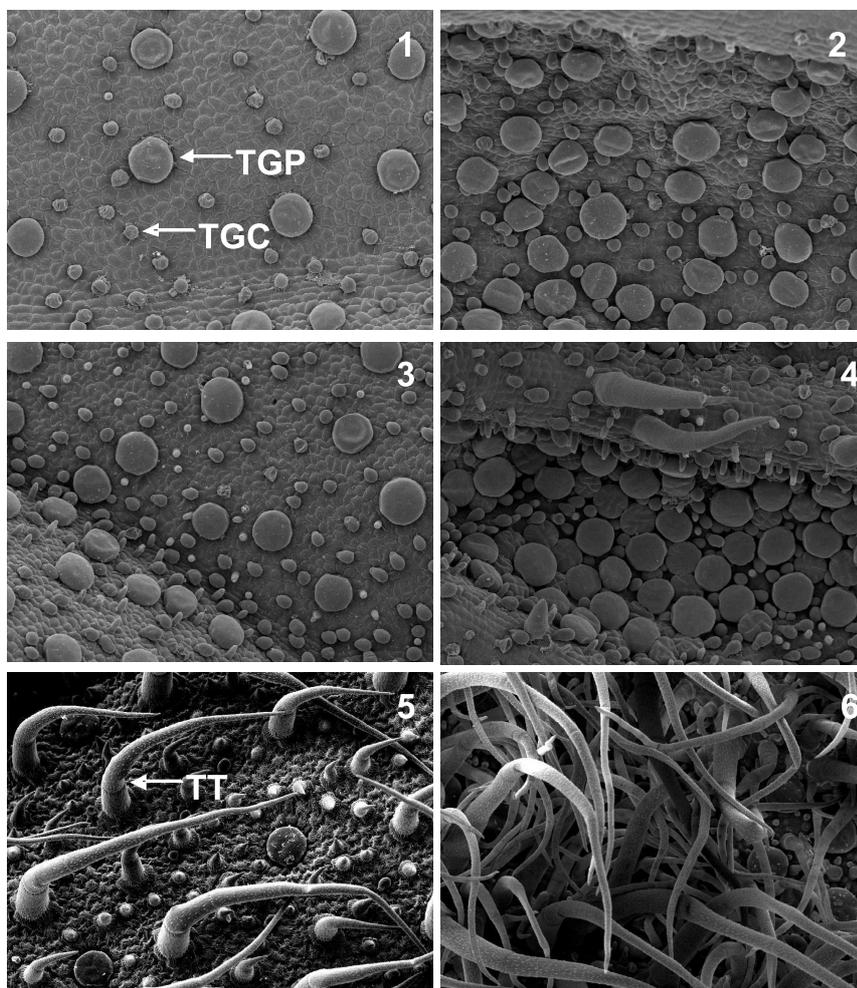


Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura (150 x) das regiões adaxial (1, 3, 5) e abaxial (2, 4, 6) de folhas de *Mentha x piperita* (1,2), *Mentha aquatica* (3,4) e *Mentha arvensis* (5,6) mostrando a presença de tricomas glandulares peltados (TGP), tricomas glandulares capitados (TGC) e tricomas tectores (TT)

Comparativamente à outras espécies, *M. arvensis* foi a que apresentou maior densidade de tricomas glandulares peltados na face abaxial (Tabela 2), sendo esta maior ocorrência resultante, provavelmente, da grande concentração de tricomas glandulares na região proximal (Tabela 3). Nas regiões mediana e distal da espécie *M. arvensis*, a densidade embora tenha sido maior que em *M. cf. aquatica*, não diferiu estatisticamente de *M. x piperita*.

**Tabela 2.** Densidade de tricomas das faces abaxial e adaxial de folhas de *Mentha x piperita*, *Mentha cf. aquatica* e *Mentha arvensis*

Espécies	Abaxial	Adaxial
<i>Mentha x. piperita</i>	1,42 Ba	1,63 Aa
<i>Mentha cf. aquatica</i>	1,09 Ba	0,77 Bb
<i>Mentha arvensis</i>	2,29 Aa	1,24 ABb

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Com relação às diferentes regiões de folhas de *Mentha*, foi observado que a distribuição de tricomas glandulares peltados também não é uniforme (Turner *et al.*, 2000). Neste trabalho, a análise estatística dos resultados mostrou interação significativa entre as espécies e as regiões da epiderme. A espécie *M. arvensis*, embora tenha apresentado maior média de densidade na região proximal, não diferiu de *M. x piperita* nas regiões mediana e distal. A menor média de densidade nas regiões proximal e mediana foi observada em *M. cf. aquatica* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Densidade de tricomas nas regiões proximal, mediana e distal de folhas de *Mentha x piperita*, *Mentha cf. aquatica* e *Mentha arvensis*

Espécies	Proximal	Mediana	Distal
<i>Mentha x. piperita</i>	1,25 Bb	1,48 Aab	1,86 Aa
<i>Mentha cf. aquatica</i>	0,69 Bb	0,84 Bab	1,26 Ba
<i>Mentha arvensis</i>	2,01 Aa	2,01Aa	1,28 ABb

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Também não houve um padrão de distribuição de glândulas nas espécies. Em *M. x piperita* e *M. cf. aquatica* as maiores médias de densidade foram observadas na região distal em relação à proximal, sem diferenças destas com a região mediana. Diferentemente, o maior número de tricomas peltados em *M. arvensis* foi observado nas regiões proximal e mediana em relação à distal. Embora trabalhos anteriores tenham avaliado a distribuição em diferentes faces de folhas em espécies de *Mentha* (Martins, 1998) e outras espécies da família Lamiaceae (Croteau *et al.*,

1981; Werker *et al.*, 1993), apenas Turner *et al.* (2000) compararam a densidade em diferentes regiões foliares de *M. x piperita*, porém, sem comparar com o padrão de outras espécies. No presente trabalho, observou-se diferentes padrões de distribuição nas regiões do tecido foliar e em diferentes espécies de *Mentha* demonstrando haver um comportamento diferenciado conforme o material genético.

As espécies de *Mentha* demonstraram diferentes rendimentos de óleo essencial (Tabela 4), sendo as maiores médias observadas nas espécies *M. x piperita* e *M. cf. aquatica*. A espécie *M. arvensis*, embora tenha apresentado uma maior densidade de tricomas glandulares peltados na face abaxial e na região proximal dos tecidos foliares, apresentou menor rendimento de óleo essencial.

Estes resultados demonstraram que outras características fisiológicas destas espécies podem ser mais determinantes no rendimento de óleo essencial do que a densidade de tricomas glandulares peltados. Um dos fatores que pode ser considerado é tanto a capacidade de armazenamento de óleos essenciais nas diferentes espécies do gênero quanto às perdas por volatilização e/ou catabolismo destes compostos. Além da capacidade em armazenar estes compostos, os tricomas glandulares também correspondem ao local de síntese, principalmente de monoterpenos em *Mentha x piperita*, (McCaskill & Croteau., 1998). Portanto, o metabolismo específico de cada material genético pode resultar em teores diferenciados de óleos essenciais nas espécies aromáticas incluídas neste trabalho. Neste sentido, Gershenzon *et al.* (2000), avaliando a regulação do acúmulo de monoterpenos em *M. x piperita*, observaram que o principal fator no rendimento de óleos essenciais da espécie está relacionado com a capacidade biossintética dos tricomas glandulares e que perdas por volatilização e catabolismo não são significativas. Em trabalho complementar, McConkey *et al.* (2000) demonstraram que a regulação da biossíntese de monoterpenos em tricomas glandulares ocorre em nível de expressão gênica com o desenvolvimento foliar. O aumento da expressão de enzimas importantes na biossíntese de monoterpenos, como 4S-limoneno sintase (Diemer *et al.*, 1999) ou na supressão de outras, como limoneno-3-hidroxilase (Mahmoud *et al.*, 2004) resultaram na alteração do rendimento e qualidade de óleo essencial nesta espécie. É provável que este mecanismo ocorra em outras espécies do gênero, tais como *M. arvensis* e *M. cf. aquatica*, cuja relação entre densidade de tricomas glandulares e rendimento de óleo também não foi observada.

A análise do óleo essencial das espécies de *Mentha* demonstrou que os constituintes linalol e o acetato de linalila foram predominantes nas espécies *M. cf. aquatica* (51,85 e 28,43 %, respectivamente) e *M. x piperita* (36,07 e 27,05 %, respectivamente). Na composição do óleo de

*M. arvensis* a maior percentagem foi do constituinte  $\alpha$ -terpineol (9,6%), sendo os demais constituintes presentes em menores concentrações. Estes resultados demonstram grande diversidade na constituição do óleo essencial de espécies do gênero (Tabela 5).

**Tabela 4.** Óleo essencial ( $\mu\text{l g}^{-1}$  de massa seca da folha) extraído das espécies de *Mentha x piperita*, *Mentha cf. aquatica* e *Mentha arvensis*

Espécie	Óleo Essencial ( $\mu\text{l g}^{-1}$ de MS)
<i>Mentha x piperita</i>	32,09 a*
<i>Mentha cf. aquatica</i>	33,23 a
<i>Mentha arvensis</i>	16,61 b

\* Médias na mesma coluna, seguidas da mesma letra minúscula, não diferem significativamente pelo Teste Tukey (P<0,05)

**Tabela 5.** Composição (%) de óleos essenciais extraídos das espécies de *Mentha x piperita*, *Mentha cf. aquatica* e *Mentha arvensis*

Composto	<i>Mentha arvensis</i>	<i>Mentha cf. aquatica</i>	<i>Mentha x piperita</i>
$\alpha$ -pineno	1,1	-	0,3
Sabineno	0,9	-	0,7
$\beta$ -pineno	1,6	-	0,5
Mirceno	1,9	-	-
Limoneno	0,9	0,8	0,3
1,8-cineol	3,3	2,2	9,7
Linalol	-	51,8	36,1
Acetato de octila	-	1,0	0,4
$\alpha$ -terpineol	9,6	3,7	5,7
Nerol	-	0,9	0,7
Neral	-	1,0	-
Acetato de linalila	-	28,4	27,0
Geranial	-	-	0,7
Acetato de citronelila	1,7	-	0,4
Acetato de nerila	-	0,8	1,4
Acetato de geranila	2,2	1,8	3,0
Germacreno D	-	0,8	-
Germacreno-D-4-ol	4,3	-	0,87
Hinesol	-	1,0	1,6
Viridiflorol	4,1	1,7	-
Outros	58,9	2,2	7,2
TOTAL	90,5	98,1	96,6

Embora comumente se observe a presença do constituinte mentol nas espécies *M. arvensis* e *M. x piperita*, por exemplo, este não foi detectado nos quimiotipos destas espécies no presente trabalho. A presença expressiva dos constituintes linalol e acetato de linalila, por sua vez indicam a possibilidade de aplicação do óleo essencial destas espécies na indústria de perfumaria. No caso específico do linalol, pesquisas têm sido desenvolvidas com sucesso para a produção deste constituinte em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em substituição ao linalol produzido pelo pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) - espécie amazônica ameaçada de extinção. Estes materiais genéticos de *Mentha* poderão se tornar, portanto, uma nova fonte deste constituinte já que este potencial genético foi expresso nas condições climáticas onde se desenvolveu o trabalho.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem aos pesquisadores Roberto Vieira e Dijalma Barbosa (CENARGEN/EMBRAPA-Brasília, DF) pelo envio do material vegetal usado no experimento.

#### Referências bibliográficas

- ADAMS, R. P. *Identification of Essential Oil Componentes by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy*. Carol Stream, IL: Allured Publishing Co., 2001. 452 p.
- ASCENSÃO, L.; FIGUEIREDO, A.C.; BARROSO, J.G.; PEDRO, L.G.; SCHRIPEMA, J.; DEANS, S.G. & SCHEFFER, J.J.C. *Plectranthus madagascariensis*: morphology of the glandular trichomes, essential oil composition, and its biological activity. *International Journal of Plant Science*, 159: 31-38. 1998.
- BOEGER, M.R.T. & WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 26: 61-72. 2003.
- BRUN, N. & VOIRIN, B. Chemical and morphological studies of the effects of aging on monoterpene composition in *Mentha x piperita* leaves. *Canadian Journal of Botany*, 69: 2271-2278. 1991.
- CLARK, R.J. & MENARY, R.C. Environmental effects on peppermint (*Mentha piperita* L.). Effect of daylength, photon flux density, night temperature and day temperature on the yield and composition of peppermint oil. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7: 685-692. 1980.

- CROTEAU, R.; FELTON, M.; KARP, F.; KJONAAS, R. Relationship of camphor biosynthesis to leaf development in sage (*Salvia officinalis*). *Plant Physiology*, 67: 820-824. 1981.
- CUPPERT, S.L; HALL, C.A. Antioxidant activity of the Labiateae. In: TAYLOR, S.L (ed.). *Advances in food and nutrition research*. New York: Academic Press, New York, 1998. pp. 245-271.
- DIEMER, F.; CAISSARD, J.C.; MOJA, S.; JULLIEN, F. *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of *Mentha spicata* and *Mentha arvensis*. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 57: 75-78. 1999.
- GERSHERZON, J.; McCONKEY, M.E.; CROTEAU, R.B. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. *Plant Physiology*, 122: 205-213. 2000.
- MARTINS, M.B.G. Biometria tecidual e identificação dos tricomas secretores presentes em *Mentha spicata* L. e em *Mentha spicata* x *suaveolens* (Lamiaceae). *Revista Hispeci e Lema*: 43-48. 1998.
- McCASKILL, D. & CROTEAU, R. Strategies for bioengineering the development and metabolism of glandular tissues in plants. *Nature Biotechnology*, 17: 31-37. 1998.
- McCONKEY, M.E.; GERSHERZON, J.; CROTEAU, R.B. Developmental regulation of monoterpene biosynthesis in the glandular trichomes of peppermint. *Plant Physiology*, 122: 215-223. 2000.
- MAHMOUD, S.S.; WILLIAMS, M. & CROTEAU, R. Co-suppression of limonene-3-hydroxylase in peppermint promotes accumulation of limonene in the essential oil. *Phytochemistry*, 65: 547-554. 2004.
- MING, L. C.; CORREA JR., C.; BARROS, I.B.I.; MATTOS, J.K.A. *Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica*. V.II. Botucatu: UNESP, 1998. pp. 53-90.
- OHLOFF, G. *Scent and Fragrances*. New York: Springer - Verlag, 1994. 253 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. *Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (2 ed.)*. Campinas: Fundação Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 285 p.
- ROSENTHAL, G.A. & BERENBAUM, M.R.. *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites, vol. II: Ecological and evolutionary processes, 2<sup>nd</sup>*. San Diego: Academic Press, San Diego, 1992. 477 p.
- SIMON, J.E. Essential oils and culinary herbs. In: JANICK, J. & SIMON, J.E. (eds.). *Advances in new crops*. Portland: Timber Press, 1990. pp 472-483.
- SINGH, S.P.; CHAND, L.; NEGRI, S.; SINGH, A.K. Antibacterial and antifungal activities of *Mentha arvensis* essential oil. *Fitoterapia*, 63: 76-8. 1992.

- TURLINGS, T.C.J.; LOUGHRIN, J.H.; McCALL, P.J.; ROESE, U.S.R.; LEWIS, W.J.; TUMLINSON, J.H. How caterpillar-damage plants protect themselves by attracting parasitic wasps. *Proceedings of the National Academy of Science*, 92: 4169-4174. 1995.
- TURNER, G.W.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R.B. Distribution of peltate glandular trichomes on developing leaves of peppermint. *Plant Physiology*, 124: 655-663. 2000.
- WERKER, E.; RAVID, U.; PUTIEVSKY, E. Structure of glandular hairs and identification of the main components of their secreted material in some species of the Labiatae. *Israel Journal of Botany*, 34: 31-45. 1985.
- WERKER, E.; PUTIEVSKI, E.; RAVID, U.; DUDAI, N.; KATZIR, I. Glandular hairs and essential oil in developing leaves of *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). *Annals of Botany*, 71: 43-50. 1993.
- ZEINALI, H.; ARZANI, A.; RAZMJO, K. Morphological and essential oil content diversity of Iranian mints (*Mentha* spp). *Iranian Journal of Science and Technology*, 28: 1-9. 2004.