

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO MONTEIRO

**DESENVOLVIMENTO DE MENTA E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANEJO**

CURITIBA
2009

RODRIGO MONTEIRO

**DESENVOLVIMENTO DE MENTA E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL SOB
DIFERENTES CONDIÇÕES DE MANEJO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Deschamps

CURITIBA
2009

Dedico

Aos meus pais, Erizaldo e Florência,
Aos meus irmãos, Lisandra e Junior

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Pai do meu Senhor Jesus Cristo, misericordioso e fonte de todas as bênçãos e graças na minha vida.

Agradeço aos meus pais, Erizaldo e Florência, que sempre me guiaram e apoiaram. Sempre estiveram presentes em todos os momentos da minha vida, dos mais simples aos mais importantes, com o maior carinho e compreensão possível. Também agradeço aos meus irmãos, Lisandra e Junior, que mesmo longe, estavam muito perto de mim, acompanhando todos os meus passos.

Agradeço em especial ao Professor Cícero, que desde minha graduação em Agronomia foi um verdadeiro orientador. Passando dos limites das salas de aula e laboratórios, me acompanhou durante esses anos de formação na Universidade de maneira muito séria e dedicada. Dotado de inúmeras virtudes, admiro especialmente sua paciência, humildade, compreensão e preocupação com todos à sua volta: um verdadeiro educador e amigo.

Agradeço à Universidade Federal do Paraná, representada pelos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal e pelos professores do Curso de Agronomia, especialmente ao professor Luciano de Almeida e Luiz Antônio Biasi. Também agradeço a todos os funcionários que contribuíram na minha caminhada, especialmente à Secretária da Pós-Graduação Lucimara Antunes, e aos técnicos Sr. Altair (CEEx – Canguiri), Maria Emília, Sr. Rainério e Gilnei. À empresa IOTO International Ltda., pelo financiamento no primeiro ano do projeto e disponibilização da área experimental em Campo Magro-PR, agradeço pela oportunidade.

Agradecimento especial a todos os colegas e amigos de curso, principalmente aos do laboratório: Magda, Cristina, Rafaellen, Luciana, Marisa, Andressa, Deise, Fábio, Leila, Lury e Vera. À Marília, que muito me ajudou, agradeço em especial. Todos os momentos compartilhados no campo e no laboratório foram muito construtivos, além daqueles em descontração.

Aos amigos não acadêmicos, que caminharam junto comigo nesse período e a todos aqueles que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu pudesse alcançar mais uma conquista, obrigado! Sejam sempre abençoados.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Rodrigo Monteiro, filho de Erizaldo Monteiro e Florência de Fátima Monteiro, nascido em Curitiba no dia 01 de Março de 1983.

Cursou o Ensino Fundamental no Colégio Padre João Bagozzi, de 1989 a 1997. De 1998 a 2000 cursou o Ensino Médio no Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), atual UTFPR.

No ano de 2001 foi aprovado em 1º lugar no vestibular do curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná, o qual foi concluído em Junho de 2006. No início do ano de 2007 foi aceito como aluno regular no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, da UFPR.

Desde Dezembro de 2007 exerce a profissão de Engenheiro Agrônomo na Prefeitura Municipal de Colombo, trabalhando com pequenos agricultores familiares da região Metropolitana de Curitiba.

“Se o Senhor não constrói a casa, em vão labutam os construtores; se o Senhor não guarda a cidade, em vão vigiam os guardas. É inútil que madrugueis, e que atraseis vosso deitar para comer o pão com duros trabalhos: ao seu amado Ele o dá enquanto dorme.”

Salmo 126 (127), 1-2

RESUMO

O cultivo de plantas aromáticas tem se mostrado uma importante alternativa à agricultura tradicional. Os compostos do metabolismo secundário produzidos por essas plantas são bastante utilizados pelas indústrias de medicamentos, de alimentos e cosméticos. As plantas do gênero *Mentha*, em geral, possuem mentol como principal composto em seu óleo essencial. O Estado do Paraná foi o maior produtor mundial desse composto até a década de 1970, a partir de quando problemas fitossanitários e de comercialização impediram o seu crescimento. Atualmente há demanda por mentol natural, em substituição ao sintético, fato pelo qual os estudos sobre identificação de espécies e suas características agronômicas se mostram importantes. Dois experimentos foram realizados com o objetivo de caracterizar espécies e genótipos para o cultivo na região de Curitiba-PR visando o composto mentol. Dezenove genótipos de três espécies (*Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha spp.*) foram avaliados em condições de campo no período de outubro de 2005 a maio de 2006, em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Oito genótipos que apresentaram bom acúmulo de biomassa e produção de óleo essencial não continham mentol em seu óleo essencial, não sendo, por isso, avaliadas no segundo corte, no qual o genótipo *Peppermint* apresentou a maior produtividade de mentol, em torno de 80 L.ha⁻¹. Em função dos genótipos de *Mentha arvensis*, tradicionalmente cultivados, serem suscetíveis à doença “ferrugem da menta”, foi realizado um segundo experimento no período de janeiro a abril de 2008. A espécie avaliada foi *Mentha campestris* Schur., e foi submetida a diferentes condições de manejo, sendo testados três espaçamentos de plantio e duas épocas de colheita, sob delineamento de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas. Além de não ser suscetível à ferrugem, essa espécie contém mais de 80% de mentol na composição de seu óleo essencial. Nas condições experimentais os melhores resultados para produção de biomassa e de óleo essencial, bem como mentol, foram no menor espaçamento (0,15 m x 0,60 m) e na segunda época de colheita (90 dias após o plantio).

Palavras-chave: Cultivo. Genótipos. Espaçamento. Colheita. Menta. Mentol.

ABSTRACT

Growing aromatic plants has been shown to be an important alternative to the traditional agriculture. The secondary metabolism compounds produced from these plants are very used by medicine, food and cosmetics industries. The plants of genus *Mentha*, in general, contain menthol as the main compound in their essential oil. Parana state was the biggest producer of this compound until the 1970's, from then on phytosanitary and commercialization problems blocked its development. Currently there is demand for natural menthol, in replacement to the synthetic, so that the studies about species identification and agronomic traits are important. Two experiments were carried out with the objective to characterize species and genotypes for growing at Curitiba-PR region, aiming menthol production. Nineteen genotypes of three species (*Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha spp.*) were evaluated on field conditions from October, 2005 to May, 2006, in completely randomized design. Eight species that shown good biomass yield and essential oil production did not contain menthol in their essential oil, and weren't evaluated in the second harvesting, in which the genotype *Peppermint* presented the greatest menthol productivity, around 80 L.ha⁻¹. Because the *Mentha arvensis* genotypes, traditionally grown, are susceptible to the disease "Mint rust", a second experiment was conducted from January to April, 2008. The evaluated species was *Mentha campestris* Schur. and it was submitted to different handling, tested three row spacings and two harvesting times, in randomized blocks in split-plot. Besides not being susceptible to the rust, this species contain more than 80% of menthol in its essential oil composition. In the experimental conditions the best results for biomass and essential oil production, as well as for menthol, were in the narrow spacing (0,15 m x 0,60 m) and in the second harvesting time (90 days after planting).

Key-words: Growing. Genotypes. Spacing. Harvesting. Mint. Menthol.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RENDIMENTO E CONSTITUINTES DO ÓLEO ESSENCIAL DE ALGUMAS ESPÉCIES IMPORTANTES DE MENTA	33
TABELA 2 - ANÁLISE DE SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL, COLETADO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 cm. CAMPO MAGRO. PR	34
TABELA 3 - MATERIAIS GENÉTICOS DE <i>Mentha</i> , COM SUAS RESPECTIVAS PROCEDÊNCIAS, AVALIADAS EM CAMPO MAGRO, PR, 2005.....	35
TABELA 4 - MASSA SECA DE RAMOS, ESTOLÕES, FOLHAS E MASSA SECA TOTAL (kg.ha ⁻¹) DE 19 GENÓTIPOS DE 3 ESPÉCIES DE <i>Mentha</i> , 1º CORTE EM CAMPO MAGRO, PR, 2006.....	38
TABELA 5 - MASSA SECA DE RAMOS, ESTOLÕES, FOLHAS E MASSA SECA TOTAL (kg.ha ⁻¹) DE 9 GENÓTIPOS DE 3 ESPÉCIES DE <i>Mentha</i> , 2º CORTE, EM CAMPO MAGRO, PR, 2006.....	40
TABELA 6 - RENDIMENTO (μL.g m.s. ⁻¹) E PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL (L.ha ⁻¹) E PRODUTIVIDADE DE MENTOL (L.ha ⁻¹) DE 19 GENÓTIPOS DE 3 ESPÉCIES DE <i>MENTHA</i> , 1º CORTE EM CAMPO MAGRO, PR, 2006.	42
TABELA 7 - PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL (L.ha ⁻¹) E PRODUTIVIDADE DE MENTOL (L.ha ⁻¹) DE 9 GENÓTIPOS DE 3 ESPÉCIES DE <i>Mentha</i> , 2º CORTE EM CAMPO MAGRO, PR, 2006.	43
TABELA 8 - ANÁLISE DE SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL, COLETADO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 cm, PINHAIS, PR, 2008	53
TABELA 9 - TRATAMENTOS TESTADOS NO EXPERIMENTO DE <i>M.campestris</i> Schur, EM PINHAIS, PARANÁ, 2008.....	55
TABELA 10 - MASSA SECA DE RAMOS, DE FOLHAS, MASSA SECA TOTAL (g) E RAZÃO MASSA SECA DE FOLHAS/MASSA SECA TOTAL DE <i>Mentha campestris</i> Schur, EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA, PINHAIS, PR,2008	59
TABELA 11 - COMPRIMENTO DO RAMO PRINCIPAL (cm) DE <i>Mentha campestris</i> Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.....	60
TABELA 12 - BIOMASSA DE FOLHAS (kg.ha ⁻¹) DE <i>Mentha campestris</i> Schur, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, PINHAIS, PR, 2008.....	60
TABELA 13 - NÚMERO DE ESTOLÕES DE <i>Mentha campestris</i> Schur, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO E ÉPOCAS DE COLHEITA, PINHAIS, PR, 2008	61
TABELA 14 - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) DE <i>Mentha campestris</i> Schur, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO E ÉPOCAS DE COLHEITA, PINHAIS, PR, 2008	62
TABELA 15 - RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL (μL.g m.s. ⁻¹) DE <i>Mentha campestris</i> Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO E ÉPOCAS DE COLHEITA, PINHAIS, PR, 2008	62
TABELA 16 - PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL (L.ha ⁻¹) DE <i>Mentha campestris</i> Schur, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE COLHEITA, PINHAIS, PR, 2008.....	63
TABELA 17 - PORCENTAGEM DE MENTOL NO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Mentha campestris</i> Schur, SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO E ÉPOCAS DE COLHEITA, PINHAIS, PR, 2008	64

TABELA 18 - PRODUTIVIDADE DE MENTOL (L.ha⁻¹) DE *Mentha campestris* Schur, SOB
DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE COLHEITA, PINHAIS, PR, 200865

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MICROGRAFIA ELETRÔNICA DE TRICOMAS NA SUPERFÍCIE ADAXIAL DA FOLHA DE <i>Mentha x piperita</i>	18
FIGURA 2 - CADEIA DE REAÇÕES DA BIOSÍNTESE DO MENTOL EM <i>Mentha x piperita</i>	24
FIGURA 3 - PLANTA DE <i>Mentha campestris</i> Schur COM ESTOLÃO EM EVIDÊNCIA	52
FIGURA 4 - PREPARO DA ÁREA DE PLANTIO, CENTRO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS DO CANGUIRI, PINHAIS, PR., 2008	54
FIGURA 5 - MUDAS DE <i>Mentha campestris</i> Schur EM CASA DE VEGETAÇÃO, COM 15 DIAS.....	54
FIGURA 6 - PLANTIO DE <i>Mentha campestris</i> Schur, NO CENTRO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS DO CANGUIRI, PINHAIS, PR, 2008	56
FIGURA 7 - ÁREA EXPERIMENTAL DE <i>Mentha campestris</i> SCHUR, AOS 30 DIAS DE CULTIVO, NO CENTRO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS DO CANGUIRI, PINHAIS, PR, 2008.....	57
FIGURA 8 - EXTRATOR DE ÓLEO ESSENCIAL DE BANCADA: CONJUNTO DE MANTA AQUECEDORA, BALÃO VOLUMÉTRICO, APARELHO GRADUADO DE CLEVINGER E SERPENTINA RESFRIADORA. LABORATÓRIO DE ECOFISIOLOGIA, SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, UFPR, 2008	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 MENTA.....	16
2.2 ÓLEOS ESSENCIAIS.....	17
2.3 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS	19
2.3.1 Fotoperíodo, radiação e temperatura	20
2.3.2 Genótipos	21
2.3.3 Espaçamento de plantio e época de colheita	22
2.4 MENTOL	23
REFERÊNCIAS	25
3 CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE <i>Mentha arvensis</i>, <i>Mentha x piperita</i> e <i>Mentha spp.</i> EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL	30
RESUMO	30
ABSTRACT	31
3.1 INTRODUÇÃO	32
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.2.1 Preparo da área	34
3.2.2 Material vegetal e preparo de mudas	35
3.2.3 Plantio, tratos culturais e colheita.....	36
3.2.4 Variáveis analisadas.....	37
3.2.5 Caracterização química do óleo essencial	37
3.2.6 Análises estatísticas	38
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
3.3.1 Desenvolvimento vegetativo.....	38
3.3.2 Rendimento e qualidade do óleo essencial	41
3.4 CONCLUSÕES	44
REFERÊNCIAS	46
4 CAPÍTULO III – EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM <i>Mentha campestris Schur</i>	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
4.1 INTRODUÇÃO	51
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	52
4.2.1 Preparo da área	53
4.2.2 Material vegetal e preparo de mudas	54
4.2.3 Tratamentos	55
4.2.4 Plantio, tratos culturais e colheita.....	55
4.2.5 Variáveis analisadas.....	56
4.2.6 Caracterização química do óleo essencial	58
4.2.7 Análises estatísticas	58
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.3.1 Desenvolvimento vegetativo	58
4.3.2 Rendimento e qualidade do óleo essencial.....	62

4.4 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS.....	67
5 CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
ANEXOS	73

1 INTRODUÇÃO

A produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares tem se mostrado uma importante alternativa aos cultivos agrícolas tradicionais. Em pequenas áreas, nas quais as culturas comestíveis como milho, feijão, batata ou industriais, como soja, cana e algodão não se mostram economicamente sustentáveis, o cultivo dessas plantas representa uma possibilidade de obtenção de renda. O mercado consumidor desse tipo de produto apresenta demanda crescente, principalmente em função dos atuais apelos de alimentação saudável e busca de saúde com produtos naturais. A indústria também é importante nesse mercado, absorvendo diversos produtos derivados do cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.

As plantas aromáticas são aquelas que produzem óleos essenciais, os quais são misturas de componentes voláteis do metabolismo secundário vegetal. Os óleos essenciais, ou seus componentes, são utilizados por diversos setores, dentre eles a indústria farmacêutica, de cosméticos e alimentícia, além de outros segmentos como no setor agrícola para controle alternativo de pragas e doenças.

Estima-se que a venda de produtos com base em plantas medicinais, no varejo, foi da ordem de 14 bilhões de dólares/ano (1997). Em 2000, o mercado foi estimado em 19,5 bilhões de dólares. Há também um crescimento anual para plantas no mercado de ingredientes de perfumaria (6%), aromatizantes para alimentos (8,5%) e óleos essenciais (7,5%) (Corrêa Junior et al., 2006). No mercado interno atual estima-se um volume de comércio na ordem de R\$ 1 bilhão, correspondente a 50% do consumo da América Latina. No Brasil, o principal Estado produtor de plantas medicinais e aromáticas é o Paraná, destacando-se os cultivos de camomila, gengibre, espinheira santa e menta.

Os estudos com plantas aromáticas e medicinais têm se intensificado, enfatizando não somente os potenciais usos dos produtos obtidos, mas sim como obtê-los. Pesquisas no âmbito do cultivo dessas plantas e os efeitos do mesmo na produção dos princípios ativos, compostos do metabolismo secundário, são muito importantes para assegurar produção com qualidade para o mercado, que exige padrão no produto. O uso de plantas da família *Lamiaceae*, à qual pertencem as plantas do gênero *Mentha*, nesse tipo de pesquisa é amplamente difundido, tendo

em vista sua adaptabilidade a diferentes condições edafo-climáticas, ao ciclo vegetativo anual e à quantidade de informações já existentes relacionadas às suas características, desde anatômicas, bioquímicas, taxonômicas e, em alguns casos, até agronômicas.

Este trabalho objetivou avaliar 20 genótipos de quatro espécies de menta quanto às suas características agronômicas de desenvolvimento vegetativo e produção de óleo essencial nas condições da região metropolitana de Curitiba. Para tanto foram realizados dois experimentos cujos resultados estão organizados em dois capítulos nesta dissertação.

No capítulo I é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o gênero *Mentha*, abordando suas principais características botânicas e agronômicas, bem como um breve histórico de seu cultivo e atual mercado.

O capítulo II se refere ao primeiro experimento realizado, no qual foram avaliados 19 genótipos de três espécies de menta, a fim de identificar os mais adaptados à região, considerando aspectos vegetativos e qualidade do óleo essencial, especificamente a presença e porcentagem de mentol.

O capítulo III traz os dados do segundo experimento realizado. Nesse foram avaliados o desenvolvimento vegetativo e produção de óleo essencial sob diferentes condições de manejo da espécie *Mentha campestris* Schur., rica em mentol.

No capítulo IV são tecidas considerações finais sobre o trabalho em função das conclusões dos experimentos.

2 CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MENTA

O gênero *Mentha* pertence à família *Lamiaceae*, que compreende aproximadamente 200 gêneros com aproximadamente 3200 espécies. São plantas distribuídas em todo o mundo, tendo como centro de origem a Europa meridional e a região do Mediterrâneo, suportando temperaturas baixas, mas bem adaptadas ao clima tropical. As plantas de menta são perenes, com folhas opostas, pecioladas e pubescentes. Suas flores são de coloração lilás ou branca, reunidas em espigas nas axilas das folhas (MATTOS, 2000). Há cerca de 18 espécies no gênero (TUCKER e NACZI, 2007); de acordo com Harley¹ (1972, citado por Zeinali *et al.* 2005), o gênero *Mentha* consiste de um grande número de híbridos oriundos principalmente do cruzamento entre as várias populações, dentro e entre essas espécies, sendo, portanto, a identificação dos genótipos dificultada pela natureza heterozigótica e alta plasticidade fenotípica. Também devido ao alto grau de variabilidade proveniente de cruzamentos, a propagação das plantas para produção é preferencialmente vegetativa, por estacas ou estolões.

O principal produto da menta é o seu óleo essencial, que pode ser obtido por diferentes métodos de extração. Uma vez extraído o óleo do material vegetal, esse é comercializado e, posteriormente, submetido a processos industriais de desdobramento de seus componentes, fornecendo principalmente o mentol cristalizado e o óleo desmentolado (CZEPAK, 1995). Além do mentol, algumas espécies do gênero apresentam elevadas concentrações de linalol, mentona e carvona. Aflatuni (2005) ilustra o uso dos óleos essenciais na indústria como aromatizantes de medicamentos e preparações orais, como cremes dentais e soluções antissépticas, além de seu uso como flavorizantes em gomas de mascar, balas, bebidas e cigarros.

A área estimada cultivada mundialmente com plantas da família *Lamiaceae*, citada por Simões e Spitzer (2001), é de 500 mil hectares, grande parte

¹ Harley, R.M. *Mentha*. In: TUTIN, T.G. et al. **Flora Europaea**, Cambridge, v.3, p. 183-186, 1972.

representados por *Mentha arvensis* L., *Mentha x piperita* L. e *Mentha spicata* L., com produção anual de biomassa de 8.600, 2.367 e 880 toneladas, respectivamente. Durante a segunda guerra mundial, o Brasil respondia por aproximadamente 70% da produção mundial de menta (plantas do gênero *Mentha*), sendo que o Paraná representava 95% do total nacional produzido. Naquela época o país produzia mais de 3000 toneladas de mentol por ano, cujo principal comprador eram os Estados Unidos (CLARK, 1998). No Estado do Paraná, a partir de meados da década de 70, a área de produção diminuiu bastante devido ao baixo nível tecnológico dos produtores, não compatível com os avanços na área de produção, como introdução de novas cultivares mais exigentes em insumos e manejo (CZEPAK, 1995). A produção sintética de mentol foi outro fator que contribuiu para a diminuição do valor do mentol no mercado, desencorajando o cultivo da menta (SILVA, 2006a). Porém, conforme Maia (1998) o mentol sintético apresenta características tóxicas que o fazem inadequado para o uso em diversos alimentos e produtos farmacêuticos, principalmente em função da porcentagem de estereoisômero (+)- mentol.

Corrêa Junior e Scheffer (2004), relatam para o Paraná, no ano de 2003, uma área de produção de menta de 54 ha, equivalente a 2,13% do total cultivado com plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado. Os mesmos autores citam que na safra 2001/02, o valor bruto da produção para a menta atingiu aproximadamente R\$ 2.400.000,00. Esses valores se referem à produção de matéria-prima para chá, não sendo utilizada comercialmente para a extração de óleo essencial (CASTRO, 2007). Atualmente os E.U.A e a Índia são os principais produtores de óleo essencial de menta.

2.2 ÓLEOS ESSENCIAIS

De acordo com a ISO 3218:1976, óleos voláteis são os produtos obtidos de partes de plantas através da destilação por arraste de vapor d'água, bem como os produtos obtidos por prensagem dos pericarpos de frutos cítricos. A designação de óleo se dá devido a algumas características físico-químicas como a de serem

líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente, contudo, sua principal característica consiste na volatilidade dos terpenos (SIMÕES e SPITZER, 2001).

Os óleos essenciais são misturas complexas e altamente variáveis de constituintes que pertencem a dois grupos químicos: os terpenóides e os compostos aromáticos (Aflatuni, 2005). De acordo com Bruneton (1995), os óleos essenciais podem ser acumulados em diversos tipos de órgãos, como em raízes, caules, folhas, flores e frutos, além das próprias sementes; o mesmo autor ainda afirma que os óleos essenciais geralmente estão associados a formas especializadas de armazenamento nas plantas. Conforme Brun e Voirin (1991) há três tipos de tricomas presentes nas folhas do gênero *Mentha*: tricomas não glandulares, tricomas glandulares capitados e tricomas glandulares peltados. Turner et al. (2000) citam que a síntese e o armazenamento dos compostos do óleo essencial de menta ocorrem nos tricomas peltados, que apresentam mais células apicais que os capitados (Figura 1), os quais contêm predominantemente carboidratos, lipídios e proteínas (ASCENSÃO et al., 1998).

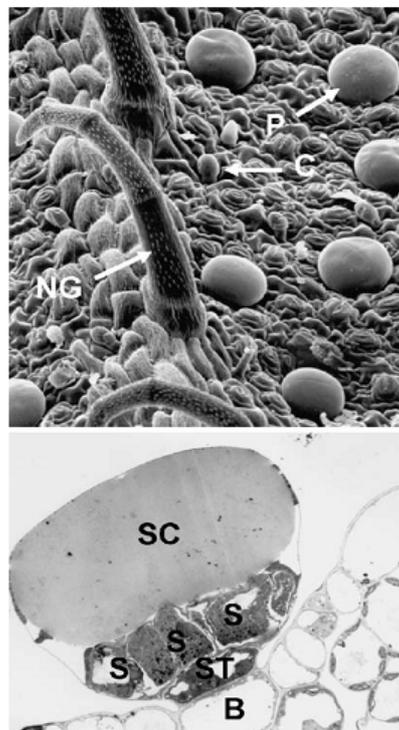


FIGURA 1 - MICROGRAFIA ELETRÔNICA DE TRICOMAS NA SUPERFÍCIE ADAXIAL DA FOLHA DE *Mentha x piperita* NA FIGURA SUPERIOR; NA FIGURA INFERIOR, DETALHE DE UM TRICOMA PELTADO DA MESMA FOLHA. NG – tricomas não glandulares; C – tricomas capitados; P – tricomas peltados; SC – cavidade armazenadora; S – célula secretora; ST – célula-haste; B – célula basal.

FONTE: Croteau et al. (2005).

A composição do óleo essencial de menta varia em função da espécie, do quimiotipo (mesma espécie mas com composição química do óleo essencial diferente) e também de fatores abióticos, por isso não existe uma definição exata de sua composição (SOUZA, 2006). Geralmente são encontrados os seguintes compostos: mentol, neo-mentol, mentona, mentofurano, limoneno, linalol, carvona, 1,8 cineol, entre outros. Esses compostos pertencem à classe química dos terpenos, os quais são sintetizados por complexas reações do metabolismo secundário de algumas plantas.

A extração dos óleos essenciais pode ser feita por diversos métodos, dentre eles hidrodestilação e extração por arraste de vapor, além de extrações com o uso de solventes, como o etanol (AKIRE, 1999). Watanabe et al (2006) testando os métodos de extração por arraste a vapor e por solvente etanol em *M. arvensis*, obtiveram melhores resultados com o segundo método. Com a extração por arraste a vapor o rendimento de óleo essencial foi em torno de 0,5%, enquanto que por solvente atingiu 3,9%. A porcentagem de mentol extraída também foi melhor no método com etanol: 75%, em detrimento dos 58% alcançados pelo outro método. Entretanto, os autores afirmam que a escolha do método de extração deve levar em conta o custo-benefício do processo, uma vez que a extração por solvente etanol é mais cara que por arraste de vapor.

Para a menta, o limite mínimo de aceitação do óleo essencial é de 50% de mentol (CORRÊA JUNIOR e SCHEFFER, 1994).

2.3 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS

Sangwan et al. (2001) afirmam que a produção de óleos essenciais é intimamente ligada à fisiologia de toda a planta e, assim, depende do estágio metabólico, desenvolvimento e diferenciação do tecido onde ocorre a síntese do óleo. Fatores ambientais como temperatura, umidade relativa, radiação, fotoperíodo e práticas culturais influenciam o acúmulo e a composição dos óleos essenciais (AFLATUNI, 2005). A composição quantitativa dos óleos essenciais de muitas plantas aromáticas, conforme Marotti et al. (1994), é muito influenciada pelo

genótipo e condições agronômicas, como época de colheita, idade da planta e densidade de plantio. O uso de elicitores, moléculas que estimulam mecanismos de defesa das plantas por aumentar a biossíntese de produtos do metabolismo secundário, também tem sido estudado, já que muitos produtos secundários são induzidos por estresse, o qual é simulado, em nível bioquímico, pelos elicitores (DESCHAMPS e SIMON, 2006). Para Maia (1998), plantas que se desenvolvem sob diferentes condições de cultivo contêm óleos essenciais com diferentes características.

2.3.1 Fotoperíodo, radiação e temperatura

Em duas espécies de *Mentha*, Castro (2007) obteve maiores valores de biomassa e produtividade de óleos essenciais quando as plantas foram expostas a maiores intensidades de radiação. As concentrações de mentol e de mentona também foram mais altas nas plantas sob maiores radiações. Deschamps et al. (2008) observaram em seis cultivares, de três espécies de *Mentha*, diminuição do rendimento de óleo essencial por ocasião do inverno. O fato foi atribuído à diminuição da temperatura, radiação e umidade.

Karousou et al. (1998) constataram que o aumento da radiação UV-B estimula a produção de óleo em algumas espécies de menta, mas não altera sua composição. Por outro lado, Maffei et al. (1999) concluíram que a utilização de radiação UV-A associada à luz branca em *M. x piperita* aumenta a área foliar e a produção de terpenóides, mas também aumenta o mentofurano, composto não desejado por diminuir a qualidade do óleo essencial. Franz et al.² (1984, citado por Ozel e Ozguven, 2002) obtiveram menores teores de mentol em plantas de menta sob condições de dias curtos e altas temperaturas.

Li et al. (1996), ao avaliar níveis de radiação em *Salvia* e *Thymus* observaram maior rendimento de óleo essencial nas plantas sob maiores radiações. Assim também Silva et al. (2006b) observaram resultados semelhantes em carqueja

² Franz, C. et al. Influence of the growing site on the quality of *Mentha piperita* L. oil. **Acta Horticulture**, n. 144, p. 145-150, 1984.

(*Baccharis trimera* [Less] D.C.). Por outro lado, Ram et al. (1999) obtiveram para patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) consorciado com mamão (*Carica papaya* L.) valores maiores de rendimento de óleo, sugerindo melhor desempenho sob condições de sombreamento. Resultado semelhante foi obtido por Storck (2008) ao testar níveis de sombreamento em condições de casa-de-vegetação para a mesma espécie.

2.3.2 Genótipos

Atualmente os genótipos de menta cultivados no Brasil não são os mais adaptados às diversas condições ambientais e agronômicas do país. Até a década de 1970, auge da produção de menta brasileira e paranaense, a cultivar mais cultivada era a IAC-701, que por muito tempo teve seu material propagativo mal conservado. O CENARGEN (Centro Nacional de Recursos Genéticos – Brasília, DF) introduziu, em 2002, uma coleção de 27 acessos de menta da Purdue University, E.U.A. Em 2003, 45 acessos de menta foram obtidos de diversas instituições nacionais que os mantinham em diferentes condições e passaram a figurar a coleção de menta (CM) nacional. Sabe-se que a diversidade genética é fundamental para a produção de óleos essenciais com composição química diferenciada. Com uso adequado do *pool gênico* disponível, tem-se a necessidade de uma caracterização fisiológica e agronômica desse germoplasma (DESCHAMPS, 2005).

Diferenças no rendimento e composição de óleo essencial em espécies de *Mentha* foram atribuídas a características genéticas e fisiológicas dos genótipos avaliados por Deschamps et al. (2006 e 2008), uma vez que observaram a inexistência de correlação entre densidade de tricomas e rendimento do óleo essencial. Os mesmos autores não observaram a presença do composto mentol em genótipos de *M. arvensis* e *M. x piperita*, confirmando a importância de conhecer o quimiotipo cultivado e a finalidade de sua produção.

2.3.3 Espaçamento de plantio e época de colheita

Estudando *M. x piperita*, Rohloff et al. (2005) observaram que a melhor época de colheita para características quantitativas e qualitativas do óleo essencial foi o período de pleno florescimento. Ainda observaram que os teores de mentol e mentona tendem a ser maiores em dias longos, ao contrário do mentofurano, que predomina em dias curtos, como também concluiu Bernáth (1992). Aflatuni (2005) obteve maior rendimento de mentol em *M. x piperita* ao colher em pleno florescimento e no espaçamento de 0,30 x 0,50 m. Em *M. x villosa* Huds., Innecco et al. (2003) concluíram que a melhor época de colheita para obter os melhores rendimentos de óleo e de óxido de piperitenona, foi entre 80 e 95 dias após o plantio, no espaçamento de 0,60 x 0,35 m. Para *M. arvensis*, em condições climáticas brasileiras, Czepak (1995) obteve maior rendimento de mentol no óleo essencial em colheitas aos 60 a 80 dias após o plantio. Sacramento e Campos (2002), por outro lado, obtiveram maiores valores de massa seca ao colher menta aos 135 dias de cultivo. Ainda em *M. arvensis*, Randhawa e Satinder (1996) observaram maior rendimento de óleo na colheita entre 120 e 135 dias após o plantio, nos espaçamentos de 0,45 e 0,60 m entre linhas; ao atrasar a colheita de 120 para 150 dias, observaram aumento nos teores de mentol e acetato de mentila e diminuição no teor de mentona. De maneira semelhante, Ram e Kumar (1997) obtiveram maiores teores de mentol em *M. arvensis* ao colher aos 110 e 120 dias após o plantio, quando comparada à colheita aos 90 dias.

Clark e Menary (1984) afirmam que não somente a época da colheita, mas também o número de colheitas por período influencia o rendimento e qualidade do óleo essencial, uma vez que obtiveram maior teor de mentol na primeira colheita realizada de *M. x piperita*. Assim também Kothari e Singh (1995) observaram para o composto carvona em *M. gracilis*. Zheljzakov e Topalov (1996) obtiveram maior teor de óleo essencial e massa fresca de menta sob espaçamentos menores (maior densidade de plantas).

2.4 MENTOL

O mentol é uma molécula pertencente à classe dos monoterpenos, compostos do metabolismo secundário das plantas, que foi isolado pela primeira vez em 1771 pelo botânico holandês Gambius. Sua biossíntese compreende 8 reações metabólicas e uma complexa organização espacial, envolvendo enzimas localizadas nos plastídeos, no retículo endoplasmático, mitocôndrias e citoplasma (WILDUNG e CROTEAU, 2005), como ilustrado no esquema da figura 2. O MEP (metil eritritol fosfato) plastídico é a primeira molécula nessa cadeia de reações, originando o geranyl difosfato que, pela ação da enzima limoneno sintase é convertido em limoneno, composto que dá origem à maioria dos terpenos do óleo essencial de *Mentha*. O mentol é derivado direto da mentona pela ação da enzima citoplasmática mentona redutase (figura 2).

Estima-se que seu consumo em 2005 excedia 7000 toneladas anuais, movimentando aproximadamente 300 milhões de dólares (CROTEAU et al., 2005). É muito usado em formulações farmacêuticas para problemas gastrointestinais e respiratórios, resfriados e dores músculo-esqueléticas (ECCLES, 1994). Sua ação refrescante deve-se ao mecanismo de ativação de um canal catiônico em algumas células identificado como TRPM8 (*transient receptor potential*), o qual também é ativado por baixas temperaturas (PATEL et al., 2007).

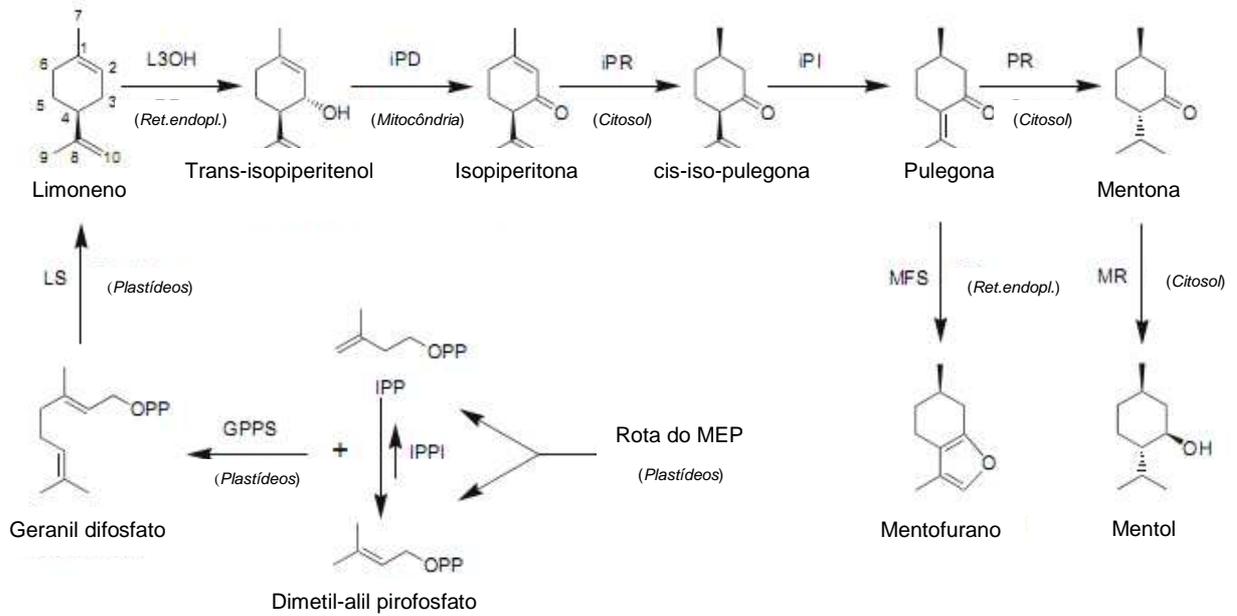


FIGURA 2 - CADEIA DE REAÇÕES DA BIOSSÍNTESE DO MENTOL EM *Mentha x piperita*.

Substrato inicial: MEP - metil eritritol fosfato. Enzimas indicadas na rota: GPPS – geranyl difosfato sintase; LS – limoneno sintase; L3OH – limoneno-3-hidroxilase; IPD – trans-isopiperitenol desidrogenase; IPR – isopiperitona redutase; IPI – isopulegone isomerase; PR – pulegone redutase; MFS – mentofurano sintase; MR – mentona redutase.

FONTE: Adaptado de Croteau et al. (2005).

REFERÊNCIAS

AFLATUNI, A. **The yield and essential content of mint (*Mentha ssp*) in northern Ostrobothnia**. 50 f. Dissertação – Departamento de Biologia – Universidade de Oulu, Finlândia. Oulu – 2005.

AKIRE, B. Small scale essential oil distillations. **Aromatherapy Today**, v.9, p.32-38, 1999.

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**, Chicago, n.159, p. 31-38, 1998.

BERNÁTH, J. Production ecology of secondary plant products. In: CRACKER, L. E.; SIMON, J. E. (eds). **Herbs, Spices and Medicinal plants. Recent advances in botany, horticulture and pharmacology**. New York. The Haworth Press, 1992, p. 185-234.

BRUN, N.; VOIRIN, B. Chemical and morphological studies of the effect of aging on monoterpene composition in *Mentha x piperita* leaves. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, n.69, p. 2271-2278, 1991.

BRUNETON, J. **Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants**. Paris: Lavoisier, 1995. 915p.

CASTRO, L. W. P. de. **Desenvolvimento de *Mentha aquática* e *Mentha x piperita*, rendimento e qualidade do óleo essencial em resposta a níveis de radiação e adubação nitrogenada**. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

CLARK, G. S. Menthol. **Perfumer & Flavorist**, v. 23, n. 5, p. 33-46. 1998.

CLARK, R. J.; MENARY, R. C. The effect of two harvest per year on the yield and the composition of Tasmanian peppermint oil (*Mentha piperita* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.35, p. 1191-1195, 1984.

CORRÊA JUNIOR, C. e SCHEFFER, M. C. Produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná. In: CORRÊA JUNIOR, C.; GRAÇA, L. R.; SCHEFFER, M. C. (Orgs.). **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná: diagnósticos e perspectivas**. Curitiba: SPPM, Emater-PR, Embrapa-Florestas, 2004.p. 48-68.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M.C.; MING, L.C. **Cultivo agroecológico de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. 1 ed. Curitiba: Emater-PR, Ministério do Desenvolvimento Agrário. 2006. 76p.

CROTEAU, R.; DAVIS, E. M.; RINGER, K. L.; WILDUNG, M. R. (-)- Menthol biosynthesis and molecular genetics. **Naturwissenschaften**, v. 92, n. 12, p. 562-577, 2005.

CZEPAK, M. P. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito frequências de colheita de Menta (*Mentha arvensis* L.). In: MING, L.C. et al (ed). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, v.2. p. 53-80, 1995.

DESCHAMPS, C. (Coord.). **Desenvolvimento tecnológico para a produção de óleos essenciais de *Mentha sp.* no município de Campo Magro (PR)**. Curitiba: UFPR, 1 set. 2005. (Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná). Projeto concluído.

DESCHAMPS, C.; SIMON, J. E. Terpenoid essential oil metabolism in Basil (*Ocimum basilicum* L.) following elicitation. **Journal of Essential Oil Research**. Carol Stream, IL, nov/dez, p. 618-621, 2006a.

DESCHAMPS, C.; ZANATTA, J. L.; ROSWALKA, L. C; OLIVEIRA, M. C. de.; BIZZO, H. R.; ALQUINI, Y. Densidade de tricomas glandulares e produção de óleo essencial em *Mentha arvensis* L., *Mentha x piperita* L. e *Mentha cf. aquática* L. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.28, n.1, p.23-34, 2006.

DESCHAMPS, C.; ZANATTA, J. L.; BIZZO, H. R.; OLIVEIRA, M. C. de.; ROSWALKA, L. C. Avaliação sazonal do rendimento de óleo essencial em espécies de menta. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.3, p.725-730, 2008.

ECCLES, R. Menthol and related cooling compounds. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, n. 94, p. 618-630, 1994.

INNECO, R.; CRUZ, G. F.; VIEIRA, A. V.; MATTOS, S. H.; CHAVES, F. C. M. Espaçamento, época e número de colheitas em hortelã rasteira (*Mentha x villosa* Huds). **Revista Ciência Agronômica**. v. 34, n.2, p. 247-251, 2003.

KAROUSOU, R.; GRAMMATIKIPOULOS, G.; LANARAS, T.; MANETAS, Y.; KOKKINI, S. Effects of enhanced UV-B radiation on *Mentha spicata* essential oils. **Phytochemistry**, v. 49, n. 8, p. 2273-2277, 1998.

KOTHARI, S. K.; SINGH, U. B. The effect of two row spacing and nitrogen fertilization on Scotch spearmint (*Mentha gracilis* Sole). **Journal of Essential Oil Research**, n.7, p. 287-297, 1995.

LI, Y.; CRAKER, L. E.; POTTER, T. Effect of light level on essential oil production of sage (*Salvia officinalis*) and thyme (*Thymus vulgaris*). **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 426, p. 419-426, 1996.

MAFFEI, M.; CANOVA, D.; BERTEA, C. M.; SCANNERINI, S. UV-A effects on photomorphogenesis and essential-oil composition in *Mentha piperita*. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, n.52, p. 105-110, 1999.

MAFFEI, M.; CHIALVA, F.; SACCO, T. Glandular trichomes and essential oils in developing peppermint leaves. **New Phytologist Trust**, n. 111, p. 707-716, 1989.

MAIA, N. B. Efeito da nutrição mineral na qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva. In: MING, L.C. et al (ed). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agronômica**. Botucatu: UNESP, v.2. p. 81-95, 1998.

MAROTTI, M.; PICCAGLIA, R.; GIOVANELLI, E.; DEANS, S. G.; EAGLESHAM, E. Effects of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha x piperita* L.) essential oil composition and its biological activity. **Journal of Flavour and Fragrance**. n. 9, p. 125-129, 1994.

MATTOS S. H. **Estudos fitotécnicos da *Mentha arvensis* L. var. Holmes como produtora de mentol no Ceará**. 97f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2000.

OZEL, A. e OZGUVEN, M. Effect of different planting times on essential oil components of different mint (*Mentha* spp.) varieties. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, n. 26, p. 289-294, 2002.

PATEL, T.; ISHIUJI, Y.; YOSIPOVITCH, G. Menthol: A refreshing look at this ancient compound. **Journal of the American Academy of Dermatology**. Salem, 2007.

RAM, M.; KUMAR, S. Yield improvement in the regenerated and transplanted mint *Mentha arvensis* by recycling the organic wastes and manures. **Bioresource Technology**, v. 59, n.2, p. 141-149. 1997.

RAM, M.; RAM, D.; SINGH, S. H.; NAQVI, A. A., KUMAR, S. Studies on intercropping of patchouli (*Pogostemon patchouli*) with papaya (*Carica papaya*). **Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science**, v. 21, n.2, p. 358-360, 1999.

RANDHAWA, G.; SATINDER, K. Optimization of harvesting time and row spacing for the quality oil in cornmint (*Mentha arvensis* L) varieties. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 426, p. 615-622, 1996.

ROHLOFF, J.; DRAGLAND, S.; MORDAL, R.; IVERSEN, T. H. Effect of harvest time and drying method on biomass production, essential oil yield and quality of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. n. 53, p. 4143-4148, 2005.

SACRAMENTO, L. V. S.; CAMPOS, M. J. B. Cultivo de hortelã: produção de matéria seca e marcha de absorção de cálcio. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, Suplemento 2, 2002.

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

SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; ALVES, R. B. N.; MENDES, R. A., CARDOSO, L. D., QUEIROZ, L., SANTOS, I. R. I. Mint (*Mentha* spp.) germplasm conservation in Brazil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n. esp., p. 27-31, 2006.

SILVA, F. G.; PINTO, J. E. B. P.; CARDOSO, M. G.; NASCIMENTO, E. A.; NELSON, D. L.; SALES, J. F.; MOL, D. J. S. Influence of radiation level on plant growth, yield and quality of essential oil in carqueja. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.1, p. 52-57, 2006.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES et al (ed.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3 ed. Porto Alegre/ Florianópolis. Ed. Universidade/ UFRGS/ Ed. UFSC, 2001. Cap. 18, p. 397-425.

SOUZA, M. A. A de. **Produção de biomassa e rendimento de óleos essenciais de plantas de hortelã (*Mentha piperita*) em cultivo hidropônico com diferentes concentrações de nitrogênio e fósforo.** 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2006.

STORCK, R. C. **Sombreamento, ácido giberélico e extrato de alga no desenvolvimento e produção de óleos essenciais em Patchouli.** 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

TUCKER, A.O; NACZI, R.F.C. *Mentha*: an overview of its classification and relationships. In: LAWRENCE, B. M (ed.). **Mint: the genus *Mentha*.** Boca Raton: CRC, p. 1-41., 2007.

TURNER G. W.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. B. Distribution of peltate glandular trichomes on developing leaves of peppermint. **Plant Physiology**. n. 124, p. 655-663, 2000.

WATANABE, C. H.; NOSSE, T. M.; GARCIA, C. A.; PINHEIRO POVH, N. Extração do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) por destilação por arraste a vapor e extração com etanol. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n. 4, p. 76-86, 2006.

WILDUNG, M. R.; CROTEAU, R. B. Genetic engineering of peppermint for improved essential oil composition and yield. **Transgenic Research**, n. 14, p. 365-372, 2005.

ZEINALI, H.; ARZANI, A.; RAZMJOO, K.; REZAEI, M. B. Evaluation of oil compositions of Iranian mints (*Mentha* spp.). **Journal of Essential Oil Research**. Carol Stream, IL, mar/abr, 2005.

ZHELJAZKOV, V.; TOPALOV, V. Effect of planting time and density on yields from rooted mint cuttings. **Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants**, v. 4, n. 3, p. 15-24, 1996.

3 CAPÍTULO II – AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha spp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL

RESUMO

A utilização das plantas medicinais, condimentares e aromáticas é muito ampla, desde o nível doméstico ao industrial. Independente de sua finalidade é necessária a caracterização da espécie cultivada, para que haja certeza e segurança na obtenção do composto desejado. O gênero *Mentha* compreende cerca de 18 espécies e muitos quimiotipos, com diferenças inter e intra-específicas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar 19 genótipos de três espécies de *Mentha* para a obtenção de mentol. O experimento foi conduzido a campo em delineamento inteiramente casualizado e foram avaliados aspectos do desenvolvimento vegetativo, do rendimento e da composição do óleo essencial. Dois cortes foram realizados, sendo que o segundo somente para os genótipos com produtividade acima de 0,60 L.ha⁻¹ de mentol. Houve diferença entre os genótipos para todas as variáveis analisadas, especialmente no rendimento de óleo essencial. Nos resultados do primeiro corte, aos 90 dias após o plantio, alguns genótipos, mesmo com bons rendimentos de biomassa, não apresentaram mentol na composição do óleo essencial. Por ocasião do segundo corte, 90 dias após o primeiro, o genótipo que se destacou foi o *Peppermint*, produzindo aproximadamente 80 L.ha⁻¹ de mentol. Genótipos de *Mentha arvensis* L., tradicionalmente mais cultivados em função de seu teor de mentol, foram muito prejudicados pela ocorrência de “ferrugem da menta”, levando a menores valores de biomassa, mas não nas produtividades de óleo essencial e de mentol.

Palavras-chave: Hortelã. *Lamiaceae*. Mentol. Óleo essencial.

ABSTRACT

The uses of medicinal, spice and aromatic plants are very wide, from domestic to industrial level. Independent of their purpose of growth, species characterization is needed, so that there will be certainty and safety in the desired compound obtaining. The genus *Mentha* comprehends around 25 species and a lot of chemotypes, with inter and intra specific differences. The present work aimed to evaluate 19 genotypes of three *Mentha* species for menthol obtaining. The experiment was carried out on field in completely randomized design and the vegetative development, yield and composition of essential oil were evaluated. Two cuttings were made, but the second only for those genotypes that presented more than 0,5 L.ha⁻¹ productivity of menthol. There was difference among genotypes for all variables analyzed, specially on essential oil yield. The results of the first cutting, 90 days after planting, have shown some genotypes without menthol in their essential oil composition, even with great biomass yields. By the second cutting, 90 days after the first one, the genotype *Peppermint* was the best, producing near 80 L.ha⁻¹ of menthol. *Mentha arvensis* L. genotypes, traditionally more grown for their high menthol yield, were very damaged because the occurrence of “mint rust”, leading to lower biomass values, but not in essential oil and menthol productivities.

Key-words: Mint. *Lamiaceae*. Menthol. Essential oil.

3.1 INTRODUÇÃO

A *Mentha*, popularmente conhecida no Brasil como hortelã, é usada para fins medicinais como analgésico estomacal e intestinal, estimulante das funções cardíacas, controle da azia, gastrite, cólicas e gases (GRISI et al., 2006). Além da finalidade de planta medicinal, também é usada como condimentar na forma de aromatizantes alimentícios e tempero *in natura*. Conforme Watanabe et al. (2006), dentre as espécies mais populares se destacam a menta do levante (*M. citrata* Ehrhart.), hortelã verde (*M. spicata* L.), poejo (*M. pulegium* L.), hortelã crespa (*M. crispa* L.), hortelã pimenta (*M. x piperita*) e a menta japonesa ou hortelã doce (*M. arvensis*).

Por ser considerada uma cultura exigente em fertilidade do solo e água, foi usada como cultura desbravadora nas regiões do interior dos Estados do Paraná e de São Paulo. Com a diminuição das áreas desmatadas, a área de cultivo da menta diminuiu; outros dois fatores que contribuíram para a diminuição da produção de menta foram o advento do mentol sintético e a suscetibilidade das plantas de menta à doença conhecida como “ferrugem da menta”, causada pelo fungo *Puccinia menthae* Pers. (WATANABE et al., 2006).

O principal produto das plantas do gênero *Mentha* é o seu óleo essencial, de forma geral rico em mentol na sua composição. Esse óleo essencial é produzido e armazenado em glândulas especiais, os tricomas peltados, os quais estão presentes principalmente nas folhas e flores, mas também em pequenas concentrações nos caules. Sendo utilizado nas indústrias farmacêutica, alimentícia e de cosméticos, movimentou cerca de US\$ 276 milhões de dólares no ano de 2005, com produção de 22,2 mil toneladas (57% na Índia). Para o ano de 2010 há previsões que estimam produção de aproximadamente 30 mil toneladas de óleo essencial de menta (SANGANERIA, 2005).

Mesmo se mostrando um mercado promissor e rentável, a produção de menta no Brasil ainda se destina em sua maior parte para a produção de matéria seca para chás, com preços muito abaixo dos oferecidos pelo óleo essencial. Isso está atrelado em grande parte às condições e incentivos para a produção de óleo essencial não serem tão atrativas. Além disso, a distância aos centros

processadores e consumidores desse produto também diminuem a competitividade dos produtores brasileiros.

Sabe-se que as espécies de *Mentha* diferem entre si não somente morfológicamente, mas também na quantidade e qualidade do óleo essencial produzido e armazenado (SILVA et al., 2006). Na Tabela 1 podem ser observados alguns dados médios de rendimento e composição do óleo essencial de algumas espécies do gênero *Mentha*.

TABELA 1 - RENDIMENTO E CONSTITUINTES DO ÓLEO ESSENCIAL (O.E.) DE ALGUMAS ESPÉCIES IMPORTANTES DE MENTA

Espécie de menta	Porcentagem e constituintes do óleo essencial nas folhas ¹
<i>Mentha aquatica</i>	0,8% de O.E. 40% de mentofurano, 28% de mentol, 22% de acetato de mentila
<i>Mentha arvensis</i>	1,3 a 1,6% de O.E. 70 a 80% de mentol, 10% de mentil-acetato, 8% de mentona
<i>Mentha citrata</i>	0,5 a 0,8% de O.E. 45 a 50% de linalol, 35 a 40% de acetato de linalila
<i>Mentha longifolia</i>	1,2% de O.E. 50% de óxido de piperitona, 20% de piperitona
<i>Mentha x piperita</i>	0,3 a 1% de O.E. 50 a 55% de mentol, 20% de acetato de mentila, 10% de mentona
<i>Mentha pulegium</i>	1 a 2% de O.E. 85 a 95% de pulegone, 4 a 5% de mentol
<i>Mentha rotundifolia</i>	0,06 a 0,1% de O.E. 51% de óxido de piperitona, 10% de dipenteno, 10% de limoneno, 10% de acetato de diidrocarveol e 15% de carvona
<i>Mentha spicata</i>	0,2 a 0,5% de O.E. 58% de carvona, 8% de limoneno, 10% de dipenteno, 7% de diidrocarveol e 12% de acetato de diidrocarveol.

FONTE: Adaptado de Bhat et al. (2002).

¹Outros compostos foram encontrados em quantidades-traço e não estão indicados.

Conhecer as principais características de uma determinada espécie é fundamental para o seu cultivo. Para GRISI et al. (2006), a seleção entre espécies e dentro de uma mesma espécie, visando o aumento da produção de óleo essencial é uma ferramenta eficiente para os produtores de menta. Dentro dos processos de caracterização agrônômica e melhoramento da espécie, indubitavelmente devem ser

considerados os fatores abióticos que influenciam o resultado final do cultivo, no caso, a produção em rendimento e qualidade de óleo essencial.

O presente trabalho teve como objetivo comparar o desenvolvimento vegetativo e produção de óleo essencial de *Mentha arvensis*, *M x piperita* e *M. sp.*, principalmente em relação à produção de mentol.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de outubro de 2005 a maio de 2006 em propriedade particular da empresa IOTO International Ltda., na zona rural do município de Campo Magro, Região Metropolitana de Curitiba. A área localiza-se à 25°22.031' latitude Sul, 49°26.715' longitude Oeste, com 940 m de altitude e clima subtropical úmido meso-térmico.

3.2.1 Preparo da área

O solo da área experimental é cambissolo háplico (EMBRAPA, 1999), cuja análise com as características químicas está na Tabela 2. Para essa análise procedeu-se a amostragem do solo conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo de RS e SC (2004), na profundidade de 0-20 cm. A amostra de solo foi analisada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná, que utiliza a metodologia de Pavan et al. (1992).

TABELA 2 - ANÁLISE DE SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL, COLETADO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 CM. CAMPO MAGRO, PR, 2005.

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	T	P	C	V	Argila
CaCl ₂	cmol _c .dm ⁻³						mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³		%
4,90	0,10	3,70	1,70	0,18	5,58	11,38	9,10	19,0	49	65

A correção da fertilidade e da acidez da área foi feita com base na recomendação de adubação e calagem do IAC (1997) para a cultura da menta. Foram aplicados 20 kg.ha⁻¹ de N, 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg.ha⁻¹ de K₂O e 2,4 t.ha⁻¹ de calcário tipo Filler (PRNT 100%), para elevar o índice V para 70%. A adubação de cobertura foi realizada com 30 kg.ha⁻¹ de N aos 30 dias após o plantio. Para a segunda colheita a adubação com 30 kg.ha⁻¹ de N e 30 kg.ha⁻¹ de K₂O foi feita três semanas após o primeiro corte.

Antes do plantio os fertilizantes (uréia, super triplo e cloreto de potássio) e o calcário (tipo filler) foram incorporados por operação de gradagem.

3.2.2 Material vegetal e preparo de mudas

Para o experimento três espécies do gênero *Mentha* foram utilizadas: *M. arvensis* L., *M. x piperita* L. e *M. spp.* De cada espécie foram selecionados alguns genótipos, listados na Tabela 3.

TABELA 3 - MATERIAIS GENÉTICOS DE *MENTHA*, COM SUAS RESPECTIVAS PROCEDÊNCIAS, AVALIADOS EM CAMPO MAGRO, PR, 2005.

NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	PROCEDÊNCIA
<i>M. arvensis</i> L.	Hortelã 403	CPQBA
	Hortelã - PR 1	Capitão Leônidas Marques
	Hortelã – PR 2	Capitão Leônidas Marques
	Hortelã – PR 3	Capitão Leônidas Marques
<i>M. x piperita</i> L.	Chocolate mint	Purdue University – EUA
	Variegated mint	Purdue University – EUA
	Peppermint	Purdue University – EUA
	Ciudad del Este	UnB
	Piperita negra	UnB
	Hortelã 560	CPQBA
	Hortelã 489	CPQBA
<i>M. spp.</i>	Menta do Uruguai	Uruguai
	Hortelã 1802	São Paulo
	IAC 5	IAC
	IAC 7	IAC
	IAC 8	IAC
	IAC 9	IAC
	Hortelã Botucatu	UNESP
	UFC 5	UFC

IAC – Instituto Agronômico de Campinas; UnB – Universidade de Brasília; CPQBA – Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrárias/UNICAMP; UFC – Universidade do Ceará; UNESP – Universidade do Estado de São Paulo.

As mudas foram produzidas por estaquia herbácea em condições de casa-de-vegetação no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo – UFPR. O padrão determinado foi o de estacas de 10 cm, com uma gema e um par de folhas reduzido à metade. O plantio foi feito em substrato contendo 50% de areia e 50% de Plantmax[®] hortaliças, permanecendo cerca de 30 dias em bandejas de isopor em casa-de-vegetação, com temperatura e irrigação controladas, até o enraizamento das estacas.

3.2.3 Plantio, tratos culturais e colheita

O experimento foi implantado no campo nos dias 13 e 14 de outubro de 2005. As mudas, em torrão, foram plantadas no espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,45 m entre plantas, totalizando parcelas de 9 m² com 50 plantas cada. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três repetições. Durante os seis meses de cultivo as plantas eram irrigadas em dias alternados ou pela manhã ou ao fim da tarde; foram realizadas capinas semanais nas parcelas para eliminar o efeito da mato-competição. Houve incidência de ferrugem da menta (*Puccinia menthae*) nos genótipos de *M. arvensis* L., porém o controle fitossanitário com calda bordalesa foi feito somente durante o segundo ciclo de cultivo (rebrotas).

Foram realizadas duas colheitas (cortes) na área experimental. O primeiro corte aos 90 dias após o plantio (dias 18 e 19 de janeiro de 2006), ainda na estação do verão, e o segundo (da rebrotas), 90 dias após a primeira colheita (18 de abril de 2006), já na estação do outono. Os cortes foram feitos a 10 cm do solo, manualmente com tesoura de poda, acondicionando, separadamente, a parte aérea dos estolões. Somente os genótipos que apresentaram valores acima de 0,6 L.ha⁻¹ de mentol foram avaliados no segundo corte. De cada parcela experimental foram colhidas 6 plantas.

3.2.4 Variáveis analisadas

Para cada corte, o desenvolvimento vegetativo foi avaliado pela massa seca de ramos, folhas e estolões. Para a extração do óleo essencial foram utilizadas amostras de 100 g de massa fresca de folhas, submetidas ao processo de hidrodestilação em aparelho graduado de Clevenger durante 2 horas. O rendimento de óleo essencial em $\mu\text{L}\cdot\text{g}^{-1}$ de massa fresca foi corrigido para base seca após secagem de amostras a 65°C em estufa com ventilação forçada até massa constante. Ainda foi analisada a composição do óleo essencial.

3.2.5 Caracterização química do óleo essencial

A análise das amostras para identificar a porcentagem dos constituintes majoritários do óleo essencial foi feita no Laboratório de Análise de Combustíveis Automotivos (LACAUT), do Departamento de Engenharia Química da UFPR, pelo método da cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). O cromatógrafo a gás utilizado era da marca Varian, modelo CP-3800, com detector FID (CG/FID); coluna capilar Chrompack de sílica fundida CP-SIL 8 CB com 0,25 mm de diâmetro interno, 30 m de comprimento e 0,25 μm de filme líquido. As condições de análise foram as seguintes: a) temperatura do injetor: 250°C , split 1:200; b) quantidade de amostra injetada: 1,0 μL ; c) pressão da coluna: 30,0 psi; d) gás de arraste: hélio a $1,0\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ na temperatura de 60°C ; e) gás de make up: ar sintético, nitrogênio e hidrogênio; f) temperatura do detector FID: 300°C ; g) programação da temperatura do forno: inicial 60°C , elevação da temperatura a 90°C na razão de 3°C permanecendo por 5 minutos, elevação da temperatura a 140°C na razão de 3°C , elevação da temperatura a 240°C na razão de 30°C permanecendo por 5 minutos; h) tempo total de análise/desenvolvimento: 40 minutos.

3.2.6 Análises estatísticas

As análises de variância (ANOVA) foram realizadas utilizando o programa MSTAT-C (NISSEN, 1993). As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à sua homogeneidade pelo teste de Bartlett e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Desenvolvimento vegetativo

Os resultados das variáveis de análise de desenvolvimento vegetativo para o primeiro corte podem ser observados na Tabela 4.

TABELA 4 - MASSA SECA DE RAMOS, ESTOLÕES, FOLHAS E MASSA SECA TOTAL ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) DE 19 GENÓTIPOS DE 3 ESPÉCIES DE *MENTHA*, 1º CORTE EM CAMPO MAGRO, PR, 2006.

Espécie	Genótipo	MS Ramos	MS Estolões ¹	MS Folhas ¹	MS Total ¹
<i>M. arvensis</i>	Hortelã 403	892,14 e-g	327,16 ef	251,85 hi	1471,0 ij
	Hortelã-PR 1	568,72 g	210,37 fg	169,83 i	948,9 j
	Hortelã – PR 2	1317,74 c-g	93,70 h	400,10 h	1811,0 g-j
	Hortelã – PR 3	1076,01 e-g	333,05 d-f	382,59 h	1792,0 h-j
<i>M.x piperita</i>	Chocolate mint	774,40 fg	1064,77 ab	892,59 fg	2732,0 d-i
	Variegated peppermint	510,00 g	450,33 c-e	1123,62 e-g	2084,0 e-j
	Peppermint	1117,90 d-g	778,43 a-c	1500,70 c-f	3397,0 d-g
	Ciudad del Este	1354,03 c-g	85,84 h	2042,43 a-d	3482,0 d-f
	Piperita negra	2135,23 bc	140,91 gh	1622,34 c-e	3898,0 cd
	Hortelã 560	1020,62 e-g	774,20 a-c	1908,46 b-e	3788,0 cd
	Hortelã 489	1553,91 c-f	635,84 b-d	1422,39 d-f	3612,0 de
<i>M. spp.</i>	Menta do Uruguai	1947,45 b-d	1036,54 ab	3535,23 a	6519,0 ab
	Hortelã 1802	1580,58 c-f	390,08 d-f	2221,52 a-d	4192,0 cd
	IAC 5	2534,03 b	758,97 a-c	3147,82 ab	6441,0 ab
	IAC 7	1737,98 b-e	1017,65 ab	3177,49 ab	5933,0 ab
	IAC 8	1153,17 d-g	400,29 d-f	1630,08 c-e	3184,0 d-h
	IAC 9	1453,37 c-f	1328,73 a	2592,84 a-c	5375,0 bc
	Hortelã Botucatu	3420,49 a	411,85 c-e	3159,75 ab	6992,0 a
	UFC 5	916,17 e-g	239,01 e-g	780,78 g	1936,0 f-j
C.V. (%)		19,48	3,49	2,41	13,99

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

¹Dados transformados em $\log(x)$.

Houve muita variação entre os genótipos quanto ao desenvolvimento vegetativo no 1º corte. O período compreendido para essa avaliação foi o do verão local e, conforme observado por autores como Deschamps et al. (2008), as plantas do gênero *Mentha* têm a tendência de apresentar maior desenvolvimento vegetativo sob essas condições climáticas. Para as quatro variáveis acima analisadas, o genótipo que apresentou os maiores valores de massa seca foi o denominado 'Hortelã Botucatu' (*Mentha spp.*), em comparação com 'Hortelã – PR 1', (*Mentha arvensis*), proveniente de Capitão Leônidas Marques, no interior do Estado do Paraná. Pôde ser observada uma tendência de comportamento quanto ao desenvolvimento vegetativo dentro das espécies e entre elas. Os genótipos de *Mentha arvensis* (Hortelã 403 e Hortelã – PR 1, 2 e 3) apresentaram os menores acúmulos de massa seca, tanto por órgãos vegetativos quanto na massa seca total.

Na espécie *Mentha x piperita*, salvo exceções dos genótipos 'Ciudad del Este' e 'Piperita Negra', houve o comportamento de maior acúmulo de massa seca em estolões e menor em ramos e folhas, o que pode estar associado às suas características anatômicas. Enquanto as plantas de 'Ciudad del Este' e 'Piperita Negra' apresentam hábito mais ereto e folhas maiores, as plantas dos outros genótipos da mesma espécie têm hábito de crescimento rasteiro, com intensa ramificação estolonífera. Os maiores acúmulos de massa seca foram observados nas plantas de *Mentha spp.*, isto é, em plantas sem espécie definida em função da grande hibridização do gênero.

A grande variação do comportamento de diferentes genótipos já foi observada por Grisi et al. (2006) nas condições do Distrito Federal – BR. Esses autores avaliaram 25 genótipos quanto às suas características morfológicas e de desenvolvimento vegetativo, inclusive acúmulo de massa seca e atribuíram às diferenças genotípicas das plantas os resultados obtidos. Da mesma forma pode-se explicar os resultados obtidos nesse experimento.

É importante ressaltar que o desenvolvimento vegetativo das plantas é função de outros fatores que não os genéticos. Como já citado, o período de análise foi o verão, tido como o mais favorável para o pleno crescimento e desenvolvimento das plantas. O manejo durante o experimento foi semelhante para todos os genótipos, como a adubação, capinas e turnos de rega. É possível que algum genótipo não tenha atingido seu potencial nas condições do experimento, em função do manejo padronizado, porém, tendo em vista esse ser um estudo exploratório de

identificação de espécies potenciais para a região, esse fato não pode ser tido como determinante.

Por sua vez, a ocorrência da doença “ferrugem da menta” deve ser considerada. Estudos como o de Edwards et al. (1999) relatam redução no desenvolvimento vegetativo e rendimento de óleo essencial em *Mentha x piperita*. Esses mesmos autores observaram aumento de desfolhamento em torno de 67% em função da doença. Os genótipos de *Mentha arvensis* foram infectados pela ferrugem de maneira severa, o que também pode explicar seus menores rendimentos no acúmulo de massa seca.

Por ocasião do segundo corte quatro genótipos da espécie *Mentha arvensis*, três genótipos de *Mentha x piperita* e dois genótipos de *Mentha spp.* foram avaliados, em função de terem apresentado produtividade de mentol acima de 0,6 L.ha⁻¹ na primeira colheita (Tabela 5).

TABELA 5 - MASSA SECA DE RAMOS, FOLHAS E MASSA SECA TOTAL (kg.ha⁻¹) DE 9 GENÓTIPOS DE 3 ESPÉCIES DE *MENTHA*, 2º CORTE EM CAMPO MAGRO, PR, 2006.

Espécie	Genótipo	MS Ramos		MS Folhas		MS Total	
<i>M. arvensis</i>	Hortelã 403	1075,6	de	203,60	d	1131,21	b
	Hortelã – PR 1	1663,7	c	310,6	c	1827,13	ab
	Hortelã – PR 2	1138,6	d	219,95	cd	1221,94	b
	Hortelã – PR 3	2451,85	a	495,16	b	2606,11	ab
<i>M.x piperita</i>	Peppermint	2185,19	ab	1232,89	a	3082,22	a
	Chocolate mint	1532,5	c	673,18	b	2039,94	ab
	Hortelã 560	2131,2	b	1095,97	a	2739,94	ab
<i>M. spp.</i>	IAC 9	824,75	e	723,37	b	1446,73	ab
	UFC 5	432,4	f	591,73	b	1479,32	ab
	C.V. (%)	6,91		2,19		10,57	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Observou-se uma tendência à diminuição no acúmulo de biomassa. De maneira geral isso pode ser explicado em função da diminuição do metabolismo da planta pelo fim da estação do verão e início do outono. Estudos realizados por Clark e Menary (1984) relatam que há diminuição no rendimento de massa seca das plantas em colheitas de rebrotes, assim como observaram, também, Aflatuni (2005) e Ram e Kumar (1997) em colheitas de rebrotes de *M. arvensis*. O comportamento dos genótipos de *M. arvensis* ‘Hortelã – PR 1’ e ‘Hortelã – PR 3’, porém, foi

diferente, apresentando aumento na massa seca total quando comparada ao primeiro corte. Em função do controle realizado com fungicida “calda bordalesa” em aplicações semanais preventivas é bastante provável que esse resultado esteja relacionado à menor incidência de ferrugem nessas plantas, permitindo seu maior desenvolvimento vegetativo.

Como não houve diferença estatística para a massa seca de estolões entre os 9 genótipos avaliados, os resultados dessa variável não estão apresentados. Isso pode estar associado à baixa regeneração desse órgão nas plantas.

3.3.2 Rendimento e qualidade do óleo essencial

Foram observadas diferenças entre os genótipos no primeiro corte para as variáveis relacionadas ao óleo essencial, como pode ser observado na tabela 6.

TABELA 6 - RENDIMENTO ($\mu\text{L.g M.S.}^{-1}$) E PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL (L.ha^{-1}) E PRODUTIVIDADE DE MENTOL (L.ha^{-1}) DE 19 GENÓTIPOS DE 3 ESPÉCIES DE *MENTHA*, 1º CORTE EM CAMPO MAGRO, PR, 2006.

Espécie	Genótipo	Rendimento de óleo essencial ¹		Produtividade de óleo essencial ¹		Produtividade de mentol ²	
<i>M. arvensis</i>	Hortelã 403	134,92	ab	33,86	d-g	22,60	ab
	Hortelã-PR 1	121,53	ab	20,66	g	13,63	bc
	Hortelã – PR 2	170,09	a	66,76	a-c	43,04	a
	Hortelã – PR 3	93,38	bc	36,08	d-g	22,25	ab
<i>M.x piperita</i>	Chocolate mint	26,84	e-g	24,26	fg	8,09	b-d
	Variegated peppermint	28,43	e-g	32,37	d-g	0	e
	Peppermint	21,11	f-h	31,73	d-g	11,63	bc
	Ciudad del Este	37,46	de	76,68	ab	0	e
	Piperita negra	18,19	gh	29,47	e-g	0,02	e
	Hortelã 560	27,98	e-g	53,51	b-d	19,04	b
	Hortelã 489	59,49	cd	83,14	ab	0,56	de
<i>M. spp.</i>	Menta do Uruguai	10,20	i	33,35	d-g	0	e
	Hortelã 1802	31,28	ef	69,60	a-c	0	e
	IAC 5	32,92	ef	103,32	a	0	e
	IAC 7	27,40	e-g	86,67	ab	0	e
	IAC 8	30,24	ef	49,07	b-e	0	e
	IAC 9	26,78	e-g	69,26	a-c	14,53	bc
	Hortelã Botucatu	13,21	hi	41,95	c-f	0	e
	UFC 5	15,03	hi	11,88	h	4,10	c-e
C.V. (%)		4,79		8,04		25,91	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

¹Dados transformados em $\log(x)$; ² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$

Conforme os resultados apresentados percebe-se que os genótipos de *Mentha arvensis* foram os que apresentaram maiores rendimentos de óleo essencial, mesmo com a incidência da ferrugem da menta. Isso discorda dos resultados de autores como Zechini et al. (1995) e Edwards (1999), que relataram decréscimo na produção de óleo essencial em plantas infectadas. É possível que os valores obtidos realmente sejam menores que o potencial de tais genótipos sem a influência da doença, porém, mesmo com ferrugem, esses não foram superados por genótipos de outras espécies. Os genótipos das outras espécies apresentaram variações no rendimento de óleo essencial, e como observado por Deschamps et al. (2008) e Grisi et al. (2006), essas diferenças estão relacionadas às diferenças genéticas das plantas. É consenso nos estudos de biossíntese de óleos essenciais que as variações no rendimento e composição do óleo são função dos aspectos ambientais, mas também da expressão genética das plantas (Marotti et al., 1994). Em mentrasto (*Ageratum conyzoides* L.), Castro et al. (2004) observaram variações no teor e composição do óleo essencial de 5 acessos da espécie, exemplificando a influência das características genéticas sobre o metabolismo da planta.

Ao avaliar, porém, a produtividade de óleo essencial, que é dada em função da produção de biomassa de folhas, genótipos com baixo rendimento de óleo essencial, como IAC 5, apresentaram as mais altas produtividades de óleo, em função de sua biomassa ser maior. Comportamento semelhante foi observado em outros genótipos de *Mentha spp.*

Na análise cromatográfica dos óleos essenciais, foram identificadas espécies não produtoras de mentol, fato já observado por outros autores anteriormente, como Deschamps et al. (2008). Alguns genótipos, mesmo com altos valores de produtividade de óleo essencial não apresentaram mentol na composição do óleo, não sendo, por isso, avaliados no segundo corte. A síntese dos compostos monoterpênicos do óleo essencial no gênero *Mentha*, conforme descrito por Wildung e Croteau (2005) inicia a partir de metil eritritol fosfato para suprir as unidades de isoprenóides precursoras de isopentenil-fosfato e dimetil-alil-fosfato, até sua conversão em geranyl-difosfato, precursor universal de todos os monoterpenos regulares. A partir desse ponto diversas enzimas estão envolvidas no processo e a ausência de alguma pode levar a diferenças no rendimento e composição do óleo essencial (Deschamps et al., 2008), como é o caso da relação entre pulegona redutase e mentona redutase para a formação do mentol.

As diferenças na produtividade de mentol entre os genótipos produtores desse composto podem ser explicadas em função da biomassa de folhas e também da própria fisiologia da planta em produzir e armazenar o óleo essencial. O genótipo que apresentou a maior produtividade de mentol foi o ‘Hortelã – PR 2’, não diferindo estatisticamente dos genótipos ‘Hortelã 403’ e ‘Hortelã – PR 3’, todos da espécie *M. arvensis*. Esses resultados estão de acordo com os autores Ozel e Ozguven (2002), que também obtiveram maiores valores de mentol em *M. arvensis*. Tradicionalmente os cultivos nacionais e até internacionais são de plantas da espécie *M. arvensis*, em função de seu teor de mentol, o que foi comprovado pelo presente experimento ao se comparar diversos genótipos de três espécies.

Para o segundo corte os dados do óleo essencial estão apresentados na tabela 7, com os resultados para produtividade do óleo essencial e mentol, em litros por hectare.

TABELA 7 - PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL (L.ha⁻¹) E DE MENTOL (L.ha⁻¹) DE 9 GENÓTIPOS DE 3 ESPÉCIES DE *MENTHA*, 2º CORTE EM CAMPO MAGRO, PR, 2006.

Espécie	Genótipo	Produtividade de óleo essencial ¹		Produtividade de mentol	
<i>M. arvensis</i>	Hortelã 403	43,33	de	28,89	cd
	Hortelã – PR 1	34,86	e	22,94	d
	Hortelã – PR 2	52,97	d	34,56	cd
	Hortelã – PR 3	55,58	d	34,30	cd
<i>M.x piperita</i>	Peppermint	210,89	a	77,37	a
	Chocolate mint	117,07	bc	38,95	c
	Hortelã 560	144,21	b	54,76	b
<i>M. spp.</i>	IAC 9	136,85	bc	28,88	cd
	UFC 5	98,62	c	33,90	cd
	C.V. (%)	3,06		13,32	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

¹Dados transformados em log(x)

Por ocasião do segundo corte, o genótipo que apresentou maior produtividade de mentol foi a *Peppermint*, atingindo quase 80 L.ha⁻¹ de mentol, mais que o dobro da produtividade do genótipo “Hortelã – PR 3”, que teve o melhor resultado no primeiro corte. Os resultados obtidos discordam de vários autores que encontraram menores valores de produtividade de óleo essencial e mentol ao comparar número de cortes e épocas de colheita (Deschamps et al., 2008; Aflatuni,

2005; Kofidis et al., 2004; Croteau et al., 2005). Pôde-se observar que de maneira geral os genótipos apresentaram maiores produtividades de óleo e mentol por ocasião do segundo corte. Isso pode estar associado não à maior produção de óleo, mas sim a uma menor perda. Tendo em vista que as plantas cresceram menos em relação ao primeiro corte, houve menor perda de folhas, em função de menor sombreamento. Associado a esse fato, sugere-se que as plantas puderam otimizar a utilização da radiação solar tanto para seu metabolismo primário quanto para o secundário. Ao comparar os dois cortes é importante ressaltar que as condições de colheita em cada um foram diferentes. No primeiro, houve chuva no momento do corte, ao passo que no segundo corte as condições eram de tempo aberto. Sabe-se que não se recomenda colheita de plantas medicinais e aromáticas sob condições de chuva, já que as plantas podem apresentar perdas, porém, por questões logísticas, o primeiro corte foi realizado sob essas condições.

3.4 CONCLUSÕES

Foram observadas diferenças importantes entre os genótipos avaliados no experimento. Há espécies de *Mentha* que, apesar de atingirem altos valores de biomassa, não contêm mentol em seu óleo essencial, o que não torna seu cultivo interessante para essa finalidade. Estudos mais aprofundados quanto à sua composição de óleo podem revelar outras finalidades interessantes. Dentro das espécies produtoras de mentol, alguns genótipos apresentaram baixo acúmulo de biomassa, levando a uma produtividade menor de óleo essencial e mentol, sugerindo a necessidade de mais estudos para incremento dessa variável.

Os genótipos avaliados apresentam maior desenvolvimento vegetativo no primeiro corte, realizado no verão, em relação ao segundo corte, realizado no outono. Porém, para produtividade de óleo essencial e mentol, os genótipos que continham mentol atingem maiores valores no segundo corte.

O genótipo *Peppermint*, apesar de apresentar os maiores rendimentos de mentol, tem como limitação para recomendação seu hábito rasteiro de crescimento, o que dificulta a colheita e tratos culturais; isso pode representar inclusive um fator anti-econômico no cultivo comercial de menta.

A espécie *Mentha arvensis* foi infectada severamente durante o período experimental pela doença ferrugem da menta, fazendo com que os resultados para os genótipos dessa espécie fosse relativamente menor aos outros, exceto na produtividade de óleo essencial e mentol.

Tendo em vista a espécie *Mentha arvensis* ser suscetível à ferrugem da menta, sugerem-se estudos semelhantes e mais aprofundados com outras espécies não suscetíveis a essa doença.

REFERÊNCIAS

AFLATUNI, A. **The yield and essential content of mint (*Mentha ssp*) in northern Ostrobothnia**. 50 f. Dissertação – Departamento de Biologia – Universidade de Oulu, Finlândia. Oulu – 2005.

BHAT, S.; MAHESHWARI, P.; KUMAR, S.; KUMAR, A. *Mentha* species: *In vitro* regeneration and genetic transformation. **Molecular Biology Today**, v. 3, n. 1, p. 11-23, 2002.

CASTRO, H. G.; OLIVEIRA, L. O.; BARBOSA, L. C. A.; FERREIRA, F. A.; SILVA, D. J. H.; MOSQUIM, P. R.; NASCIMENTO, E. A. Teor e composição do óleo essencial de cinco acessos de mentrasto. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 55-87, 2004.

CLARK, R. J. e MENARY, R. C. The effect of two harvest per year on the yield and the composition of Tasmanian peppermint oil (*Mentha piperita* L.). **Journal of the Science of food and agriculture**, v.35, p. 1191-1195, 1984.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de Adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 1 ed. Porto Alegre, SBCS. Núcleo Regional Sul, 2004, 400p.

CROTEAU, R.; DAVIS, E. M.; RINGER, K. L.; WILDUNG, M. R. (-)- Menthol biosynthesis and molecular genetics. **Naturwissenschaften**, v. 92, n. 12, p. 562-577, 2005.

DESCHAMPS, C.; ZANATTA, J. L.; BIZZO, H. R.; OLIVEIRA, M. C. de.; ROSWALKA, L. C. Avaliação sazonal do rendimento de óleo essencial em espécies de menta. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.3, p.725-730, 2008.

EDWARDS, J.; PARBERY, D. G.; TAYLOR, P. A.; HALLORAN, G. M. Effects of *Puccinia menthae* on growth and yield of Todd's Mitcham peppermint. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.50, n.7, p. 1273-1278, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999.

GRISI, M. C. M.; SILVA, D. B.; ALVES, R. B. N.; GRACINDO, L. A. M. B.; VIEIRA, R. F. Avaliação de genótipos de *Mentha* spp nas condições do Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 33-39, 2006.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, Fundação IAC, 1997.

KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A.; KOKKINI, S. Seasonal variation of essential oils in a linalool-rich chemotype of *Mentha spicata* grown wild in Greece. **Journal of Essential oil research**, v. 16, p. 469-472, 2004.

MAROTTI, M.; PICCAGLIA, R.; GIOVANELLI, E.; DEANS, S. G.; EAGLESHAM, E. Effects of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha x piperita* L.) essential oil composition and its biological activity. **Journal of Flavour and Fragrance**. n. 9, p. 125-129, 1994.

NISSEN, O. MSTAT-C. A microcomputer for design, management and analysis of Agronomic research experiments. Version 2.11. East Lansing, Michigan State University, 1993, 300p.

OZEL, A.; OZGUVEN, M. Effect of different planting times on essential oil components of different mint (*Mentha* spp.) varieties. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, n. 26, p. 289-294, 2002.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. IAPAR, Londrina, 1992. (IAPAR. Circular 76).

RAM, M.; KUMAR, S. Yield improvement in the regenerated and transplanted mint *Mentha arvensis* by recycling the organic wastes and manures. **Bioresource Technology**, v. 59, n.2, p. 141-149. 1997.

SANGANERIA, S. Vibrant India. Opportunities for the flavor and fragrance industry. **Perfumer & Flavorist**, v. 30, n. 7, p. 24-34, 2005.

SILVA, D. B.; VIEIRA, R. F.; ALVES, R. B. N.; MENDES, R. A., CARDOSO, L. D., QUEIROZ, L., SANTOS, I. R. I. Mint (*Mentha* spp.) germplasm conservation in Brazil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu, v.8, n. esp., p. 27-31, 2006.

WATANABE, C. H.; NOSSE, T. M.; GARCIA, C. A.; PINHEIRO POVH, N. Extração do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) por destilação por arraste a vapor e extração com etanol. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, n.4, v. 8, p. 76-86, 2006.

WILDUNG, M. R. e CROTEAU, R. B. Genetic engineering of peppermint for improved essential oil composition and yield. **Transgenic Research**, n. 14, p. 365-372, 2005.

ZECHINI, D. A., ZAMBONELLA, A.; BIANCHI, A.; ALBASINI, A. Micro morphological and chemical investigation into the effects of fungaldiseases on *Melissa officinalis* L.; *Mentha piperita* L. and *Salvia officinalis* L. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 143, n.3, p. 179-183, 1995.

4 CAPÍTULO III – EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur

RESUMO

A produção de óleos essenciais nas plantas aromáticas é influenciada por fatores bióticos e abióticos. A demanda por esses produtos tem crescido, sendo os óleos essenciais do gênero *Mentha* bastante visados pelas indústrias farmacêutica, de cosméticos, alimentícia e agrícola, especialmente em função do composto mentol. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de três espaçamentos de plantio (0,60 x 0,15 m; 0,60 x 0,30 m e 0,60 x 0,45 m) e duas épocas de colheita (60 e 90 dias após o plantio) na espécie *Mentha campestris* Schur. O experimento foi conduzido no Centro de Estações Experimentais do Canguiri – UFPR, em Pinhais-PR, no período de janeiro a abril de 2008. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas. Houve diferença significativa para todas as variáveis analisadas, exceto na massa seca de estolões. Na segunda época de colheita as massas secas de folhas, ramos e total foram maiores que na primeira época. Para a biomassa de folhas observou-se maiores valores no menor espaçamento de plantio. O rendimento de óleo essencial foi maior na segunda época de colheita nos espaçamentos maiores. A produtividade do óleo também foi maior na segunda época de colheita, porém no espaçamento mais adensado. Pode-se concluir como recomendação para *M. campestris* o espaçamento 0,60 x 0,15m e colheita aos 90 dias, por terem atingido maior biomassa, rendimento de óleo essencial e produtividade de mentol por hectare.

Palavras-chave: Colheita. Espaçamento. Menta. Mentol

ABSTRACT

The essential oil production in the aromatic plants is influenced by biotic and abiotic factors. These product's demand has been growing, specially essential oils from the genus *Mentha*, that are much aimed for the pharmaceutical, cosmetics, food and agronomic industries, mainly because the compound menthol. This work had as main objective evaluate the effect of three row spacings (0,60 x 0,15 m; 0,60 x 0,30 m and 0,60 x 0,45 m) and two harvesting times (60 and 90 days after planting) in *Mentha campestris* Schur. species. The experiment was carried out at the Canguiri Experimental Stations – UFPR, in Pinhais-PR, between January and April, 2008. The experiment design was the randomized blocks in split-plot. There was statistical difference for all variable, except for the stolon dry yield. In the second harvesting time the leaves, stems and total dry yields were greater than in the first. For the leaves biomass the biggest values were observed in the narrow spacing. The essential oil yield was greater in the second harvest and in the wider rows. The essential oil productivity was also greater in the second harvesting time, but in the narrow row. It can be recommended the spacing 0,60 x 0,15m and harvesting at 90 days, because their greater biomass, essential oil yield and menthol productivity per hectare.

Key-words: Harvesting. Spacing. Mint. Menthol..

4.1 INTRODUÇÃO

Algumas espécies de menta são cultivadas de maneira intensiva em diversos países em função de seu óleo essencial, especialmente rico em mentol (KHANUJA et al., 2000). Em 2002 o quilograma do óleo essencial de menta estava cotado em US\$ 54 (PAULUS et al., 2007). Do óleo essencial de menta são aproveitados outros compostos além do mentol, o que também ajuda a definir a qualidade do óleo. Rao (1999) cita para *Mentha arvensis* var. *piperascens* rendimento em torno de 1,5% de óleo essencial e até 70% de mentol. Espécies de *Mentha x piperita* avaliadas por Grisi (2003) apresentaram produtividade de óleo essencial na faixa de 65 L.ha⁻¹.

A produção de metabólitos secundários, dentre eles os óleos essenciais, pelas plantas aromáticas, conforme Farooqi et al. (1999) depende não somente do estado metabólico da planta, mas também do crescimento vegetativo, estação do ano e intensidade e duração da radiação solar. Dessa forma, fica claro que as condições de cultivo às quais as plantas são submetidas também influenciam na produção.

Espaçamentos de plantio alteram a capacidade de interceptação de luz, podendo alterar a capacidade fotossintética das plantas e, conseqüentemente, seu crescimento. Além disso, a distância entre plantas no campo pode contribuir positiva ou negativamente para a competição entre a cultura e plantas invasoras por recursos como água, ar, espaço e nutrientes. A alteração no espaçamento de plantio leva a diferenças na densidade de plantas, importante componente de rendimento dos cultivos, o que pode garantir maiores rendimentos na população como um todo, mesmo que cada indivíduo apresente menor rendimento.

A época de colheita também influencia o rendimento e composição do óleo essencial das plantas. Diversos trabalhos relatam que colheitas no período de pleno florescimento são mais recomendadas por apresentarem maiores concentrações de compostos desejados, como o mentol (AFLATUNI, 2005; ROHLOFF et al., 2005; RANDHAWA e SATINDER, 1996). Isso pode estar relacionado às reações fisiológicas do metabolismo da planta, influenciadas por sua ontogenia e também pelos aspectos climáticos: época do ano e suas características associadas, tais como índices de temperatura, pluviosidade e umidade.

A espécie *M. campestris* Schur. (figura 3), conforme estudos prévios para a realização dessa pesquisa, apresenta aproximadamente 80% de mentol em seu óleo essencial. Dada a importância desse composto e a demanda de cultivo de espécies de menta que não sejam tão severamente suscetíveis a doenças, principalmente à ferrugem da menta, foi realizado o presente trabalho. Considerando a influência do manejo na produção de óleo essencial, foram testados três espaçamentos de plantio e duas épocas de colheita.



FIGURA 3 - PLANTA DE *Mentha campestris* SCHUR. NO CAMPO, COM ESTOLÃO EM EVIDÊNCIA.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de janeiro a abril de 2008, no Centro de Estações Experimentais do Canguiri (CEEx) - UFPR no município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba, localizado à 25°23.258' latitude Sul, 49°07.713' longitude Oeste, com 919 m de altitude. A região apresenta clima subtropical úmido meso-térmico, sendo que no decorrer do experimento o índice pluviométrico médio mensal foi de 148,75 milímetros com temperaturas médias de 25,1°C, mínima de 9,0°C e máxima de 30,6°C (SIMEPAR, 2008).

4.2.1 Preparo da área

O solo da área experimental é cambissolo háplico (EMBRAPA, 1999), cuja análise com as características químicas está na Tabela 8. Para essa análise procedeu-se a amostragem do solo conforme a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo de RS e SC (2004), na profundidade de 0-20 cm. A amostra de solo, coletada três meses antes do plantio, foi analisada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná, que utiliza a metodologia de Pavan et al. (1992).

TABELA 8 - ANÁLISE DE SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL, COLETADO NA PROFUNDIDADE DE 0-20 cm. PINHAIS, PR, 2008.

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	T	P	C	V	Argila
SMP	cmol _c .dm ⁻³						mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³	%	
6,30	0,00	7,70	3,30	1,15	12,15	16,15	158,00	32,9	75	40

A correção da fertilidade e da acidez da área foi feita com base na recomendação de adubação e calagem da Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS e SC (2004) para a cultura da menta. Foram aplicados 10 kg.ha⁻¹ de N, 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg.ha⁻¹ de K₂O e 1,8 t.ha⁻¹ de calcário tipo Filler (PRNT 100%), para corrigir o pH SMP para 6,0. A adubação de cobertura foi realizada com 10 kg.ha⁻¹ de N aos 30 dias após o plantio.

Antes do plantio os fertilizantes (uréia, super triplo e cloreto de potássio) e o calcário (tipo filler) foram incorporados por operação de gradagem, como pode ser observado na Figura 4.



FIGURA 4 - PREPARO DA ÁREA DE PLANTIO, CENTRO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS DO CANGUIRI, PINHAIS,PR, 2008.

4.2.2 Material vegetal e preparo de mudas

Para o experimento foi utilizada a espécie *Mentha campestris* Schur., de nome comum “Emater 3”, proveniente da Universidade de Brasília (UnB). As mudas foram produzidas por estaquia herbácea em condições de casa-de-vegetação no CEEEx - Canguiri – UFPR. O padrão determinado foi o de estacas de 10 cm, com uma gema e um par de folhas reduzido à metade. O plantio foi feito em substrato Plantmax[®] hortaliças, permanecendo cerca de 40 dias em bandejas de isopor em casa-de-vegetação, com irrigação por aspersão diária, até enraizamento das estacas (Figura 5).



FIGURA 5 - MUDAS DE *Mentha campestris* Schur. EM CASA-DE-VEGETAÇÃO, COM 15 DIAS.

4.2.3 Tratamentos

O experimento consistiu em 6 tratamentos, relacionando três espaçamentos (0,60 x 0,15 m; 0,60 x 0,30 m; 0,60 x 0,45 m) nas parcelas e duas épocas de colheita (60 e 90 dias após o plantio) nas subparcelas, sob delineamento em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições (3 parcelas de 12,96m² cada). A área das parcelas era de 6,5 m², sendo a dimensão das subparcelas variável entre os tratamentos: 0,18; 0,36 e 0,54 m², respectivamente para 0,15; 0,30 e 0,45 x 0,60 m. Havia para o menor espaçamento 84 plantas por parcela, 42 plantas no espaçamento intermediário e 35 no espaçamento 0,45 x 0,60 m. Em cada subparcela, havia 4 plantas úteis.

TABELA 9 - TRATAMENTOS TESTADOS NO EXPERIMENTO DE *M. campestris* Schur. EM PINHAIS, PR, 2008.

Tratamento	Espaçamento (entre plantas x entrelinhas)	Época de colheita (dias após o plantio)
T1	0,15 x 0,60 m	60
T2	0,15 x 0,60 m	90
T3	0,30 x 0,60 m	60
T4	0,30 x 0,60 m	90
T5	0,45 x 0,60 m	60
T6	0,45 x 0,60 m	90

4.2.4 Plantio, tratos culturais e colheita

O experimento foi implantado no campo no dia 12 do mês de janeiro de 2008 (Figura 6). Durante os quatro meses de cultivo as plantas eram irrigadas em dias alternados por aspersão; foram realizadas capinas quinzenais nas parcelas para eliminar o efeito da mato-competição. Não houve incidência de pragas nem doenças durante o ciclo de cultivo (Figura 7). Foram realizadas duas colheitas na área experimental. A primeira aos 60 dias após o plantio (12 de março de 2008), no final do verão, e a segunda 30 dias após a primeira colheita (25 de abril), já na estação

do outono. Os cortes foram realizados manualmente, com tesoura de poda, a 10 cm do solo, acondicionando separadamente a parte aérea dos estolões.

4.2.5 Variáveis analisadas

O desenvolvimento vegetativo foi avaliado pela massa seca de ramos, folhas e estolões. Também foi avaliado o número de estolões, a altura das plantas (pelo comprimento do ramo principal), a área foliar pelo método do disco foliar (FERNANDES, 2000) e calculado o índice da área foliar (IAF). Para a extração do óleo essencial foram utilizadas amostras de 100 g de massa fresca de folhas, submetidas ao processo de hidrodestilação em aparelho graduado de Clevenger durante 2 horas (Figura 8). O rendimento de óleo essencial, em $\mu\text{L.g}^{-1}$ de massa fresca, foi corrigido para base seca após secagem de amostras a 65°C em estufa com ventilação forçada até massa constante.



FIGURA 6 - PLANTIO DE *Mentha campestris* Schur. NO CENTRO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS DO CANGUIRI. PINHAIS, PR, 2008.



FIGURA 7 - ÁREA EXPERIMENTAL DE *Mentha campestris* Schur. AOS 30 DIAS DE CULTIVO, NO CENTRO DE ESTAÇÕES EXPERIMENTAIS DO CANGURI. PINHAIS, PR, 2008.



FIGURA 8 - EXTRATOR DE ÓLEO ESSENCIAL DE BANCADA: CONJUNTO DE MANTA AQUECEDORA, BALÃO VOLUMÉTRICO, APARELHO GRADUADO DE CLEVINGER E SERPENTINA RESFRIADORA. LABORATÓRIO DE ECOFISIOLOGIA, SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, UFPR, 2008.

4.2.6 Caracterização química do óleo essencial

A análise das amostras para identificar a porcentagem do constituinte majoritário do óleo essencial foi feita por meio de cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas (CG/EM), pela EMBRAPA Agroindústria de Alimentos – RJ. Utilizou-se cromatógrafo a gás da marca Varian, modelo CP 3800, com detector FID (CG-FID); coluna capilar HP 5 com 0,32 mm de diâmetro interno, 30 m de comprimento e 0,25 µm de filme líquido. As condições de análise foram as seguintes: a) temperatura do injetor: 250°C, split 1:20; b) quantidade de amostra injetada: 1,0 µL; c) gás de arraste: hélio a 1,0 mL.min⁻¹ na temperatura de 40°C; d) temperatura do detector FID: 250°C; e) programação da temperatura do forno: inicial 60°C, elevação da temperatura a 240°C na razão de 3°C por minuto; f) tempo total da corrida: 50 minutos.

4.2.7 Análises estatísticas

As análises de variância (ANOVA) foram realizadas utilizando o programa ASSISTAT versão 7.4 beta (SILVA e AZEVEDO, 2006). As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à sua homogeneidade pelo teste de Bartlett e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Desenvolvimento vegetativo

De todas as variáveis analisadas a única que não apresentou diferença estatística entre os tratamentos foi a massa seca de estolões. Os resultados dos

efeitos dos tratamentos sobre o acúmulo de massa seca de ramos, de folhas, massa seca total e razão massa seca de folhas por massa seca total de *Mentha campestris* Schur. podem ser observados na tabela 10.

TABELA 10 - MASSA SECA DE RAMOS, FOLHAS E MASSA SECA TOTAL (g) E RAZÃO MASSA SECA DE FOLHAS/MASSA SECA TOTAL DE *Mentha campestris* Schur. EM DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.

Época de colheita	MS Folhas	MS Ramos	MS Total	MS Folhas/ MS Total
60 dias	22,75 b	8,63 b	32,36 b	0,70 a
90 dias	35,47 a	20,71 a	57,34 a	0,61 b
Coeficiente de Variação (%)	24,76	32,38	27,50	4,29

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Observou-se que a massa seca dos órgãos vegetativos (folhas e ramos) foi maior na 2ª época de colheita, resultado do maior tempo de cultivo que permitiu às plantas continuar crescendo e, conseqüentemente, acumular massa seca total. Inneco et al. (2003) também observaram isso em *Mentha x villosa* Huds. Aflatuni (2005) em quatro espécies de *Mentha* obteve resultados semelhantes no experimento que comparou a massa seca de plantas entre duas épocas de colheita. Em *Mentha arvensis* Ram e Kumar (1997) citam maior acúmulo de massa seca em plantas com maior tempo de cultivo. A razão da massa seca de folhas/massa seca total, maior na 1ª colheita, significa que por ocasião dos 60 dias após o plantio havia mais folhas que ramos, assim como Czepak (1995) obteve em *Mentha arvensis*. Pode-se observar ainda que o aumento da massa seca de folhas é semelhante ao de ramos, levando a uma pequena diferença na razão massa seca de folhas/massa seca total entre as duas colheitas, como também Rodrigues et al. (2004) observaram no cultivo hidropônico de *Mentha x piperita*.

Quanto ao comprimento do ramo principal não houve interação entre os fatores (Tabela 11). Entre os espaçamentos, o que apresentou maiores tamanhos foi o de 0,15 x 0,60m. Observou-se que nesse espaçamento, mais adensado, os ramos eram maiores, o que poderia estar associado à competição compensatória por luz, geralmente observado em populações com maior número de plantas. Rao (2002), avaliando espaçamentos de plantio em *Pelargonium* obteve resultados semelhantes.

TABELA 11 - COMPRIMENTO DO RAMO PRINCIPAL (cm) de *Mentha campestris* Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.

Espaçamento	Época de colheita		Média
	60 dias	90 dias	
0,15 x 0,60m	32,81 ns	43,16 ns	37,98 a
0,30 x 0,60m	26,12 ns	37,20 ns	31,66 b
0,45 x 0,60m	28,34 ns	32,88 ns	30,61 b
Média	29,09 b	37,74 a	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Na segunda época de colheita os ramos foram maiores do que na primeira. Assim como para as variáveis de acúmulo de massa, o maior ciclo de cultivo provavelmente é o principal fator responsável pelo maior comprimento do ramo principal na segunda colheita.

Ainda quanto aos aspectos do desenvolvimento vegetativo observou-se que não houve interação entre os tratamentos e nem diferença entre as épocas de colheita para a biomassa de folhas, mesmo tendo sido observada a tendência de aumento na segunda colheita. A menor biomassa observada foi no espaçamento 0,45 x 0,60 m (Tabela 12). Para se avaliar a biomassa é levada em conta a população de plantas e, em função do maior espaçamento possuir menos plantas por área, explica-se sua menor biomassa de folhas em quilogramas por hectare. Desde que não houve diferença entre os espaçamentos no acúmulo de massa seca de folhas isoladamente, os resultados nos espaçamentos menores estão associados a maiores populações de plantas. Em experimento com plantas do gênero *Pelargonium*, Rao (2002) obteve maiores valores de biomassa em quatro colheitas nos menores espaçamentos entre linhas (60 e 75 cm), ao comparar com espaçamentos de 90 e 120 cm. Aflatuni (2005) também obteve maiores valores de biomassa de folhas em plantios mais adensados.

TABELA 12 - BIOMASSA DE FOLHAS (kg.ha⁻¹) de *Mentha campestris* Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO. PINHAIS, PR, 2008.

Espaçamento	Biomassa de folhas
0,15 x 0,60m	2733,87 a
0,30 x 0,60m	2443,55 a
0,45 x 0,60m	1821,18 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Para o número de estolões (Tabela 13) houve interação significativa entre os fatores de espaçamento e época de colheita.

TABELA 13 - NÚMERO DE ESTOLÕES DE *Mentha campestris* Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO E ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.

Espaçamento	Época de colheita	
	60 dias	90 dias
0,15 x 0,60m	2,37 Ac	2,25 Aa
0,30 x 0,60m	8,33 Aa	1,58 Ba
0,45 x 0,60m	5,16 Ab	2,41 Ba

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Para o menor espaçamento não houve diferença entre as épocas de colheita, mas para os outros dois na primeira época de colheita o número de estolões foi maior. Na primeira época de colheita, a qual apresentou maior número de estolões quando comparada à 2ª colheita, o espaçamento intermediário foi o que apresentou maiores valores, também quando comparado aos outros espaçamentos. Esses resultados podem ser explicados em função da pequena e lenta formação de estolões nessa espécie, já que cada espécie de *Mentha* tem características específicas quanto à ramificação estolonífera. É importante ressaltar que o baixo número de estolões no espaçamento mais adensado é coerente com a fisiologia da planta: em condições de maior competição entre plantas o crescimento vertical é primordial em detrimento do crescimento subterrâneo pelos estolões. A avaliação dessa variável é importante, pois os estolões são muito utilizados na propagação vegetativa das espécies de *Mentha*, podendo representar diminuição nos custos de produção e de mão de obra no preparo e transplante de mudas.

Conforme a tabela 14, todos os espaçamentos apresentaram maior IAF na segunda colheita, sendo que em 0,15 x 0,60m, apresentou o maior IAF entre os espaçamentos testados.

TABELA 14 - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) DE *Mentha campestris* Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO E ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.

Espaçamento	Época de colheita	
	60 dias	90 dias
0,15 x 0,60m	4,49 Ba	5,81 Aa
0,30 x 0,60m	2,23 Bb	5,45 Aa
0,45 x 0,60m	1,56 Bb	4,20 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tendo em vista que o IAF é um índice adimensional obtido a partir da razão da área foliar por área de solo, explica-se que no maior espaçamento essa variável foi menor em função de apresentar menos plantas numa mesma área de terreno. Em manjerição, Sifola e Barbieri (2006) atribuíram maiores valores de IAF ao maior número de folhas por planta, e não à expansão foliar individual, o que também pode explicar os presentes resultados.

4.3.2 Rendimento e qualidade do óleo essencial

Para o rendimento do óleo essencial ($\mu\text{L.g M.S}^{-1}$) houve interação entre os fatores. Na primeira época de colheita não houve diferença no rendimento de óleo essencial por grama de massa seca entre os espaçamentos, enquanto que na segunda época o menor espaçamento apresentou o menor rendimento. Nos espaçamentos 2 (0,30 x 0,60 m) e 3 (0,45 x 0,60 m) não houve diferença no rendimento de óleo entre as épocas de colheita (Tabela 15).

TABELA 15 - RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL ($\mu\text{L.g M.S}^{-1}$) de *Mentha campestris* Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO E ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.

Espaçamento	Época de colheita	
	60 dias	90 dias
0,15 x 0,60m	55,38 Aa	35,96 Bb
0,30 x 0,60m	49,80 Aa	47,21 Aa
0,45 x 0,60m	47,72 Aa	50,23 Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Deschamps et al. (2008), sugerem que o rendimento de óleo essencial é função de componentes genéticos e fisiológicos. Nessa variável o componente genético não pode ser considerado como fator de discussão entre os resultados observados, uma vez que há somente um genótipo em teste. Porém, mesmo assim, a resposta fisiológica pode ser diferenciada ao considerar, por exemplo, o efeito da capacidade fotossintética diferente entre os espaçamentos, em função de maior ou menor interceptação de radiação. Em densidades maiores as plantas apresentam maior concorrência pela luz e, logo, as plantas sob menores radiações, salvo algumas exceções, apresentam menor rendimento de óleo essencial (CASTRO, 2007; OZEL e OZGUVEN, 2002). Ao adensar o plantio no experimento, por ocasião da segunda colheita quando as plantas estavam maiores, os efeitos da competição ficaram mais evidentes, resultando em menor rendimento de óleo essencial, como também observou Aflatuni (2005). Ram e Kumar (1997) atribuíram à senescência das folhas inferiores a queda na razão folha/ramos e no teor de óleo essencial em plantas sob adubação nitrogenada e, logo, maior crescimento e sombreamento. Pelo fato das folhas inferiores (maiores em tamanho e capacidade de armazenamento de óleo essencial) sofrerem o mesmo efeito sob espaçamentos mais adensados, os resultados observados no espaçamento 0,15 x 0,60 m também podem estar associados à senescência foliar.

Na avaliação da produtividade do óleo essencial em $L \cdot ha^{-1}$, não havendo interação entre os fatores, o menor espaçamento (0,15 x 0,60 m) apresentou maior produtividade de óleo essencial, assim como a segunda época de colheita, quando comparada à primeira época. Na tabela 16 estão os principais resultados para essa variável.

TABELA 16 - PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL ($L \cdot ha^{-1}$) DE *Mentha campestris* Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.

Espaçamento	Época de colheita		Média
	60 dias	90 dias	
0,15 x 0,60m	182,58 ns	216,37 ns	199,48 a
0,30 x 0,60m	87,67 ns	149,38 ns	118,52 b
0,45 x 0,60m	63,40 ns	117,82 ns	90,61 b
Média	111,22 b	161,19 a	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados obtidos para o efeito dos espaçamentos estão de acordo com Aflatuni (2005), Rao (2002) e Ram e Kumar (1998). Tendo em vista que a produtividade de óleo essencial é obtida pelo produto entre o rendimento de óleo por massa seca e pela biomassa de folhas em um hectare, pode-se perceber por que o menor espaçamento atingiu os maiores valores também nessa variável, assim como naquelas em que a população de plantas é fator determinante nos cálculos. Ao considerar a época de colheita, a maior produtividade de óleo aos 90 dias está relacionada ao comportamento geral dos tratamentos de aumentar a biomassa na segunda colheita, uma vez que essa variável é altamente correlacionada com o teor de óleo essencial (Rohloff et al., 2005). De forma geral, autores têm relatado maiores concentrações e produtividade de óleo essencial de menta no período do florescimento (Kofidis e Bosabalidis, 2004, Rohloff et al., 2005; Aflatuni, 2005), porém no presente experimento o que pôde ser observado foi uma correlação não clara entre esses fatores, já que na primeira colheita as plantas já estavam em florescimento e os valores de óleo essencial foram maiores na segunda colheita. Em *Mentha arvensis* resultados semelhantes aos obtidos nesse experimento foram obtidos por Czepak (1995). Isso pode significar que para a *Mentha campestris* o rendimento de óleo não está tão intimamente ligado ao florescimento quanto para outras espécies.

Para os componentes majoritários do óleo essencial, o único que apresentou diferença significativa na interação entre os tratamentos foi o mentol (tabela17).

TABELA 17 - PORCENTAGEM DE MENTOL NO ÓLEO ESSENCIAL DE *Mentha campestris* Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO E ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.

Espaçamento	Época de colheita	
	60 dias	90 dias
0,15 x 0,60m	82,78 Ab	84,63 Aab
0,30 x 0,60m	83,29 Ab	85,59 Aa
0,45 x 0,60m	83,61 Aa	84,01 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Mesmo havendo uma tendência de aumento da concentração de mentol por ocasião da segunda colheita, os valores indicam que não há diferença nos teores entre os espaçamentos e as épocas de colheita. Resultados semelhantes obtiveram

Aflatuni (2005) e Rohloff et al. (2005). Há evidências de que o teor de mentol aumenta com o tempo de cultivo até certo período após o florescimento, apresentando uma tendência quadrática de porcentagem no óleo essencial ao longo do cultivo, como observaram Marcum e Hanson (2006), Randhawa e Satinder (1996) e Scavroni et al. (2006). Além disso, tem sido observado quanto à idade das folhas, que o teor de mentol é maior em folhas mais velhas (Turner et al., 2000; Maffei et al., 1989), o que pode explicar os resultados aqui observados. Pelo fato da biossíntese do mentol ser derivada do metabolismo primário da planta, pode haver prioridade ao crescimento e desenvolvimento da planta em relação à produção de óleo essencial (metabolismo secundário), principalmente durante o início do ciclo. Croteau et al. (2005) afirmam que a formação dos tricomas glandulares peltados ocorre até o momento em que a expansão foliar cessa, porém, a biossíntese dos compostos do óleo essencial é temporalmente diferenciada. O mentol, como já citado, tem a tendência de aumentar a concentração no decorrer do ciclo de cultivo em função da enzima mentona-redutase, que só se expressa próximo ao florescimento, dada a necessidade de concentração de substrato e outros possíveis co-fatores (Croteau et al.; 2005).

A produtividade do principal composto do óleo essencial, o mentol, em litros por hectare, está apresentada na Tabela 18, podendo se perceber que, novamente, o menor espaçamento apresentou maior produtividade, assim como a segunda época de colheita.

TABELA 18 - PRODUTIVIDADE DE MENTOL ($L \cdot ha^{-1}$) DE *Mentha campestris* Schur. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE COLHEITA. PINHAIS, PR, 2008.

Espaçamento	Época de colheita		Média
	60 dias	90 dias	
0,15 x 0,60m	151,15 ns	183,57 ns	167,36 a
0,30 x 0,60m	73,10 ns	126,74 ns	99,92 b
0,45 x 0,60m	52,97 ns	99,94 ns	76,45 b
Média	92,41 b	136,75 a	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tendo em vista que a produtividade de mentol é função dos valores de produtividade de óleo ($L \cdot ha^{-1}$) e de porcentagem de mentol, explicam-se os resultados observados, já que para ambas variáveis os maiores valores foram observados no menor espaçamento e na segunda época de colheita.

4.4 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos no experimento, pode-se concluir que o espaçamento de plantio e a época de colheita influenciam o desenvolvimento vegetativo e o rendimento e qualidade do óleo essencial de *Mentha campestris* Schur. Nas condições de plantio mais adensado (0,15 x 0,60m), foram observados maiores comprimentos de ramo principal e de biomassa de folhas. Também sob essa condição a produtividade de óleo essencial e de mentol, em litros por hectare, foram maiores.

O efeito da época de colheita foi evidente em todas as variáveis analisadas, sendo que na segunda época de colheita, aos 90 dias, os resultados de acúmulo de massa seca de folhas, ramos e massa seca total são maiores. A produtividade de óleo essencial e mentol e a porcentagem dos compostos majoritários do óleo essencial também são maiores por ocasião da colheita aos 90 dias.

Tendo em vista que o principal foco do estudo é a obtenção de mentol, pode-se recomendar o espaçamento 0,15 x 0,60 m e colheita aos 90 dias após o plantio, sob as condições testadas para *Mentha campestris*, uma vez que as variáveis mais determinantes, como produtividade de óleo essencial e mentol, foram maiores nessa situação.

REFERÊNCIAS

AFLATUNI, A. **The yield and essential content of mint (*Mentha ssp*) in northern Ostrobothnia**. 50 f. Dissertação – Departamento de Biologia – Universidade de Oulu, Finlândia. Oulu – 2005.

CASTRO, L. W. P. de. **Desenvolvimento de *Mentha aquática* e *Mentha x piperita*, rendimento e qualidade do óleo essencial em resposta a níveis de radiação e adubação nitrogenada**. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de Adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 1 ed. Porto Alegre, SBCS. Núcleo Regional Sul, 2004, 400p.

CROTEAU, R.; DAVIS, E. M.; RINGER, K. L.; WILDUNG, M. R. (-)- Menthol biosynthesis and molecular genetics. **Naturwissenschaften**, v. 92, n. 12, p. 562-577, 2005.

CZEPAK, M. P. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito frequências de colheita de *Mentha arvensis* L.). In: MING, L. C. et al (ed). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, v2. p. 53-80, 1995.

DESCHAMPS, C.; ZANATTA, J. L.; BIZZO, H. R.; OLIVEIRA, M. C. de.; ROSWALKA, L. C. Avaliação sazonal do rendimento de óleo essencial em espécies de menta. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.3, p.725-730, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999.

FAROOQI, A. H. A.; SANGWAN, N. S.; SANGWAN, R. S. Effect of different photoperiodic regimes on growth, flowering and essential oil in *Mentha* species. **Plant Growth regulation**, v. 29, p. 181-187, 1999.

FERNANDES, P. D. **Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal**. Campina Grande: UFPB, Departamento de Engenharia Agrícola, 2000. 22p.

GRISI, M. C. M. **Avaliação de genótipos de menta (*Mentha spp*) nas condições do Distrito Federal, Brasil.** 27p. Monografia (Graduação em Agronomia), Universidade de Brasília, 2003.

INNECO, R.; CRUZ, G. F.; VIEIRA, A. V.; MATTOS, S. H.; CHAVES, F. C. M. Espaçamento, época e número de colheitas em hortelã rasteira (*Mentha x villosa* Huds). **Revista Ciência Agrônômica.** v. 34, n.2, p. 247-251, 2003.

KHANUJA, S. P. S.; SHASANY, A. K.; SRIVASTAVA, A.; KUMAR, S. Assessment of genetic relationships in *Mentha* species. **Euphytica**, n.111, p.121-125, 2000.

KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A.; KOKKINI, S. Seasonal variation of essential oils in a linalool-rich chemotype of *Mentha spicata* grown wild in Greece. **Journal of Essential oil research**, v. 16, p. 469-472, 2004.

MAFFEI, M.; CHIALVA, F.; SACCO, T. Glandular trichomes and essential oils in developing peppermint leaves. **New Phytologist Trust**, n. 111, p. 707-716, 1989.

MARCUM, D. B. e HANSON, B. R. Effect of irrigation and harvest timing on peppermint oil yield in California. **Agricultural Water management**, n. 82, p. 118-128, 2006.

OZEL, A.; OZGUVEN, M. Effect of different planting times on essential oil components of different mint (*Mentha spp.*) varieties. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, n. 26, p. 289-294, 2002.

PAULUS, D.; MEDEIROS, S. L. P.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P. A.; PAULUS, E.; FABRINI, E. Teor e qualidade do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 80-87, 2007.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade.** IAPAR, Londrina, 1992. (IAPAR. Circular 76).

RAM, M.; KUMAR, S. Yield improvement in the regenerated and transplanted mint *Mentha arvensis* by recycling the organic wastes and manures. **Bioresource Technology**. Great Britain, v. 59, n.2, p. 141-149. 1998.

RANDHAWA, G. e SATINDER, K. Optimization of harvesting time and row spacing for the quality oil in cornmint (*Mentha arvensis* L) varieties. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 426, p. 615-622, 1996.

RAO, B. R. R. Biomass and essential oil yields of cornmint (*Mentha arvensis* L. f. *piperascens* Malinvaud ex Holmes) planted in different months in semi-arid tropical climate. **Industrial Crops and Products**, v. 10, p. 107-113, 1999.

RAO, B. R. R. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L. f. *piperascens* Malinv. Ex Holmes). **Industrial crops and products**, v. 16, p. 133-144, 2002.

RODRIGUES, C. R.; FAQUIN, V.; TREVISAN, D.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; RODRIGUES, T. M. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 573-578, 2004.

ROHLOFF, J.; DRAGLAND, S.; MORDAL, R.; IVERSEN, T. H. Effect of harvest time and drying method on biomass production, essential oil yield and quality of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. n. 53, p. 4143-4148, 2005.

SCAVRONI, J.; BOARO, C. S. F.; MARQUES, M. O. M.; FERREIRA, L. C. Yield and composition of the essential oil of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae) grown with biosolid. **Brazilian Journal of Plant physiology**, v. 17, n. 4, p. 345-352, 2005.

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

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. A new version of the assistat-statistical assistance software. In: World Congress on Computers in Agriculture, 4. Orlando-FL-USA: Anais: Orlando: **American Society of Agricultural Engineers**, p.393-396, 2006.

SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ (SIMEPAR), Estação Meteorológica de Pinhais, Curitiba, 2008.

TURNER G. W.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. B. Distribution of peltate glandular trichomes on developing leaves of peppermint. **Plant Physiology**. n. 124, p. 655-663, 2000.

5 CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa com plantas aromáticas, medicinais e condimentares tem se mostrado bastante importante dentro e fora das instituições de ensino e pesquisa. A demanda gerada por parte do mercado faz com que esse tipo de cultivo tenha a possibilidade de passar de alternativo para principal nos diferentes sistemas produtivos agrícolas. Porém, para tanto, é necessária a pesquisa sólida e geradora de resultados efetivos.

Neste trabalho, derivado de uma grande linha de pesquisa inter-institucional com o gênero *Mentha*, foram avaliados, inicialmente, 19 genótipos afim de avaliar seu comportamento vegetativo e de produção de óleo essencial, especificamente para a obtenção de mentol. Somente 11 apresentaram mentol e, desses, 9 foram selecionados por terem atingido produtividades maiores que $0,5 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ de mentol, dentre esses, genótipos de *Mentha arvensis*, espécie suscetível a uma das doenças mais severas desse gênero, a “ferrugem da menta”. Genótipos de *Mentha x piperita* e de *Mentha spp.*, porém, foram os que apresentaram maiores produtividades de mentol, como a *Peppermint*, em torno de $80 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ por ocasião de segundo corte.

Essa avaliação se mostra interessante pelo fato de que muitas vezes os produtores de menta, seja com finalidade para chá ou óleo essencial, não conhecem as características das plantas cultivadas; em um mercado competitivo e exigente por padrão de qualidade, o cultivo de espécies com origem definida e garantias mínimas de produção representa um nicho de mercado e de maior rentabilidade.

Após a avaliação dos 19 genótipos partiu-se para a avaliação de práticas de manejo que resultassem em maior produção de mentol: o espaçamento de plantio e a época de colheita, porém, numa outra espécie, a *Mentha campestris*. Com os resultados observados durante o período experimental e após as análises, percebeu-se que essa espécie representa um grande potencial para o cultivo de menta. O plantio no espaçamento $0,15 \times 0,60 \text{ m}$, levando a uma maior densidade de plantas, garantiu alta produção de biomassa e de produtividade de óleo essencial. A colheita aos 90 dias após o plantio resultou em maiores valores de mentol no óleo essencial e, assim se concluiu que a combinação desses fatores pode levar a altos índices de produtividade.

Além da alta produtividade de biomassa, óleo essencial e mentol, a espécie *Mentha campestris* apresentou outras vantagens em relação a outros genótipos, como sua tolerância às geadas e, principalmente, sua resistência à ferrugem da menta, não sendo observado nenhum sintoma da doença ao longo do período experimental. Ainda assim, sugere-se avaliações em períodos mais longos de cultivo para a *Mentha campestris*, afim de avaliar sua capacidade de rebrota e produção de óleo em cortes sucessivos, como é o habitual da cultura. Outros aspectos agrônômicos ainda podem ser avaliados, como a questão do ajuste de adubação, principalmente orgânica, e possíveis consórcios com outros genótipos ou culturas, uma vez que foram observados bons resultados em altas densidades de plantio.

Para os 19 genótipos avaliados no primeiro experimento, novos estudos podem ser conduzidos para exploração de outros compostos do óleo essencial daqueles não produtores de mentol; a avaliação de outras condições de manejo nos genótipos com mentol pode apresentar melhores resultados dos já obtidos.

Os resultados gerados por essa pesquisa apresentam grande possibilidade de difusão tecnológica, uma vez que podem interessar tanto às indústrias quanto aos produtores rurais.

ANEXOS

ANEXO 1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA DE RAMOS – 1º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	18	27406583.157	1522587.953	19.78**
Resíduo	38	2924585.372	76962.773	
Total	56	30331168.529		
Média geral = 1424.419 CV-Genótipo = 19,48%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA DE ESTOLÕES – 1º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	18	6.782	0.377	45.00**
Resíduo	38	0.318	0.008	
Total	56	7.101		
Média geral = 2.620 CV-Genótipo = 3.49%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA DE FOLHAS – 1º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	18	8.390	0.466	83.81**
Resíduo	38	0.211	0.006	
Total	56	8.601		
Média geral = 3.094 CV-Genótipo = 2.41%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA TOTAL – 1º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	18	183516628.672	10195368.260	38.815**
Resíduo	38	9981417.439	262668.880	
Total	56	193498046.111		
Média geral = 3662.571 CV-Genótipo = 13.99%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA DE RAMOS – 2º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL.

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	08	11123483.475	1390435.434	130.577**
Resíduo	18	191670.766	10648.376	
Total	26	11315154.242		
Média geral = 1492.863 CV-Genótipo = 6.91%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA DE FOLHAS – 2º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	08	1.911	0.239	67.534**
Resíduo	18	0.064	0.004	
Total	26	1.975		
Média geral = 2.712 CV-Genótipo = 2.19%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA TOTAL – 2º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	08	12104540.429	1513067.554	35.530**
Resíduo	18	766539.421	42585.523	
Total	26	12871079.850		
Média geral = 1952.726 CV-Genótipo = 10.57%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL – 1º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	18	6.386	0.355	65.058**
Resíduo	38	0.207	0.005	
Total	56	6.593		
Média geral = 1.540 CV-Genótipo = 4.79%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL – 1º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	18	3.304	0.184	10.718**
Resíduo	38	0.651	0.017	
Total	56	3.955		
Média geral = 1.628 CV-Genótipo = 8.04%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE PRODUTIVIDADE DE MENTOL – 1º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	18	190.814	10.601	27.283**
Resíduo	38	14.765	0.389	
Total	56	205.579		
Média geral = 2.406 CV-Genótipo = 25.91%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL – 2º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	08	1.745	0.218	63.103**
Resíduo	18	0.062	0.003	
Total	26	1.807		
Média geral = 1.923 CV-Genótipo = 3.06%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE PRODUTIVIDADE DE MENTOL – 2º CORTE, DO EXPERIMENTO “AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Mentha arvensis*, *Mentha x piperita* e *Mentha sp.* EM CAMPO MAGRO-PR PARA A PRODUÇÃO DE MENTOL”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Genótipo	08	6749.687	843.711	30.640**
Resíduo	18	495.656	27.536	
Total	26	7245.343		
Média geral = 39.394 CV-Genótipo = 13.32%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 13 – DADOS CLIMÁTICOS POR PERÍODO DA UNIDADE EXPERIMENTAL, PINHAIS, PR, 2008.

Período	Temperaturas mínimas - médias (°C)	Temperaturas máximas - médias (°C)	Umidade relativa (%)	Índices pluviométricos (mm)	Radiação solar (Wm ⁻²)
Janeiro	17,20	24,60	85,80	165,20	298,83
Fevereiro	17,60	26,60	81,80	124,00	368,13
Março	17,00	25,40	81,30	165,60	320,30
Abril	14,50	23,80	82,80	140,20	250,33

Fonte: SIMPAR, Estação meteorológica de Pinhais, PR, 2008.

ANEXO 14 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA DE ESTOLÕES DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	1.98418	0.99209	2.6477 ns
Resíduo – A	6	2.24820	0.37470	
Parcelas	8	4.23238		
Fator B	2	0.97069	0.97069	3.9232 ns
Interação A x B	2	1.97338	0.98669	3.9879 ns
Resíduo – B	6	1.48453	0.24742	
Total	17	8.66098		
Média geral = 0.97889 CV-A = 62.53% CV-B = 50.81%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 15 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA DE FOLHAS DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	142.40331	71.20165	3.0196 ns
Resíduo – A	9	212.22024	23.58003	
Parcelas	11	354.62355		
Fator B	1	971.17204	971.17204	18.6828**
Interação A x B	2	3.63562	1.81781	0.0350 ns
Resíduo – B	9	467.83839	51.98204	
Total	23	1797.26960		
Média geral = 29.11542 CV-A = 16.67% CV-B = 24.76%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 16 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA DE RAMOS DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	29.25051	14.62525	1.1956 ns
Resíduo – A	9	110.09083	12.23231	
Parcelas	11	139.34133		
Fator B	1	876.04167	876.04167	38.7717**
Interação A x B	2	11.03641	5.51820	0.2442 ns
Resíduo – B	9	203.35392	22.59488	
Total	23	1229.77333		
Média geral = 14.67667 CV-A = 23.83% CV-B = 32.38%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 17 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MASSA SECA TOTAL DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	258.77791	129.38895	1.8120 ns
Resíduo – A	9	642.64393	71.40488	
Parcelas	11	901.42183		
Fator B	1	3742.00427	3742.00427	24.5871**
Interação A x B	2	14.72261	7.36130	0.0484 ns
Resíduo – B	9	1369.74163	152.19351	
Total	23	6027.89033		
Média geral = 44.85333 CV-A = 18.83% CV-B = 27.50%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 18 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE RAZÃO MASSA SECA DE FOLHAS/MASSA SECA TOTAL DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	0.00626	0.00313	1.6578 ns
Resíduo – A	9	0.01699	0.00189	
Parcelas	11	0.02325		
Fator B	1	0.04250	0.04250	52.8549**
Interação A x B	2	0.00051	0.00025	0.3161 ns
Resíduo – B	9	0.00724	0.00080	
Total	23	0.07350		
Média geral = 0.66042 CV-A = 6.57% CV-B = 4.29%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 19 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO COMPRIMENTO DO RAMO PRINCIPAL DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	254.33328	127.16664	16.4627**
Resíduo – A	9	69.52077	7.72453	
Parcelas	11	323.85405		
Fator B	1	449.28107	449.28107	42.9923**
Interação A x B	2	51.34951	25.67475	2.4569 ns
Resíduo – B	9	94.05243	10.45027	
Total	23	918.53705		

Média geral = 33.42250 CV-A = 8.31% CV-B = 9.67%

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 20 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA BIOMASSA DE FOLHAS DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	3479009.30036	1739504.65018	11.3800**
Resíduo – A	9	1375704.87479	152856.09720	
Parcelas	11	4854714.17515		
Fator B	1	1016335.07370	1016336.07370	2.6180 ns
Interação A x B	2	7368026.93921	3684013.46645	9.4897 ns
Resíduo – B	9	3493911.60904	388212.40100	
Total	23	16732987.79080		

Média geral = 2332.86792 CV-A = 16.75% CV-B = 26.70%

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 21 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO NÚMERO DE ESTOLÕES DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	28.11223	14.05612	9.5685**
Resíduo – A	9	13.22100	1.46900	
Parcelas	11	41.33323		
Fator B	1	61.76042	61.76042	67.3077**
Interação A x B	2	44.52083	22.26042	24.2598**
Resíduo – B	9	8.25825	0.91758	
Total	23	155.87273		

Média geral = 3.68667 CV-A = 32.87% CV-B = 25.98%

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 22 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	20.82036	10.41018	18.7268 **
Resíduo – A	9	5.00309	0.55590	
Parcelas	11	25.82345		
Fator B	1	34.29650	34.29650	100.0631 **
Interação A x B	2	3.76781	1.88390	5.4965 *
Resíduo – B	9	3.08474	0.34275	
Total	23	66.97250		
Média geral = 3.96042 CV-A = 18.82% CV-B = 14.78%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 23 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO RENDIMENTO DE ÓLEO ESSENCIAL DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	51.22531	25.61265	1.7504 ns
Resíduo – A	9	131.69427	14.63270	
Parcelas	11	182.91958		
Fator B	1	253.76007	253.76007	6.0066*
Interação A x B	2	526.69911	263.34955	6.2335*
Resíduo – B	9	380.22443	42,24176	
Total	23	1343.60318		
Média geral = 47.71917 CV-A = 8.01% CV-B = 13.62%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 24 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Fator A	2	51160.07733	25580.03866	18.3386**
Resíduo – A	9	12553.86019	1394.87335	
Parcelas	11	63713.93751		
Fator B	1	14982.50510	14982.50510	5.9011*
Interação A x B	2	839.12416	419.56208	0.1653 ns
Resíduo – B	9	22850.47959	2538.94218	
Total	23	102386.04636		
Média geral = 136.20625 CV-A = 27.42% CV-B = 36.99%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 25 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DA PORCENTAGEM DE MENTOL NO ÓLEO ESSENCIAL DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F observado
Blocos	3	0,57615	0,19205	0,5171 ns
Fator A	2	2,52706	1,26353	3,4021 ns
Resíduo – A	6	2.22838	0,37140	
Parcelas	11	5,33158		
Fator B	1	13,74107	13,74107	35,8335**
Interação A x B	2	3,90211	1,95105	5,0879 *
Resíduo – B	9	3.45122	0,38347	
Total	23	26,42598		
Média geral = 83,98917 CV-A = 0,72% CV-B = 0,73%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

ANEXO 26 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA PRODUTIVIDADE DE MENTOL DO EXPERIMENTO “EFEITO DO ESPAÇAMENTO E ÉPOCA DE COLHEITA EM *Mentha campestris* Schur.”

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	2067,68503	689,22834	0,5759 ns
Fator A	2	35634,91896	17817,45948	14,9131**
Resíduo-A	6	7168,49084	1194,74847	
Parcelas	11	44871,09483		
Fator B	1	11795,32682	11795,32682	6,5538*
Interação A x B	2	471,05326	235,52663	0,1309 ns
Resíduo-B	9	16197,87743	199,76416	
Total	23	73335,35233		
Média geral = 114.58167 CV-A = 30.16% CV-B = 37.02%				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.