

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU**

**NÍVEIS DE FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE  
ÓLEO ESSENCIAL DE *Mentha piperita* L. CULTIVADA EM SOLUÇÃO  
NUTRITIVA**

**EVELIZE DE FÁTIMA SARAIVA DAVID**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus  
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre  
em Agronomia, Área de Concentração em  
Horticultura

**BOTUCATU – SP**

**Janeiro – 2004**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

**NÍVEIS DE FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DE  
ÓLEO ESSENCIAL DE *Mentha piperita* L. CULTIVADA EM SOLUÇÃO  
NUTRITIVA**

**EVELIZE DE FÁTIMA SARAIVA DAVID**

**Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Sílvia Fernandes Boaro**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus  
de Botucatu, para obtenção do título de Mestre  
em Agronomia, Área de Concentração em  
Horticultura

BOTUCATU – SP

Janeiro – 2004

## AGRADECIMENTOS

À Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Sílvia Fernandes Boaro, pela orientação, sugestões, eficiência, sensibilidade e amizade.

Ao Prof<sup>º</sup> Dr<sup>º</sup> Lin Chau Ming, pela dedicação, apoio e incentivo em todas as etapas do trabalho.

À Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Romy Goto, pela constante ajuda e apoio.

Ao Prof<sup>º</sup> Dr<sup>º</sup> João Domingos Rodrigues, pela constante ajuda e apoio.

Ao Prof<sup>º</sup> Dr<sup>º</sup> Luis Vitor S. Sacramento, pela amizade, ajuda e sugestões durante a instalação do experimento.

À Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Márcia Ortiz Mayo Marquesa, pela amizade, dedicação e apoio na realização das análises fitoquímicas dos óleos essenciais.

À Dr<sup>ª</sup> Miriam Batista Stefanini, sempre dedicada e prestativa.

Ao funcionário acadêmico do Departamento de Botânica, José Eduardo Costa, pela ajuda em todas as fases do trabalho, sempre prestativo e amigo.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal/Horticultura da FCA, em especial a Rosemeire Pessoa Penaloza e Elizabete Martins de Almeida, pela prestatividade e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Botânica do IB, em especial a Dirce da Silva e Maria Helena Godoy, pela constante disponibilidade e amizade.

À Universidade Estadual Paulista, em especial ao corpo docente da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Horticultura e ao Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, pela formação acadêmica e pela oportunidade de realizar este curso.

Ao CNPQ, pelo importante apoio financeiro.

Aos colegas e amigos, Abramo, Andréa, Joseane, LÍlian, Marelisa, Roselaine e especialmente a Janice pelo carinho, amizade, paciência e ajuda em cada fase

desta jornada.

Ao meu marido Gianmarco, pelo constante apoio, amizade, ajuda e dedicação durante esse período.

Enfim, aos meus filhos Yuri e Bruno pela compreensão e amor.

**Eu agradeço**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1. Resumo</b> .....	<b>19</b>
<b>2. Summary</b> .....	<b>21</b>
<b>3. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>27</b>
4.1. <i>Mentha piperita</i> L.....	27
4.2. Óleos Essenciais .....	30
4.3. Análise de crescimento.....	32
4.4. Nutrição mineral .....	33
4.5. Cultivo em solução nutritiva .....	35
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>38</b>
5.1. Local e clima .....	38
5.2. Cultura .....	38
5.3. Nutrição .....	40

5.4. Delineamento Experimental .....	42
5.5. Tratos fitossanitários .....	43
5.6. Preparo do material.....	45
5.6.1. Determinações fisiológicas .....	45
5.7. Variáveis estudadas .....	45
5.7.1. Comprimento de parte aérea .....	45
5.7.2. Número de folhas .....	46
5.7.3. Área foliar .....	46
5.7.4. Massa seca .....	46
5.8. Índices fisiológicos .....	46
5.8.1. Razão de área foliar (RAF).....	47
5.8.2. Área foliar específica (AFE).....	47
5.8.3. Taxa assimilatória líquida (TAL) .....	48
5.8.4. Taxa de crescimento relativo (TCR).....	48
5.8.5. Razão de massa foliar (RMF) .....	49
5.8.6. Distribuição de massa seca .....	49
5.8.7. Avaliação do óleo essencial .....	50
5.8.8. Composição do óleo essencial .....	50
5.9. Análise estatística dos resultados .....	51
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>53</b>
6.1. Comprimento de parte aérea.....	53
6.2. Número de folhas .....	57
6.3. Área foliar.....	60
6.4. Massa seca de raízes .....	63
6.5. Massa seca de lâminas foliares.....	66
6.6. Massa seca de caule mais pecíolos.....	69
6.7. Massa seca de estolões .....	72
6.8. Massa seca total .....	75

6.9. Área foliar específica (AFE) .....	83
6.10. Taxa assimilatória líquida (TAL) .....	86
6.11. Taxa de crescimento relativo (TCR) .....	89
6.12. Razão de massa foliar (RMF).....	93
6.13. Distribuição de massa seca para raízes.....	97
6.14. Distribuição de massa seca para estolões .....	100
6.15. Distribuição de massa seca para caule mais pecíolos.....	103
6.16. Distribuição de massa seca para lâminas foliares.....	106
6.16. Produção de óleo essencial .....	109
6.16. Composição do óleo essencial.....	113
6.17. Teor de mentol.....	116
6.19. Teor de mentona .....	120
6.20. Teor de mentofurano .....	123
6.21. Teor de acetato de mentila.....	127
6.21. Teor de pulegona .....	130
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>133</b>
<b>8. CONCLUSÕES.....</b>	<b>135</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>136</b>
<b>10. APÊNDICE .....</b>	<b>149</b>

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Tratamentos a que foram submetidas às plantas de *Mentha piperita* L., durante seu ciclo de desenvolvimento. Compostos utilizados, soluções estoque ( $\text{g L}^{-1}$ ), composição das soluções nutritivas ( $\text{mL L}^{-1}$ ), e quantidade de fósforo fornecido ( $\text{mg L}^{-1}$ ). Os tratamentos estão indicados com nível de fósforo até a 1ª Colheita/ após a 1ª colheita. ....41
- Tabela 2.** Análise de variância e comparação entre médias de comprimento de parte aérea, em cm, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....55
- Tabela 3.** Análise de variância e comparação entre médias de número de folhas, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. ....58
- Tabela 4.** Análise de variância e comparação entre médias de área foliar, em  $\text{dm}^2$ , de *Mentha piperita* L cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....61
- Tabela 5.** Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de raízes, em g, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. ....64
- Tabela 6.** Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de lâminas foliares,



em g, de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	67
<b>Tabela 7.</b> Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de caule mais pecíolos, de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. ....	70
<b>Tabela 8.</b> Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de estolões, em g, de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. ....	73
<b>Tabela 9.</b> Análise de variância e comparação entre médias de massa seca total, em g, de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. ....	77
<b>Tabela 10.</b> Razão de área foliar ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	81
<b>Tabela 11.</b> Área foliar específica ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	84
<b>Tabela 12.</b> Taxa assimilatória líquida ( $\text{g dm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ) de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	87
<b>Tabela 13.</b> Taxa de crescimento relativo ( $\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ ) de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	91
<b>Tabela 14.</b> Razão de massa foliar de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	95
<b>Tabela 15.</b> Distribuição de massa seca para raízes de <i>Mentha piperita</i> L cultivada em solução	

nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	98
<b>Tabela 16.</b> Distribuição de massa seca para estolões de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	101
<b>Tabela 17.</b> Distribuição de massa seca de caule mais pecíolos de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	104
<b>Tabela 18.</b> Distribuição de massa seca de lâminas foliares de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	107
<b>Tabela 19.</b> Análise de variância e comparação entre médias de produção de óleo essencial (mL 100 g <sup>-1</sup> MS), de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	111
<b>Tabela 20.</b> Composição de óleo essencial (%), de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Média das três colheitas. ....	115
<b>Tabela 21.</b> Análise de variância e comparação entre médias de mentol (%) no óleo essencial, de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	118
<b>Tabela 22.</b> Análise de variância e comparação entre médias de mentona (%) no óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	121
<b>Tabela 23.</b> Análise de variância e comparação entre médias de mentofurano (%) no óleo de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	125
<b>Tabela 24.</b> Análise de variância e comparação entre médias de acetato de metila (%) no óleo	

essencial (mL 100 g <sup>-1</sup> MS), de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	128
<b>Tabela 25.</b> Análise de variância e comparação entre médias de pulegona (%) no óleo essencial, de <i>Mentha piperita</i> L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.....	131

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Formação da unidade de isoprenos (5C) para a síntese de terpenóides Fonte: Croteau et al., 2000. ....25
- Figura 2.** Esquema simplificado da distribuição de plantas de *Mentha piperita* L., submetidas a diferentes níveis de fósforo e avaliadas segundo as variáveis que compõem a análise de crescimento (AC) e extração de óleo essencial (OE), em diferentes colheitas realizadas entre fevereiro e maio de 2003. ....44
- Figura 3.** Comprimento de parte aérea (cm) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita. ....56
- Figura 4.** Número de folhas *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial

quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita. ....59

**Figura 5.** Área foliar de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita .....62

**Figura 6.** Massa seca de raízes de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita .....65

**Figura 7.** Massa seca de lâminas foliares de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita. ....68

**Figura 8.** Massa seca de caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita. ....71

**Figura 9.** Massa seca de estolões de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com

diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita. ....74

**Figura 10.** Massa seca total de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita. ....78

**Figura 11.** Razão de área foliar ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita. ....82

**Figura 12.** Área foliar específica ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita. ....85

**Figura 13.** Taxa assimilatória líquida ( $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita /

- após a 1<sup>a</sup> colheita .....88
- Figura 14.** Taxa de crescimento relativo ( $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita .....92
- Figura 15.** Razão de massa foliar de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita.....96
- Figura 16.** Distribuição de massa seca para raízes de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita .....99
- Figura 17.** Distribuição de massa seca para estolões de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita .....102
- Figura 18.** Distribuição de massa seca para caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na

solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita..... 105

**Figura 19.** Distribuição de massa seca para lâminas foliares de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita ..... 108

**Figura 20.** Produção de óleo essencial (mL 100 g<sup>-1</sup> MS) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita ..... 112

**Figura 21.** Teor de mentol (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita..... 119

**Figura 22.** Teor de mentona (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita..... 122

**Figura 23.** Teor de mentofurano (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os



tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita ..... 126

**Figura 25.** Teor de acetato de metila (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita ..... 129

**Figura 26.** Teor de pulegona (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita ..... 132

## 1. Resumo

Para o estudo do desenvolvimento da *Mentha piperita* L. e da produção de seu óleo essencial, foram cultivadas plantas em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, que constituíram diferentes tratamentos, aos quais as plantas foram submetidas. Para tanto, as plantas foram cultivadas em solução nutritiva nº 2 Hoagland & Arnon (1950), na mesma solução com decréscimo de 50% e com acréscimo de 50% de fósforo. As variáveis número de folhas, comprimento de parte aérea, massa seca dos diferentes órgãos, área foliar, razão de área foliar, área foliar específica, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo, razão de massa foliar, distribuição de massa seca, rendimento e composição de óleo essencial foram avaliadas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três níveis de fósforo, cinco colheitas e quatro repetições, em esquema fatorial 3x5. Para a análise do óleo essencial o delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, com 5% de significância. O fator colheita foi avaliado por análise de regressão, exceto na avaliação da produção e composição do óleo essencial. As plantas submetidas ao maior nível de fósforo e igual a 91,5/183,0 mg L<sup>-1</sup> apresentaram tendência de aumento do número de lâminas foliares, área foliar, massa seca de lâminas foliares, massa seca total e dos teores de mentona. As plantas

submetidas ao nível intermediário de fósforo, igual a 57,5/115,0 mg L<sup>-1</sup> apresentaram maior massa seca de caule mais pecíolos e maior teor de mentofurano. Quando as plantas foram submetidas ao menor nível de fósforo, igual a 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup>, foi maior a massa seca de raízes, massa seca de estolões, produção de óleo essencial e teores de mentol, acetato de mentila e pulegona. Os índices fisiológicos, razão de área foliar, razão de massa foliar, distribuição de massa seca nas plantas submetidas ao nível intermediário de fósforo, apresentaram valores maiores do que as plantas submetidas ao maior nível de fósforo, e igual a 91,5/183 mg L<sup>-1</sup> de fósforo. Podemos concluir que a época para a colheita de plantas, visando o maior rendimento de óleo essencial, foi aos 60 dias após o transplante e para a obtenção de massa seca, a *Mentha piperita* L. pode ser cultivada com maior nível de fósforo.

## 2. Summary

To study the development of *Mentha piperita* L. and the production of essential oil plants were cultivated in nutritive solution under several levels of P. Original Hoagland & Arnon (1950) n° 2 nutritive solution were one of the treatments, and the other experimental levels were this nutritive solution with 50% of the original P concentration, and added with 50% P over the original concentration. The variables evaluated were number of leaves, stem length, dry mass several organs, leaf area, leaf area ratio, specific leaf area, net assimilatory rate, relative growth rate, leaf mass ratio, dry mass distribution. Essential oil yield and composition were also assessed. A randomized factorial design 3x5 were used, with three levels of phosphorus. For essential oil, a randomized 3x3 factorial design were used. Data analysis consisted in application of ANOVA followed by the Tukey test, using the level of significance of 5%. The crop factor was studied using regression analysis, except for essential oil yield and composition. Highest P levels, 91,5/183,0 mg L<sup>-1</sup> resulted on significantly higher values for

number of leaves, leaf area, leaf dry mass, total dry mass and content menthone. Plants cultivated under intermediate P levels, 57,5/115,0 mg L<sup>-1</sup> had higher values for stem plus petiole dry mass, and content menthofuram. When submitted to the lower level of P, 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup>, root dry mass, steam dry mass, menthol, essential oil yield, menthyl acetate and pulegone content were highest. Physiological indexes as leaf area ratio, leaf mass ratio, dry mass distribution of plants cultivated under the intermediate P levels were higher than those found in the P level of 91,5/183 mg L<sup>-1</sup>. We concluded that the best period to crop this plant, aiming for a highest yield of essential oil, was 60 days after transplantation. For optimization dry mass obtention and essential oil yield the best level of P was 91,5/ 183 mg L<sup>-1</sup>.

Keywords: *Mentha piperita* L., phosphorus, nutrient solution, development, essential oil.

### 3. INTRODUÇÃO

A *Mentha piperita* L. é uma planta aromática, pertencente à família Lamiaceae, conhecida também como hortelã pimenta, menta e hortelã-apimentada, amplamente cultivada nos Estados Unidos, na Itália, na França e na Hungria. Seu óleo essencial, de grande importância industrial (Fahn, 1979; Lawrence, 1985), vem sendo utilizado nas indústrias farmacêuticas, de bebidas alcoólicas, gomas de mascar e cosmética (GUPTA, 1991; MUNSI, 1992). Suas folhas são usadas como aromatizantes no preparo de alimentos, chás e na medicina popular (PICCAGLIA, et al. 1993).

O uso de plantas medicinais na terapêutica humana é consagrado há milênios, conforme diversos testemunhos históricos, pertencentes a diferentes civilizações e culturas que se sucederam em nosso planeta. Além disso, a necessidade de novos princípios ativos, aliada à ocorrência de efeitos colaterais em medicamentos quimiossintéticos, revigoram uma prática consagrada em épocas diversas da história humana (STEFANINI, 1997).

Os esforços na busca de substâncias ativas, que possam aumentar a produção de óleos essenciais são de grande importância, principalmente quando se considera a dependência da indústria farmacêutica nacional. A importação de matéria-prima nesta área chega a 80%, o que representa considerável evasão de divisas para o País (MING, 1992).

No tocante aos aspectos agronômicos, as pesquisas e a literatura sobre

menta são insuficientes, havendo necessidade de estabelecimento de técnicas apropriadas para a produção da planta, possibilitando produção de matéria - prima vegetal de boa qualidade, com maior teor de óleo essencial.

Uma forma de aumentar a produtividade vegetal é o cultivo de plantas na ausência de solo, em sistema completamente ou parcialmente controlado. Tal técnica pode permitir o desenvolvimento de todas as potencialidades das plantas (MAIRAPETYAN, 1999).

O uso da hidroponia para o cultivo de espécies vegetais é bastante antigo. A primeira referência em literatura, de acordo com Epstein (1975), citado por Teixeira (1996), é a observação de Woodward que em 1699, cultivou menta em diferentes soluções. Entretanto, a utilização da técnica, para o cultivo doméstico ou para fins comerciais, começou em 1938 com os trabalhos de Gericke que, durante toda a década pesquisou o assunto. No Brasil, a hidroponia, se apresenta hoje como alternativa para se obter produtos saudáveis, de excelente qualidade, praticamente isentos de agrotóxicos e de alto valor nutritivo (TEIXEIRA, 1996).

Qualquer espécie vegetal como verduras folhosas, leguminosas, ervas aromáticas, ervas medicinais, gramíneas pode ser cultivada em hidroponia (TEIXEIRA, 1996). A técnica é bem difundida em todo o mundo e a escolha da solução nutritiva é fundamental para o êxito do cultivo. Deve ser registrada a ausência de uma solução ideal para todas as espécies vegetais uma vez que, de acordo com Malavolta (1980), cada espécie vegetal tem uma exigência nutricional diferente (TEIXEIRA, 1996).

O aumento da produtividade de folhas, assim como a intensidade da biossíntese de compostos de valor comercial, como os óleos essenciais são, de modo freqüente, correlacionados com a otimização da nutrição mineral (MAIRAPETYAN, 1999).

Entre os nutrientes essenciais, o fósforo é um macronutriente de grande importância no desenvolvimento das plantas, atuando como constituinte de proteínas e ácidos nucléicos (MARSCHNER, 1997). Além de fazer parte de compostos importantes que encerram energia (ATP e ADP) e de várias coenzimas e fosfolípídios (RAVEN, 1992), o fósforo participa de várias etapas da rota biossintética dos monoterpenos, conforme pode ser

observado na Figura 1.

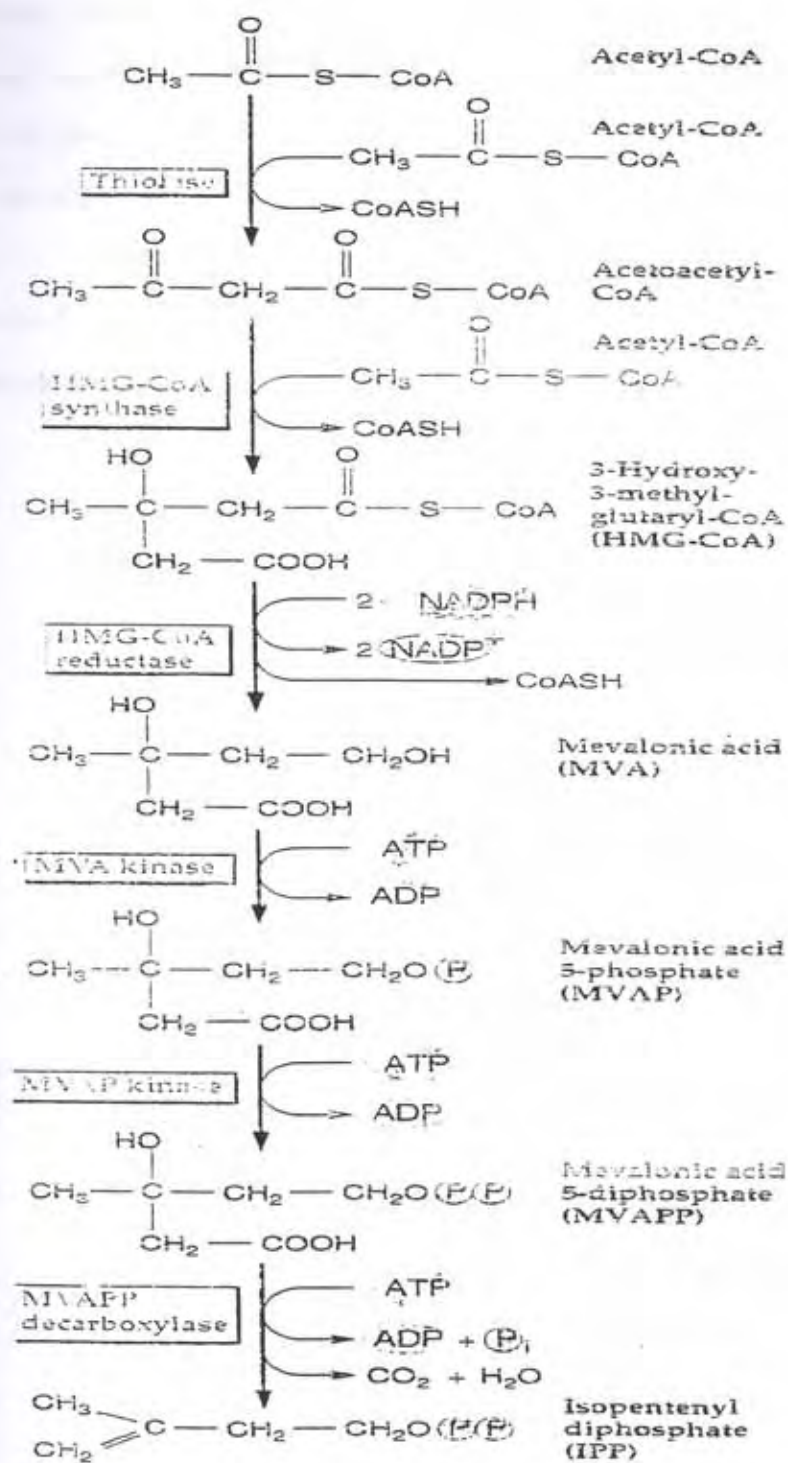


Figura 1. Formação da unidade de isoprenos (5C) para a síntese de terpenóides Fonte: Croteau et al., 2000.



O presente estudo envolvendo a *Mentha piperita* L., em cultivo hidropônico com variação dos níveis de fósforo deverá fornecer subsídios para a avaliação da influência desse nutriente no desenvolvimento da espécie. Assim, os resultados obtidos poderão além de propiciar uma alternativa ao cultivo tradicional, otimizar sua produtividade e o rendimento do seu óleo.

Com base no acima exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e o rendimento de óleo essencial da *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva contendo diferentes níveis de fósforo.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1. *Mentha piperita* L.

A *Mentha piperita* conhecida popularmente como hortelã, hortelã-pimenta, menta, menta-inglesa, hortelã-apimentada, hortelã-das-cozinhas ou sândalo, é uma erva aromática, anual ou perene de mais ou menos 30 cm de altura e semi-ereta. Apresenta ramos cuja cor varia do verde escuro ao roxo purpúreo. As folhas são elíptico-acuminadas, denteadas, pubescentes e apresentam um odor agradável e forte, devido a presença de óleos essenciais. É originária da Europa de onde foi trazida no período de colonização do País, sendo muito cultivada em canteiros e jardins em todo o Brasil. Na região Nordeste, somente as plantas cultivadas nas serras úmidas de clima de montanha florescem uma vez por ano (LORENZI e MATOS, 2002).

A planta apresenta um sistema radicular formado por numerosos “rizomas” que se espalham pela camada superficial do solo, emitindo raízes, a partir das quais brotam novas plantas.

Devido ao fácil cultivo, a multiplicação da menta pode ser feita em qualquer momento, por divisão de estolões subterrâneos ou superficiais. No entanto, a primavera ou o outono são os melhores momentos (LOEWENFELD E BACK, 1980).

De acordo com relatos verificados na literatura existente, a menta é uma cultura altamente exigente quanto às condições de solo e clima, em especial quanto à fertilidade, ao suprimento de água e à concorrência de ervas daninhas. Assim, não resiste, às secas intensas, geadas prolongadas e ao excesso de umidade (INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA, 1981).

Desde a mais remota antigüidade, a *Mentha piperita* e outras espécies do gênero são utilizadas para fins medicinais, alimentícios e cosméticos (GRUENWALD apud LORENZI & MATOS 2002). Goutham et al. (1980) registraram em seus estudos as propriedades espasmolíticas, antivomitivas, carminativas, estomáticas e anti-helmínticas da menta administrada por via oral e, antibacteriana, antifúngica e antiprurido, em uso tópico.

Tanto na medicina tradicional como nas práticas caseiras da medicina popular, as folhas de menta são usadas na forma de chá do tipo abafado, ou seja infusão, para os casos de má digestão, náuseas e sensação de empachamento, por acúmulo de gases no aparelho digestivo (LORENZI E MATOS, 2002).

Segundo Loewenfeld e Back (1980), a *Mentha x piperita L.* é considerada ter elevado conteúdo de mentol, substância responsável pelo sabor refrescante característico.

Giacometti (1989), refere que a *Mentha x piperita L.*, mais comum no Brasil em hortas e jardins, é bem adaptada nos trópicos e subtropicais, apresentando entre 60 e 90 cm de altura, folhas glabras e pecioladas e flores avermelhadas. A espécie apresenta duas formas, a *black peppermint* e a *white peppermint*. A *black peppermint* é cultivada comercialmente nos Estados Unidos para extração de óleo, sendo mais vigorosa e mais picante que a *white peppermint*.

Rabak (1917), trabalhando com *Mentha x piperita L.*, nos EUA, obteve o maior rendimento de óleo quando as plantas atingiram o máximo florescimento, concluindo

também, que o rendimento de óleo nas plantas decresceu com a maturação, o que incrementou a porcentagem de ésteres no óleo. Assim, o teor de mentol, importante componente do óleo, que tem relação direta com o conteúdo de ésteres, diminui nessas condições.

Ellis (1944), estudando a *Mentha x piperita* L., durante três anos, nos EUA, demonstrou que a época de colheita pode ser determinada pela análise do teor de mentol livre no óleo, por meio do método viscométrico.

Topalov e Zhelyazkov (1991), estudaram a *Mentha x piperita* L., clone nº 1 e a *M. arvensis* L. cv Mentona 14, na Bulgária, plantadas em espaçamento de 70 cm entre linhas com 30 plantas/m<sup>2</sup>. Os autores avaliaram a produção em três estádios de desenvolvimento, 50% de florescimento, 100% de florescimento e após o florescimento. A *Mentha x piperita* L. atingiu 50% do florescimento entre 97 e 100 dias após o plantio e a *Mentha arvensis* L. entre 107 e 109 dias após o plantio. Os maiores rendimentos de ambas as espécies foram alcançados com 50% de florescimento. O rendimento de óleo apresentou redução de 12% na *Mentha x piperita* L. e de 9% na *Mentha arvensis* L., quando colhidas com 100% de florescimento. Colheitas em meados de outubro, ou seja, após o florescimento, resultaram em redução de 62% para a *Mentha piperita* L. e de 76% para *Mentha arvensis* L. No entanto, o conteúdo de mentol no óleo da *Mentha piperita* L. aumentou nas colheitas mais tardias, e assim, a colheita após o florescimento, apesar de diminuir o rendimento de óleo, melhorou sua qualidade, aumentando o teor de mentol. Para a *Mentha arvensis* L. a colheita após o florescimento não afetou o teor de mentol no óleo, mas, o rendimento e a qualidade foram reduzidos com a colheita muito precoce.

Castro et al., (2001) refere que a composição qualitativa e quantitativa do óleo das plantas medicinais pode variar durante as fases de crescimento, sendo importante que a colheita ocorra na época apropriada.

## 4.2. Óleos Essenciais

Os óleos essenciais, também chamados óleos voláteis, óleos etéreos ou simplesmente essências, são substâncias encontradas em várias partes das plantas (SIMÕES et al., 1999), formados por terpenóides (mono e sesquiterpenos) e/ou lignóides (Alil-e propenilfenóis e cumarinas) (GOTTILEB, 1985). Os terpenóides constituem grande variedade de substâncias vegetais, sendo o termo empregado para designar substâncias derivadas de unidades do isopreno, que, por sua vez, origina-se do ácido mevalônico. Os compostos terpênicos mais freqüentes nos óleos voláteis são os monoterpenos com cerca de 90% e os sesquiterpenos (SIMÕES et al., 1999). Esses compostos são encontrados nas plantas em diversas famílias e ocorrem em estruturas que evoluíram de orgânulos oleíferos, células oleíferas, cavidades e canais esquizógenos e pêlos glandulares (GOTTLIEB, 1984).

Apesar dos óleos essenciais, de maneira geral, serem insolúveis em água, podem apresentar, solubilidade suficiente para passar o seu odor à água (COSTA, 1986). Portanto são importantes como matéria-prima para perfumes e medicamentos sendo também utilizados como especiarias (CLAUS, 1961; COSTA, 1986 E CECY, 1989).

Gershenson (1984) e Gottlieb (1985) registram que os óleos essenciais também desempenham funções de defesa na planta, além de apresentarem importância do ponto de vista ecológico, nas interações planta-planta, planta-fungo e planta-animal. Nesse sentido, Miller (1966), citado por Odum (1988), relatou um caso bastante conhecido da interação planta-planta verificado na vegetação de chaparral da Califórnia, onde as espécies *Salvia leucophylla* e *Artemisia californica* ao liberarem toxinas voláteis para o solo, impediram o desenvolvimento de outras plantas em suas proximidades.

Segundo Gottlieb (1985), a interação planta-animal é caracterizada em especial pela função antiherbivoria que os óleos apresentam. Tal atividade é marcante nos óleos essenciais e mais de 100.000 grupos químicos já foram identificados nos vegetais (HOWE & WESTLEY, 1988).

Os óleos essenciais possuem elevado índice de refração sendo em sua maioria opticamente ativa, possuindo ainda índice de rotação específica, como uma propriedade para diagnose, características que permitem distinguir o produto natural do sintético (COSTA, 1986 e CECY, 1989).

Estudos fitoquímicos realizados por Granero (1976), registraram problemas encontrados durante o processo de obtenção, controle e estudo da composição de um óleo essencial, uma vez que, o mesmo apresenta-se sujeito aos fenômenos de isomerização, saponificação, hidrólise ou polimerização.

Segundo Araújo (1966), o óleo essencial na menta, encontrado em células oleíferas, distribuídas pelas folhas e em conjuntos florais presentes em outras partes da planta é extraído na razão média de 1% da massa do material a ser destilado.

Charles et al. (2001) referem às porcentagens máxima e mínima dos principais componentes do óleo essencial de menta como sendo, mentol (57,8 – 46,1%), mentona (20,7 – 16,4%), limoneno (29,9 – 8,4%), 1,8-cineol (7,3 – 5,9%), mentofurano (4,8 – 1,3%), pulegona (4,8 – 1,3%), terpineol (2,4 – 1,5%), acetato de mentila (2,9 – 0,9%), beta-pineno (1,5 – 1,0%), alfa-pineno (0,5 – 0,2%), piperitona (0,2 – 0,1%) e eugenol (0,1 - 0,1%).

Variações químicas e físicas dos componentes do óleo essencial de menta podem ocorrer por se tratar de mistura de compostos de diversas naturezas que a planta acumula a taxas específicas. Dessa forma, os teores das substâncias presentes no óleo, são muito dependentes de fatores ambientais e plantas desenvolvidas sob diferentes condições podem conter óleos com características diferentes (MAIA, 1998).

### 4.3. Análise de crescimento

Independente das dificuldades inerentes ao conhecimento sobre a complexidade que envolve o crescimento das plantas, a análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (CAUSTON & VENUS, 1981).

A análise de crescimento descreve as condições morfo-fisiológicas da planta, em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica da produtividade, avaliada por variáveis fisiológicas e bioquímicas. É um método que pode ser utilizado para investigação do efeito dos fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como adaptabilidade das espécies a ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genotípicas da capacidade produtiva e influência de práticas agronômicas sobre o crescimento (MAGALHÃES, 1986),

Como o crescimento é avaliado através de variações em tamanho de algum aspecto da planta, geralmente morfológico, em função do acúmulo de material resultante da fotossíntese, esta passa a ser o aspecto fisiológico de maior importância para a análise de crescimento (BENINCASA, 1988).

Leal (2001) ao cultivar *Mentha piperita* L., em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio, determinou a razão de área foliar, a área foliar específica, a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento relativo e observou que o aumento dos níveis de nitrogênio na solução nutritiva diminuiu os índices fisiológicos. Valmorbidia (2003), cultivando *Mentha piperita* L., em solução nutritiva com diferentes níveis de potássio, observou que a razão de área foliar, a área foliar específica, a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento relativo não foram influenciadas pelos níveis de potássio utilizados.

#### 4.4. Nutrição mineral

Os três macronutrientes, nitrogênio, fósforo e potássio são de modo geral usados na adubação em maior proporção. Para as principais culturas a proporção do fósforo é, em geral, igual ou maior do que as do nitrogênio e potássio, devido a fixação do fósforo no solo, onde ao reagir com determinados componentes minerais é convertido em outras formas que as plantas não absorvem ou só o fazem com dificuldade (MALAVOLTA, 1979).

A menta foi definida no passado, como sendo uma planta exigente quanto a sua nutrição mineral (Finnemore, 1926; Guenther, 1949), no entanto, poucos trabalhos avaliaram a sua nutrição e os efeitos dos nutrientes na planta (MAIA, 1998).

Segundo Czepak (1998), a menta no Brasil desenvolveu-se como uma cultura desbravadora, devido às suas elevadas exigências em fertilidade do solo e disponibilidade de água. Mairapetyan et al. (1999) registraram que a produtividade da *Mentha piperita* L. e a biossíntese de seu óleo essencial, dependem da nutrição mineral.

Singh & Singh (1968), estudando a *Mentha arvensis* demonstraram a importância do fósforo no metabolismo dos carboidratos, como frutose, glicose, sacarose, aminoácidos e proteínas. Nesse trabalho, a deficiência do fósforo causou acúmulo dos açúcares redutores em todos os órgãos da planta, principalmente nas hastes.

Prasna & Bernáth (1993), ao estudarem a correlação entre o nível limite da nutrição e a produção de óleo essencial de hortelã pimenta, verificaram que as plantas submetidas ao tratamento deficiente em fósforo e igual a N (1,368 g/vaso), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0 g/vaso) e K<sub>2</sub>O (0,617 g/vaso) diminuíram a massa fresca de 74,8% e a massa foliar de 75,2% em relação aqueles do grupo controle contendo N (1,368 g/vaso), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,477 g/vaso) e K<sub>2</sub>O (0,617 g/vaso). Depois da indução de deficiência, os autores adicionaram aos vasos deficientes fósforo, na mesma quantidade fornecida às plantas do grupo controle, como efeito do fósforo pós-tratamento a massa fresca das plantas aumentou aproximadamente 2,5 vezes e a massa foliar triplicou, mas não alcançaram aquelas observadas nas plantas controle.



Nowak & Stroka (2001) avaliaram o efeito da nutrição mineral no desenvolvimento e florescimento de *Nova Guinea Ipatiens* e verificaram que o estresse de fósforo reduziu a altura e o diâmetro das plantas, o número de raízes e o número e as dimensões das folhas. As plantas floresceram mais cedo e apresentaram menor número de botões florais.

Kothari et al. (1987), avaliando também a *Mentha arvensis* demonstraram em um ensaio de campo na Índia, que a altura e o rendimento de óleo essencial estavam relacionados com a profundidade e a distância da aplicação do fertilizante fosfatado na linha do plantio.

Subrahmanyam et al. (1991), realizaram um experimento de campo com a menta japonesa e observaram que a maior produção de massa seca e óleo essencial ocorreu com a utilização da dose de fósforo igual a 30 kg.ha<sup>-1</sup>.

Munsi (1992), ao estudar a menta japonesa demonstrou que a aplicação de nitrogênio e fósforo melhorou a sua produtividade, aumentando a produção de massa fresca e seca e o rendimento de óleo essencial.

Piccaglia et al. (1993), avaliaram durante dois anos consecutivos níveis de fósforo iguais a 0, 75, 150 Kg ha<sup>-1</sup> e de nitrogênio iguais a 0, 100, 200 Kg ha<sup>-1</sup>, medindo o rendimento e a composição do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cv. Italo-Mitcham. Os cultivos foram realizados em duas épocas, ou seja, com o plantio de rizomas no outono de 1989 e com plantas enraizadas na primavera de 1990. Foram realizados dois cortes por ano. Na média dos dois cortes/ano, o conteúdo de mentol passou de 46%, no 1º ano para 29% no 2º ano, e os de mentona, pulegona e 1,8-cineol apresentaram diminuições mais discretas. Por outro lado, o mentofurano e o  $\beta$ -cariofileno aumentaram no 2º ano. Em 1991, o óleo do 2º corte, comparado com o do 1º, mostrou evidente mudança na composição, apresentando um incremento de acetato de mentila e de mentofurano. O fotoperíodo e, conseqüentemente, dias curtos durante a rebrota de outono podem ter afetado a biossíntese desses monoterpenos e ter sido responsável pelo elevado conteúdo de mentofurano. As duas épocas de plantio e o fornecimento mineral nesse estudo, não influenciaram a composição do óleo.

Zheljzakov & Margina (1996), avaliaram a aplicação de fertilizantes em doses crescentes no desenvolvimento da menta, cultivada em campo. Foram usadas as cultivares Tundza, Zephir e clone nº 1 de *M. piperita* Huds e cv. Mentona 18 de *Mentha arvensis* L. Quatro níveis crescentes de N, iguais a 0, 151, 306,2 e 533,6 Kg ha<sup>-1</sup>, dois de P, iguais a 0 e 182 Kg ha<sup>-1</sup> e três de K, iguais a 0, 110 e 240 Kg ha<sup>-1</sup> foram estudados, em duas colheitas. As massas frescas obtidas na primeira e na segunda colheitas foram 50% e 55% maiores, respectivamente, quando comparadas com aquelas obtidas pelas plantas submetidas a níveis de N P e K, iguais a 0. O comprimento da parte aérea, o rendimento de óleo essencial e a ramificação aumentaram com o aumento dos níveis de fertilização. Por outro lado, os níveis de fertilização não afetaram os conteúdos dos principais compostos químicos dos óleos essenciais na primeira colheita, enquanto na segunda colheita, houve um aumento do conteúdo de mentol.

Jeliazkova et al.(1999) avaliaram a aplicação de fertilizantes de NPK e o rendimento da hortelã pimenta. Foram usadas as cultivares Tundza, Zephir e clone nº 1 de *M. x piperita*. Quatro níveis de N, iguais a 0, 151, 306,2 e 533,6 Kg ha<sup>-1</sup>, dois de P, iguais a 0 e 182 Kg ha<sup>-1</sup> e três de K, iguais a 0, 110 e 240 Kg ha<sup>-1</sup> foram estudados, em duas colheitas, durante dois anos consecutivos. Os autores verificaram que a altura de plantas das três cultivares aumentou com o aumento dos níveis de fertilizantes.

#### **4.5. Cultivo em solução nutritiva**

A hidroponia é uma técnica bastante difundida em todo o mundo e a escolha da solução nutritiva para o cultivo é fundamental para o seu êxito. Não existe uma solução ideal para todas as espécies vegetais já que, de acordo com (Malavolta, 1980), cada espécie vegetal tem uma exigência nutricional diferente (TEIXEIRA, 1996).

Assim, a escolha de uma solução nutritiva depende de fatores, ligados com a própria solução, com as condições de clima e com a espécie vegetal. A composição da solução varia com o crescimento da planta, sendo a amplitude de variação dependente da relação entre seu crescimento e o volume de solução empregado. A variação induzida pelo crescimento causa decréscimo nas quantidades de sais disponíveis para as raízes além de levar a alteração qualitativa, uma vez que, nem todos os elementos são absorvidos nas mesmas proporções. Outro efeito de variação é a alteração do pH do meio, que pode induzir precipitações, tornando indispensáveis na solução elementos essenciais, em especial, o ferro e o manganês. Desta forma, o desenvolvimento das plantas envolve, a escolha de solução apropriada para o plantio, controle contínuo com adição de sais, controle de pH e substituição periódica de toda a solução (SARRUGE, 1975).

Maia (1998), avaliando plantas de *Mentha arvensis* L., cultivadas em solução nutritiva, concluiu que as folhas representavam 22 a 40 % da massa seca total da planta e as raízes 11,28%. O autor constatou que uma pequena quantidade de raízes deveria absorver os nutrientes necessários para uma grande quantidade de massa verde havendo, portanto, a necessidade de ter à sua disposição maior quantidade de nutrientes.

Plantas aromáticas desenvolvidas em hidroponia apresentaram maior produtividade em relação às aquelas cultivadas de modo tradicional, acumulando de 3 a 6 vezes mais óleo essencial por área, indicando a viabilidade, a eficiência e o benefício econômico do cultivo industrial hidropônico (MAIRAPETYAN, 1999).

Mairapetyan et al. (1999) quando estudaram a otimização das relações N:P:K em *Mentha piperita* L., em cultivo hidropônico, concluíram que a menta requer maior suprimento de fósforo para o máximo acúmulo de óleo essencial.

Leal (2001) trabalhando com *Mentha piperita* L., em solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) com diferentes níveis de nitrogênio, concluiu que níveis de nitrogênio maiores que o recomendado na solução usada, interferiram no desenvolvimento das plantas, diminuindo a produção e a qualidade do óleo essencial.

Segundo Singh & Singh (1984), o efeito da omissão de potássio sobre a

menta japonesa cultivada em solução nutritiva, influenciou o metabolismo do nitrogênio, a taxa de respiração e o teor de óleo essencial. Nessas condições, as plantas apresentaram redução da área foliar e acúmulo de nitrogênio amoniacal, a partir de 60 dias após o plantio.

Misra & Sharma (1991), demonstraram o efeito de maiores concentrações de ferro no aumento da massa seca da menta japonesa e observaram que  $5,6 \text{ mg.L}^{-1}$  é o nível crítico do elemento na solução nutritiva.

Subrahmanyam et al.(1991), determinaram a concentração crítica de zinco igual a  $28,9 \text{ mg.kg}^{-1}$  nas folhas e  $0,0475 \text{ mg.L}^{-1}$  na solução nutritiva. Plantas de *Mentha arvensis* cultivadas em solução nutritiva deficiente em zinco, mostraram folhas pequenas com clorose internerval no terceiro par e internódios curtos (MISRA, 1990).

Valmorbida (2003), trabalhando com *Mentha piperita* L., em solução nutritiva n° 2 de Hoagland & Arnon (1950) com diferentes níveis de potássio, concluiu que o maior nível de potássio utilizado igual a  $117/234 \text{ mg L}^{-1}$ , não resultou em maior produção de massa seca ou rendimento de óleo essencial. A autora conclui ainda que para a produção de massa seca, rendimento de óleo essencial e qualidade de óleo essencial, a *M. piperita* pode ser cultivada com redução de 50 a 75% da quantidade de potássio proposta para a solução completa de Hoagland & Arnon (1950).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Local e clima

O experimento foi conduzido em laboratório e em casa de vegetação do tipo “Paddy-Fan” do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Campus Botucatu - SP. Esta fase experimental da pesquisa foi realizada entre o final de janeiro e o início de maio de 2003.

As coordenadas geográficas desta localidade são: 48° 24' 35"W e 22° 49'10" S. A altitude média é de 800 m, referente ao nível do mar.

De maneira geral, a temperatura e a umidade relativa na casa de vegetação foram mantidas em torno de 27°C e 70%, respectivamente.

### 5.2. Cultura

As mudas de *Mentha piperita* L. foram obtidas a partir de plantas matrizes provenientes da Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, posteriormente

propagadas em solo na coleção didática de plantas medicinais do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus Botucatu - SP, até a obtenção de número suficiente para a instalação do experimento.

Foram selecionados ramos aéreos das plantas matrizes para a preparação de estacas com 10 cm de comprimento, tendo sido mantidas os quatros primeiros pares de folhas. As estacas foram desinfetadas em solução de hipoclorito a 2% e acondicionadas em potes de 250mL cobertos com filme plástico de polietileno, contendo solução de nitrato de potássio,  $\text{KNO}_3$ ,  $600\text{mg L}^{-1}$ , preparada com água destilada, conforme especificações de Soares & Sacramento (2001). As estacas permaneceram nessa solução durante 10 dias, período necessário para o enraizamento.

Observações diárias definiram a necessidade de reposição da solução.

O transplante das mudas foi realizado no dia 23 de janeiro de 2003 e apenas as sadias, foram transferidas para vasos plásticos com capacidade de seis litros e pintados externamente com purpurina prateada para evitar o aparecimento de algas. Esses vasos continham solução nutritiva com três diferentes níveis de fósforo, que caracterizaram os tratamentos, onde as plantas permaneceram até as datas de colheita. Da primeira até a quinta colheita, as plantas tinham respectivamente, 20, 40, 60, 80 e 100 dias após o transplante, realizado 10 dias após o enraizamento das estacas. Nos vasos, sempre arejados, a fixação das plantas se fez pelo colo, com espuma plástica preenchendo os orifícios feitos nas tampas.

Durante o ciclo da cultura, medidas fitossanitárias foram cuidadosamente observadas, com a finalidade de evitar que pragas e doenças interferissem nas observações.

O experimento foi controlado diariamente, quando eram feitas observações sobre o funcionamento do arejador, o volume da solução nutritiva e a existência de pragas, moléstias ou qualquer outra anormalidade. Quando necessário, o volume da solução nutritiva era completado com água destilada.

### 5.3. Nutrição

Para a nutrição das plantas de menta empregou-se a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950), modificada pela variação da concentração de fósforo, que estabeleceu as diferenças entre tratamentos.

Assim, chamou-se de T1, o tratamento em que a solução nutritiva continha 91,5 mg L<sup>-1</sup> de fósforo, fornecidos na forma de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 57,5 mg L<sup>-1</sup> e KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 34 mg L<sup>-1</sup> até a primeira colheita e 183 mg L<sup>-1</sup> de fósforo, fornecidos na forma de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 115 mg L<sup>-1</sup> e KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 68 mg L<sup>-1</sup> a seguir, ou seja, com o aumento de 50% do nível de fósforo proposto para a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950), de T2 o tratamento em que solução nutritiva continha 57,5 mg L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> até a primeira colheita e 115 mg L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, a seguir, ou seja, o nível de fósforo proposto na solução nutritiva completa nº 2 de Hoagland & Arnon (1950). Por fim, o tratamento T3 em que a solução nutritiva continha 28,75 mg L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> até a primeira colheita e 57,5 mg L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, a seguir caracterizou-se pela diminuição em 50% do nível de fósforo proposto para a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950). A redução do fósforo levou também a diminuição de nitrogênio na solução. No entanto de acordo com Ruiz (1993) a solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), segundo Asher & Edwards (1983) é extremamente concentrada devendo ser usada com um terço ou meia força para plantas adultas.

No início da instalação do experimento, no período compreendido entre o dia 23/01 e 27/02, utilizou-se solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950), diluída a 50% para evitar possíveis efeitos de toxicidade às mudas, passando após essa data ao uso da solução nutritiva completa.

Nos vasos, as plantas foram mantidas em solução nutritiva, sem qualquer substrato.

Desta forma, as plantas foram distribuídas em três grupos

experimentais, caracterizando três tratamentos, que diferiram em função do nível de fósforo na solução nutritiva, conforme pode ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos a que foram submetidas as plantas de *Mentha piperita* L., durante seu ciclo de desenvolvimento. Compostos utilizados, soluções estoques ( $\text{g L}^{-1}$ ), composição das soluções nutritivas ( $\text{mL L}^{-1}$ ), e quantidade de fósforo fornecido ( $\text{mg L}^{-1}$ ). Os tratamentos estão indicados com nível de fósforo até a 1ª Colheita\*/ após a 1ª colheita\*\*.

Tratamento (Solução nutritiva)	Composto	Solução Estoque $\text{g L}^{-1}$	Solução nutritiva $\text{mL L}^{-1}$	Fósforo $\text{mg L}^{-1}$
T1 (T2 +50%P)	(M) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	115,00	1	(57,5)* / (115)**
	(M) $\text{KH}_2\text{PO}_4$		0,5	(34)* / (68)**
T2 (completo)	<b>Macronutrientes</b>			
	(M) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	115,00	1	(57,5)* / (115)**
	(M) $\text{KNO}_3$	101,10	6	
	(M) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	236,16	4	
	(M) $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246,50	2	
	<b>Micronutrientes (1)</b>		1	
	$\text{H}_3\text{BO}_3$	2,86		
	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,81		
	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,22		
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,08		
	$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,02		
	<b>Solução Fe (2)</b>			1
	Fe-EDTA	26,10		
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	24,90			
T3 (T2 – 50%P)	(M) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	57,5	0,5	(28,75)* / (57,5)**

(M) = Molar; (1) = diluição em água destilada e volume completado a 1 litro; (2) = Diluição em 700 mL de água destilada contendo 268 mL de NaOH (40g/L) e volume completado a 1 litro.



Todas as soluções, preparadas com água destilada, foram continuamente arejadas, utilizando-se um soprador rotatório e renovadas a cada duas semanas (Dantas et al., 1979), até a primeira colheita, 20 dias após o transplante, a partir da qual fez-se renovação semanal, com base no acompanhamento do pH. Sempre que necessário, o volume de solução do vaso foi completado com água destilada. O controle diário do pH da solução nutritiva foi feito com a utilização de um medidor de pH Digimed DMPH-3. Por ocasião da renovação da solução nutritiva, o pH aumentado foi ajustado para 5,5 – 6,0 com HCL 1 M, pH ideal para o desenvolvimento da menta de acordo com as preconizações de HUTERWALL (1986). A condutividade elétrica da solução foi controlada, com a utilização de um condutivímetro Digimed CD-21 e mantida entre 1,5 – 2,5 mS por centímetro, de acordo com as especificações de CARMELLO (1992).

#### **5.4. Delineamento Experimental**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x5, ou seja, três tratamentos com diferentes níveis de fósforo e cinco épocas de colheita, de modo a cobrir todo o ciclo do vegetal.

Para a análise do óleo essencial o delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, ou seja, três tratamentos com três épocas de colheitas.

Em cada repetição, as variáveis avaliadas resultaram da soma de duas plantas. Avaliações macroscópicas, com observações diárias de sinais visuais das plantas

submetidas aos diferentes tratamentos, não revelaram sinais de toxicidade para o tratamento com maior nível de fósforo e nem de deficiência para aquele com menor nível.

Em cada vaso foram cultivadas duas plantas de menta, que após medição dos comprimentos de suas partes aéreas, determinação das áreas foliares e das massas frescas de parte aérea, foram utilizadas na determinação das massas secas, variáveis que além de serem avaliadas durante o desenvolvimento, foram necessárias para a realização da análise de crescimento funcional das plantas, de acordo com PORTES & CASTRO JÚNIOR (1991).

Um sorteio prévio das plantas a serem colhidas foi realizado, para evitar que fossem avaliadas plantas vizinhas em colheitas sucessivas, conforme pode ser observado na Figura 2. As colheitas de plantas das quatro repetições de cada tratamento foram realizadas em intervalos de 20 dias.

## **5.5. Tratos fitossanitários**

O ataque de pulgões a partir dos 30 dias após transplante das mudas para os tratamentos definitivos foi contornado com aplicações quinzenais de água de fumo nas plantas, seguindo as prescrições de ABREU JÚNIOR (1998).

A presença de ácaro branco e ácaro vermelho foi contornada com aplicações de 5-O-dimetilavermectin A1a (5-O-dimetil)-25-(1-metiletil) avermectin A1a (Vertimec) na concentração de 0,5 mL L<sup>-1</sup>. Usou-se espalhante alquil-fenol-poliglicoleter (Extravon) na concentração de 0,2 mL L<sup>-1</sup>, permitindo uma melhor aderência do produto às folhas. Foram realizadas duas aplicações em toda a área, aos 12 e 44 dias após o transplante.

Aos 64 dias após o transplante efetuou-se uma pulverização na área total com Benlate na concentração de 0,33g.L<sup>-1</sup> para o controle de oídio.

Primeira Bancada		Segunda Bancada	
T3 AC 3 <sup>a</sup>	T1 OE 3 <sup>a</sup>	T2 AC 4 <sup>a</sup>	T2 OE 1 <sup>a</sup>
T3 OE 3 <sup>a</sup>	T2 AC 5 <sup>a</sup>	T3 OE 2 <sup>a</sup>	T3 OE 3 <sup>a</sup>
T3 AC 1 <sup>a</sup>	T3 OE 1 <sup>a</sup>	T1 AC 3 <sup>a</sup>	T1 OE 1 <sup>a</sup>
T1 AC 3 <sup>a</sup>	T3 AC 2 <sup>a</sup>	T3 AC 1 <sup>a</sup>	T2 AC 2 <sup>a</sup>
T1 AC 2 <sup>a</sup>	T3 OE 2 <sup>a</sup>	T3 AC 1 <sup>a</sup>	T1 AC 1 <sup>a</sup>
T3 AC 3 <sup>a</sup>	T2 AC 5 <sup>a</sup>	T1 OE 2 <sup>a</sup>	T1 AC 5 <sup>a</sup>
T1 AC 4 <sup>a</sup>	T1 AC 3 <sup>a</sup>	T2 AC 4 <sup>a</sup>	T2 AC 5 <sup>a</sup>
T3 OE 1 <sup>a</sup>	T2 AC 4 <sup>a</sup>	T3 AC 4 <sup>a</sup>	T3 AC 5 <sup>a</sup>
T1 AC 1 <sup>a</sup>	T2 OE 2 <sup>a</sup>	T2 AC 3 <sup>a</sup>	T2 AC 3 <sup>a</sup>
T3 OE 3 <sup>a</sup>	T3 AC 2 <sup>a</sup>	T1 AC 5 <sup>a</sup>	T1 AC 5 <sup>a</sup>
T3 AC 5 <sup>a</sup>	T3 AC 5 <sup>a</sup>	T1 OE 1 <sup>a</sup>	T3 AC 1 <sup>a</sup>
T1 AC 3 <sup>a</sup>	T3 AC 3 <sup>a</sup>	T2 OE 1 <sup>a</sup>	T2 OE 3 <sup>a</sup>
T2 AC 4 <sup>a</sup>	T1 AC 4 <sup>a</sup>	T2 AC 2 <sup>a</sup>	T3 AC 2 <sup>a</sup>
T1 AC 4 <sup>a</sup>	T2 AC 1 <sup>a</sup>	T1 OE 2 <sup>a</sup>	T1 AC 2 <sup>a</sup>
T3 OE 2 <sup>a</sup>	T1 AC 5 <sup>a</sup>	T3 AC 4 <sup>a</sup>	T1 OE 3 <sup>a</sup>
T2 AC 1 <sup>a</sup>	T2 AC 1 <sup>a</sup>	T2 OE 1 <sup>a</sup>	T3 AC 4 <sup>a</sup>
T2 AC 1 <sup>a</sup>	T3 OE 3 <sup>a</sup>	T1 OE 3 <sup>a</sup>	T1 AC 1 <sup>a</sup>
T1 AC 1 <sup>a</sup>	T1 OE 3 <sup>a</sup>	T1 OE 1 <sup>a</sup>	T2 OE 3 <sup>a</sup>
T2 OE 3 <sup>a</sup>	T2 AC 2 <sup>a</sup>	T2 AC 3 <sup>a</sup>	T1 AC 2 <sup>a</sup>
T3 OE 1 <sup>a</sup>	T2 AC 3 <sup>a</sup>	T3 AC 4 <sup>a</sup>	T1 OE 1 <sup>a</sup>
T3 OE 1 <sup>a</sup>	T3 OE 2 <sup>a</sup>	T2 OE 2 <sup>a</sup>	T2 AC 2 <sup>a</sup>
T1 OE 2 <sup>a</sup>	T2 OE 1 <sup>a</sup>	T2 OE 3 <sup>a</sup>	T2 AC 5 <sup>a</sup>
T3 AC 1 <sup>a</sup>	T1 AC 1 <sup>a</sup>	T2 AC 2 <sup>a</sup>	T1 OE 2 <sup>a</sup>
T1 AC 4 <sup>a</sup>	T2 AC 2 <sup>a</sup>	T3 AC 3 <sup>a</sup>	T3 AC 2 <sup>a</sup>

C  
O  
R  
R  
E  
D  
O  
R

**Figura 2.** Esquema simplificado da distribuição de vasos com plantas de *Mentha piperita* L., submetidas a diferentes níveis de fósforo e avaliadas, em diferentes colheitas realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

## **5.6. Preparo do material**

### **5.6.1. Determinações fisiológicas**

Em todas as colheitas, as duas plantas de cada repetição, dos três tratamentos, após a determinação dos comprimentos de parte aérea e contagem do número de folhas, foram separadas em raízes, caules, pecíolos e lâminas foliares. Todos os órgãos, inclusive as lâminas foliares, após a determinação da área foliar, foram acondicionados em sacos de papel etiquetados e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura entre 60 e 70°C, até obtenção de peso constante.

Após a secagem completa, o material foi pesado em balança analítica Ohaus tipo Analytical Standard com sensibilidade de até 0,1 mg, para determinação de sua massa seca.

## **5.7. Variáveis estudadas**

### **5.7.1. Comprimento de parte aérea**

Definida como a distância, em centímetros, do colo da planta até o ponto mais alto. O comprimento da parte aérea representa a média dos comprimentos das duas plantas avaliadas.

### **5.7.2. Número de folhas**

O número de folhas foi definido como a somatória das folhas das duas plantas do vaso parcela.

### **5.7.3. Área foliar**

A área foliar foi determinada em um medidor de área foliar, área meter modelo LI 3100, e expressa em decímetros quadrados. Em cada vaso parcela, a área foliar foi definida como sendo a somatória das áreas foliares de todas as lâminas foliares das duas plantas.

### **5.7.4. Massa seca**

A massa seca de cada órgão, ou seja, de raízes, caules, pecíolos e lâminas foliares, foi definida como o seu peso, expresso em gramas. A massa seca total correspondeu à soma das massas de todos os órgãos existentes, em cada colheita. Em cada parcela, a massa seca foi definida como a somatória das massas das duas plantas.

## **5.8. Índices fisiológicos**

As variáveis área foliar e massa seca de lâminas foliares e totais das plantas foram ajustadas em relação ao tempo, ou seja, idade das plantas, para se proceder à

estimativa dos índices fisiológicos razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR), pelo programa computacional ANACRES, de acordo com as especificações de PORTES & CASTRO JÚNIOR (1991). A razão de massa foliar e a distribuição de massa seca foram calculadas de acordo com BENINCASA (1988). Entre as opções de ajuste dos dados de massa seca e área foliar, em função de dias após o transplante, apresentadas pelo programa, escolheu-se a exponencial quadrática. Esta escolha se baseou nas recomendações dos autores que referem que para as espécies de ciclo curto, como a menta, essa equação têm sido adequada ajustando-se aos conjuntos dos referidos dados, representando, portanto bem o crescimento dessa espécie e em estudos prévios, como os de Leal (2001) e Valmorbidia (2003), que confirmaram a escolha da equação exponencial quadrática para a avaliação do crescimento e da produtividade de menta (*Mentha piperita* L). Assim, foram calculados os índices que se seguem.

### 5.8.1. Razão de área foliar (RAF)

A razão de área foliar ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) expressa a área foliar útil para fotossíntese (Benincasa, 1988) e será obtida a partir dos valores instantâneos de área foliar (AF), área responsável pela interceptação de energia luminosa e  $\text{CO}_2$ , e massa seca total (MST), resultado da fotossíntese, segundo a equação:

$$\text{RAF} = \frac{\text{AF}}{\text{MST}}$$

### 5.8.2. Área foliar específica (AFE)

Este índice que reflete o inverso da espessura da folha ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ )

(Benincasa, 1988) será obtido pela razão entre a área foliar (AF) e a massa seca de folhas (MSF).

$$AFE = \frac{AF}{MSF}$$

### 5.8.3. Taxa assimilatória líquida (TAL)

A taxa assimilatória líquida ( $\text{g dm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ) que expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de massa seca produzida, em gramas, por decímetro quadrado de área foliar, por unidade de tempo (Benincasa, 1988) foi obtida pela equação:

$$TAL = \frac{(b + 2ct).a.e^{(bt + ct^2)}}{a_1.e^{(b_1 + c_1t^2)}}$$

### 5.8.4. Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento de uma planta ou de qualquer órgão da planta é uma função do tamanho inicial, isto é, o aumento em gramas, no caso de massa seca, está relacionado ao peso de massa seca no instante em que se inicia o período de observação (Benincasa, 1988). Este índice ( $\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ ) foi calculado pela equação:

$$TCR = d \ln \frac{a \cdot e^{(bt + ct^2)}}{dt}$$

### 5.8.5. Razão de massa foliar (RMF)

Expressa a fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta.

A maior ou menor exportação de material da folha pode ser uma característica genética a qual está sob a influencia de variáveis ambientais (BENINCASA, 1988). Esta variável é calculada pela relação entre massa seca da folha (MSF) e massa seca total (MST).

$$RMF = \frac{MSF}{MST}$$

### 5.8.6. Distribuição de massa seca

A distribuição de massa seca nos diferentes órgãos ou regiões de interesse é calculada em porcentagem de matéria seca de cada órgão em relação à massa seca total, ao longo do ciclo ou nas fases de maior interesse. Esta variável permite inferir a translocação orgânica (BENINCASA, 1988).



### 5.8.7. Avaliação do óleo essencial

Para a análise do óleo essencial foi utilizada a metodologia de extração por arraste a vapor. Segundo Simões & Spitzer (2000) os óleos voláteis possuem tensão de vapor mais elevada do que a da água, sendo, por isso, arrastados pelo vapor d'água.

Após a colheita e determinação da massa fresca, a parte aérea das plantas de *Mentha piperita* L., constituída pelo caule mais pecíolo e lâminas foliares foi colocada para secar em estufa de aeração forçada, a uma temperatura constante de 40°C, por três dias, com posterior determinação de sua massa seca.

A seguir, o material foi colocado em aparelho de destilação do tipo Clevenger para a hidrodestilação, no laboratório de óleos essenciais do Departamento de Produção Vegetal FCA - UNESP Campus Botucatu.

Assim, 100 gramas de massa seca de parte aérea de *Mentha piperita* L., foram colocadas em balão de fundo chato com capacidade de 2000mL, adicionando-se água até cobrir a amostra, que em seguida foi aquecido. Após 30 minutos iniciou-se a destilação, que foi completada aos 150 minutos. O rendimento de óleo essencial foi medido em mL 100g<sup>-1</sup> de massa seca.

### 5.8.8. Composição do óleo essencial

Após a destilação, o óleo essencial obtido foi armazenado à temperatura de -15°C, em frascos de cor âmbar, devidamente etiquetados, até o momento da análise de sua composição, realizada no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Recursos Genéticos Vegetais do Instituto Agrônomo de Campinas, em Campinas – SP.

Para tanto, utilizou-se cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massas (Shimadzu, QP-5000), em equipamento dotado de coluna capilar DB-5 (30 x0,25mm x

0,25  $\mu\text{m}$ ), gás de arraste Hélio (1,7 mL/min.), split: 1/30 com a seguinte programa de temperatura: 50°C (5 min.) – 180°C, 5°C/min.; 180°C – 280°C, 10°C/min.

Para a identificação das substâncias utilizou-se o banco de dados do sistema CG-EM (Nist. 62 library), literatura (McLafferty & Stauffer, 1989) e índice de retenção de Kovats (Adams, 2001).

Assim, as substâncias presentes no óleo foram determinadas em porcentagem.

## **5.9. Análise estatística dos resultados**

Os resultados de comprimento de parte aérea, número de folhas, massa fresca de parte aérea, área foliar, massa seca dos diversos órgãos e total das plantas e produção de óleo essencial, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, segundo as especificações de Zar (1986), utilizando-se o nível de 5% de significância. Esses resultados foram apresentados em tabelas e seguidos de letras minúsculas que, na vertical comparam médias entre os tratamentos com diferentes níveis de fósforo, em cada colheita. A transformação raiz ( $x+0,5$ ) foi utilizada para a avaliação dos resultados do número de folhas. A análise de variância foi realizada pelo programa computacional ESTAT (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, S/D).

Os resultados dos índices fisiológicos, derivadas, que compõem a análise de crescimento constam de tabelas e foram estimados pelo programa ANACRES, após ajuste da área foliar e massa seca em relação ao tempo, de acordo com as especificações de Portes & Castro Júnior (1991), utilizando-se a equação exponencial quadrática.

O fator colheita, ou seja, idade das plantas, foi avaliado pela análise de regressão. Dessa forma, os resultados dos tratamentos constituídos de três diferentes

suportes nutritivos, nas várias colheitas realizadas ao longo do ciclo de desenvolvimento, com exceção daqueles relativos à produção e composição do óleo essencial, foram submetidos à análise de regressão, realizada pelo programa computacional SAS (1996), utilizando-se o nível de 5% de significância. A escolha da equação exponencial quadrática para o ajuste está de acordo com as considerações de Portes & Castro Júnior (1991), como uma das equações que melhor se ajusta aos conjuntos de dados das variáveis avaliadas. Neste caso, se encontram as massas secas das lâminas foliares, massas secas de caule e pecíolos, massas secas de estolões, número de folhas, área foliar específica, taxa de crescimento relativo, taxa assimilatória líquida, razão de área foliar e razão de massa foliar.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Comprimento de parte aérea

A variação do comprimento de parte aérea de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 3.

O comprimento de parte aérea, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se maior nas plantas submetidas ao tratamento com níveis de fósforo iguais a 57,5/115 mg L<sup>-1</sup>. As plantas submetidas aos dois outros tratamentos apresentaram mesma tendência inicial de aumento do comprimento de parte aérea, com diminuição a partir dos 80 dias após o transplante.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 2, revela que não houve diferença entre os tratamentos até a terceira colheita. Nas duas colheitas subseqüentes, o maior comprimento de parte aérea foi mostrado pelas plantas submetidas aos níveis de fósforo iguais a 57,5/115 mg L<sup>-1</sup>.

Esses resultados discordam daqueles encontrados por Zheljzakov & Margina (1996), que ao trabalharem com cultivares de menta em vários níveis de nitrogênio e fósforo, observaram que o aumento das taxas de fertilizantes aumentou a altura de plantas. Também discordam dos resultados de Santos et al. (2002), que cultivaram *Ocimum basilicum*,

em soluções nutritivas modificadas quanto às dosagens de seus nutrientes para 50, 75 e 125% e observaram as maiores alturas nas plantas cultivadas em solução nutritiva completa (100%).

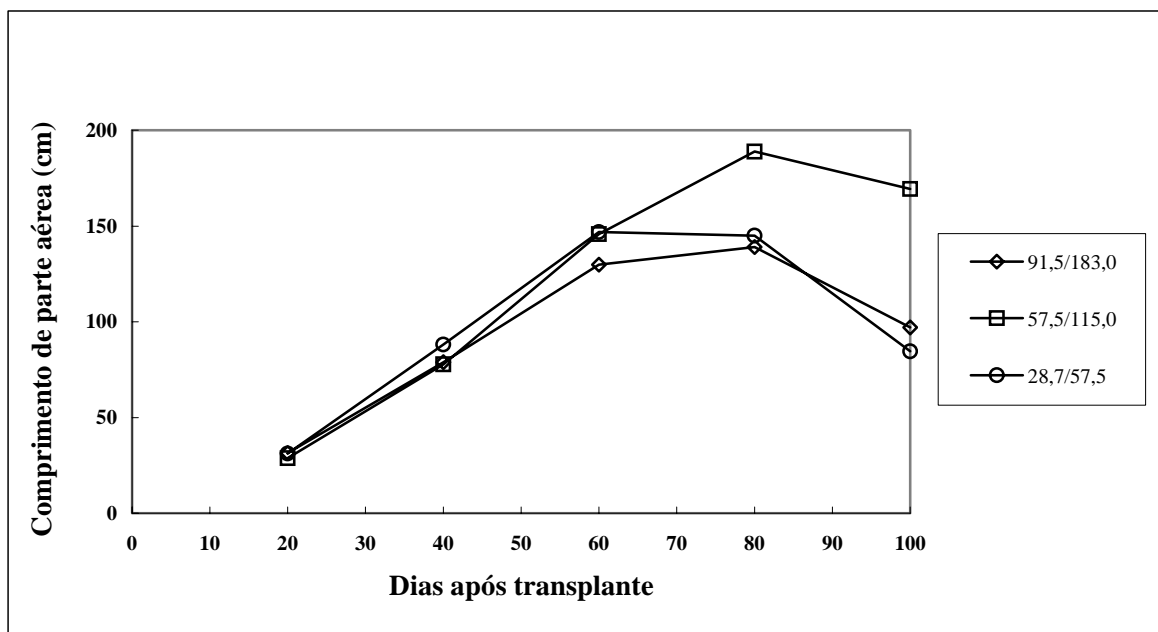
No presente estudo, as plantas mantiveram, de maneira geral, crescimento do comprimento da parte aérea até 60 dias após o transplante, ocorrendo a partir daí queda de cerca de 24,71%. Tal comportamento pode ser devido à presença de oídio durante essa fase do desenvolvimento das plantas.

**Tabela 2.** Análise de variância e comparação entre médias de comprimento de parte aérea, em cm, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
7,3130**	53,2524**	4,5666**

Comparação entre médias (Teste Tukey)						
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	29,00 a	88,25 a	148,63 a	103,75 b	109,88 b	<b>95,90</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	27,06 a	87,88 a	146,00 a	166,75 a	180,25 a	<b>121,58</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	29,00 a	97,63 a	163,50 a	113,50 b	93,81 b	<b>99,48</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>28,35</b>	<b>91,25</b>	<b>152,71</b>	<b>128</b>	<b>127,98</b>	<b>105,65</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 3.** Comprimento de parte aérea (cm) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita.

## 6.2. Número de folhas

A variação do número de folhas de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 4.

O número de folhas das plantas cultivadas com nível mais elevado de fósforo apresentou tendência de manter-se maior até os 60 dias após transplante, decrescendo a seguir. As plantas submetidas aos níveis de fósforo iguais a 57,5/115 mg L<sup>-1</sup> e 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup> mostraram comportamento semelhante. O decréscimo verificado no número de folhas a partir dos 60 dias após transplante nos diferentes tratamentos talvez possa ser atribuído à presença de oídio neste período.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 3, revela em média, diferença entre o número de folhas das plantas submetidas aos níveis de fósforo iguais a 91,5/183,0 e 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup>, ou seja, entre o nível que apresentou o menor número de folhas e aquela que apresentou o maior número de folhas.

Assim, houve aumento do número de folhas até os 60 dias após o transplante, ocorrendo queda aos 80 dias, com recuperação desse número a seguir. Essa tendência de maior número de folhas, na última colheita, talvez possa ser explicada pelo brotamento de novas folhas, após a queda devido à presença de fungos, o que pode ser confirmado pela área foliar, que não era elevada nesse momento.

Nowak & Stroka (2001), ao estudarem crescimento e florescimento sob efeito da nutrição com fósforo em *nova guine Impatiens*, observaram que as plantas submetidas à deficiência desse nutriente apresentaram redução do número de folhas. Singh & Singh (1968) também verificaram que plantas de menta cultivadas com deficiência de fósforo apresentaram menor número de folhas e área foliar, concordando com os resultados observados no presente estudo.



**Tabela 3.** Análise de variância e comparação entre médias de número de folhas, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

<b>Análise de variância</b>		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
4,5910*	155,5381**	0,9810 ns

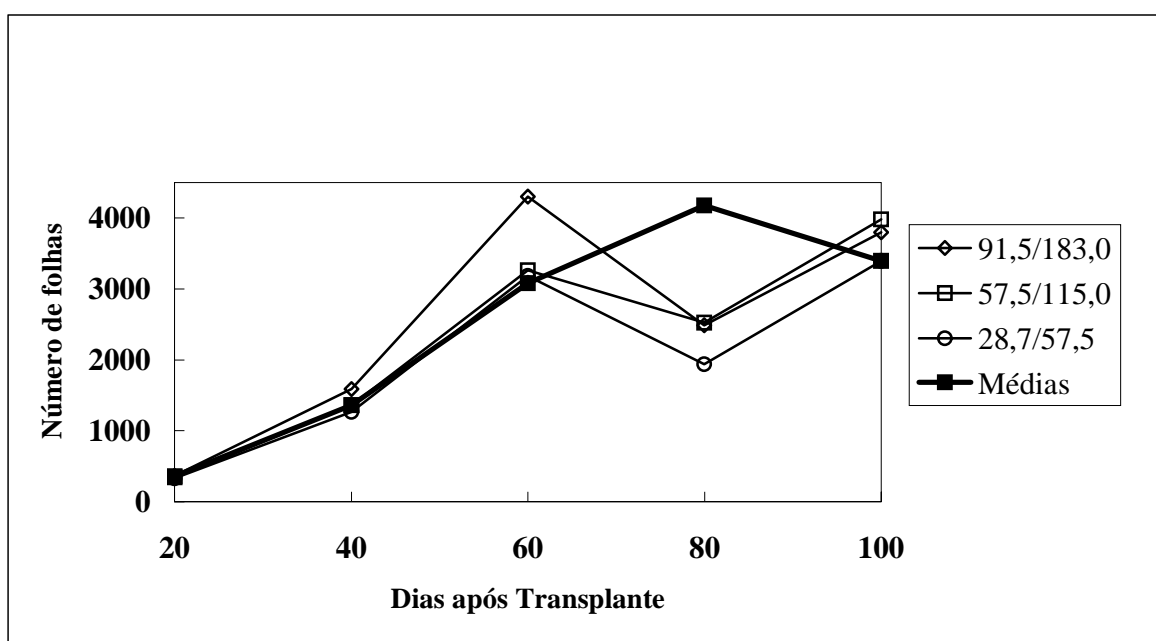
ns não significativo

#### Comparação entre médias (Teste Tukey)

Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	18,96	39,84	65,44	49,48	61,40	<b>47,02 a</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	18,41	36,16	56,70	50,23	62,96	<b>44,89 ab</b>
<b>28, 7 / 57,5</b>	18,14	35,35	50,23	43,96	58,08	<b>42,36 b</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>18,50</b>	<b>37,12</b>	<b>59,47</b>	<b>47,89</b>	<b>60,82</b>	<b>44,75</b>

Para a análise de variância, os dados foram utilizados com a transformação RAIZ (X+0,5).

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 4.** Número de folhas *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita.

### 6.3. Área foliar

A variação da área foliar de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 5.

A área foliar, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais baixa nas plantas submetidas aos menores níveis de fósforo, iguais a 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup> e maior naquelas com níveis mais elevados, iguais a 91,5/183 mg L<sup>-1</sup>.

A comparação de médias entre tratamentos que pode ser observada na Tabela 4 revela que os diferentes níveis de fósforo interferiram na área foliar na 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> colheitas. As plantas submetidas ao tratamento com nível de fósforo igual a 91,5/183 mg L<sup>-1</sup>, apresentaram maiores áreas foliares, que as daquelas submetidas aos demais níveis, com exceção da 4<sup>a</sup> colheita, em que a área foliar dessas plantas não diferiu da área das plantas submetidas ao tratamento testemunha. Comportamento semelhante foi observado por Maia (1998), em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas em omissão de fósforo, condição em que as plantas apresentaram folhas menores. Embora no presente estudo, o nível de fósforo não tenha sido deficiente, é possível que tenha resultado em menor desenvolvimento da área foliar dessas plantas.

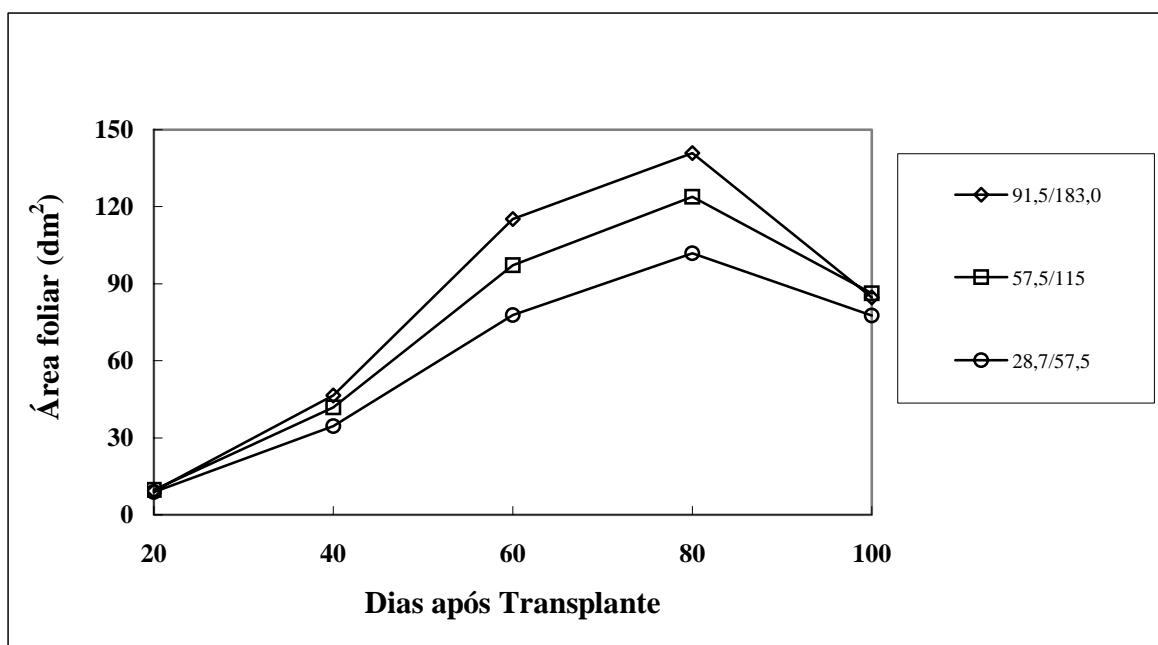
Nowak (2001), estudando o efeito do fósforo no crescimento, florescimento e concentração desse nutriente nas folhas de *osteospermum*, verificou que as plantas submetidas a estresse de fósforo apresentaram diminuição de todas as variáveis de crescimento avaliadas. O mesmo comportamento foi observado por Nowak & Stroka (2001), que ao estudarem o efeito do fósforo no crescimento e florescimento de *nova guine Impatiens*, observaram que as plantas submetidas a estresse de fósforo apresentaram redução no diâmetro das folhas.

**Tabela 4.** Análise de variância e comparação entre médias de área foliar, em  $\text{dm}^2$ , de *Mentha piperita* L cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
13,5841**	143,5905**	2,2533*

Comparação entre médias (Teste Tukey)						
Nível de P ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	8,17 <b>a</b>	58,88 <b>a</b>	118,82 <b>a</b>	106,87 <b>a</b>	96,84 <b>a</b>	<b>77,91</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	8,66 <b>a</b>	54,81 <b>a</b>	90,45 <b>b</b>	103,94 <b>ab</b>	95,45 <b>a</b>	<b>70,66</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	8,11 <b>a</b>	42,14 <b>a</b>	75,69 <b>b</b>	86,76 <b>b</b>	84,52 <b>a</b>	<b>59,44</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>8,31</b>	<b>51,94</b>	<b>94,98</b>	<b>99,19</b>	<b>92,27</b>	<b>69,34</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 5.** Área foliar de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita

#### 6.4. Massa seca de raízes

A variação da massa seca de raízes de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 6.

A massa seca de raízes, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais baixa nas plantas submetidas ao maior nível de fósforo igual a 91,5/183,0 mg L<sup>-1</sup> e maior nas demais.

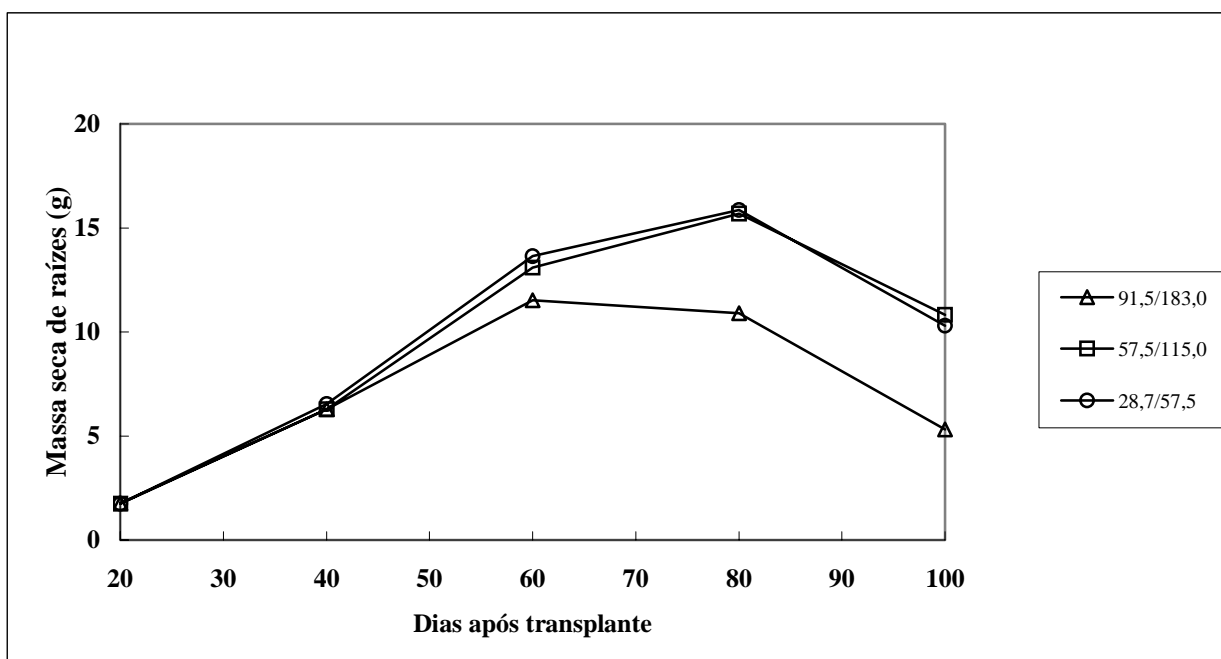
A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 5, revela que os diferentes níveis de fósforo apenas interferiram na massa seca das raízes na 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> colheitas. Nas duas colheitas as plantas cultivadas com o nível intermediário de P (57,5/115,0) apresentaram massa seca de raízes maior que aquelas cultivadas com o maior nível, não diferindo da massa seca daquelas cultivadas com o menor nível desse nutriente. Nowak & Stroka (2001) e Nowak (2001), ao trabalharem com estresse de fósforo, verificaram diminuição no número de raízes. Com base nesse estudo pode-se inferir que no presente trabalho o menor nível de fósforo avaliado não foi deficiente para o desenvolvimento das raízes.

**Tabela 5.** Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de raízes, em g, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
8,7031**	55,2882**	2,3753*

Comparação entre médias (Teste Tukey)						
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	1,32 a	12,02 a	8,17 a	9,00 b	6,20 b	<b>7,3450</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	1,35 a	11,76 a	9,25 a	13,34 a	12,45 a	<b>9,6295</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	1,32 a	12,60 a	10,10 a	12,28 ab	12,30 a	<b>9,7200</b>
<b>Média das colheitas</b>	<b>1,3333</b>	<b>12,1275</b>	<b>9,1758</b>	<b>11,5375</b>	<b>10,3167</b>	<b>8,8981</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 6.** Massa seca de raízes de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita



### 6.5. Massa seca de lâminas foliares

A variação da massa seca de lâminas foliares de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 7.

A massa seca de lâminas foliares, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se semelhante nas plantas submetidas aos diferentes níveis de fósforo.

A comparação de médias entre tratamentos que pode ser observada na Tabela 6 revela que os diferentes níveis de fósforo não interferiram na massa seca de lâminas foliares. O maior incremento de massa seca de lâminas foliares ocorreu entre os 20 e 40 dias após o transplante.

Esses resultados concordam com o de Lasló (1979), que verificou que a aplicação de fósforo em endro (*Anethum graveolens*) não influenciou a produção de biomassa. Da mesma forma, Zheljzkov et al.(1996) estudaram o efeito de doses crescentes de N, P e K em cultivares de *Mentha piperita* L. e verificaram que o aumento dos níveis de fertilizantes não alteraram a produção de folhas.

Os resultados do presente estudo em que os níveis de fósforo na solução nutritiva utilizada não causaram diminuição da massa seca de lâminas foliares, não tendo sido observado nenhum sinal de deficiência, permitem sugerir que o nível de fósforo mais baixo não foi deficiente para as plantas.

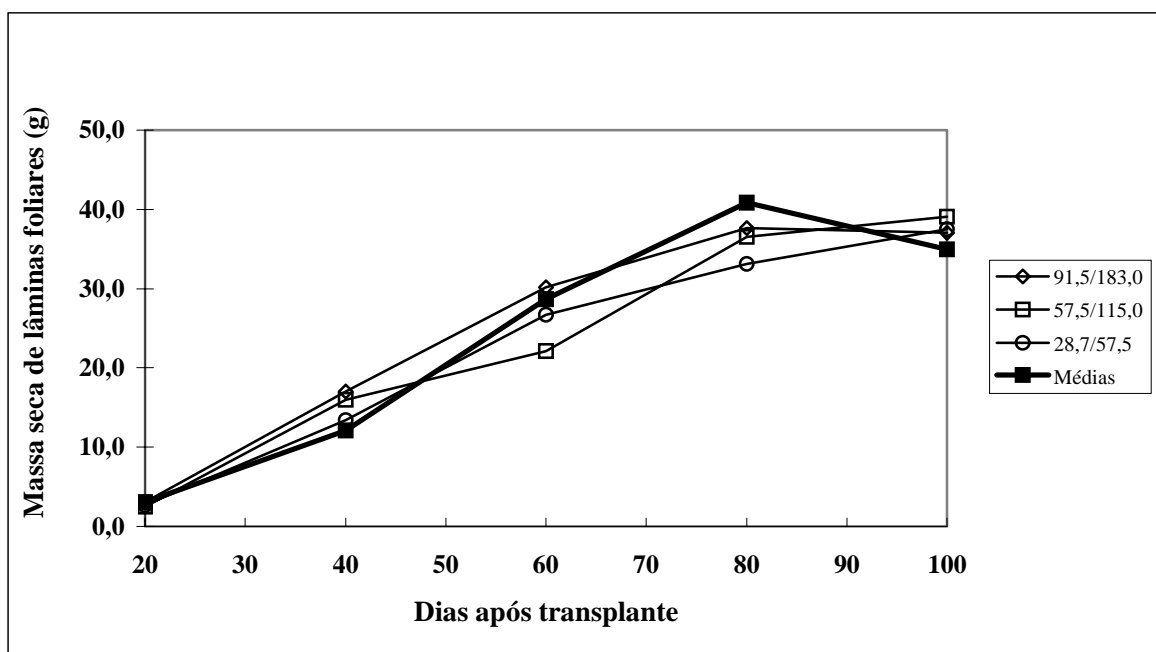
**Tabela 6.** Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de lâminas foliares, em g, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
1,5832 ns	140,3795**	1,0407 ns

ns não significativo

Comparação entre médias (Teste Tukey)						
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	3,06	17,00	30,20	37,62	37,05	<b>24,98 a</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	2,50	15,95	22,15	36,55	39,05	<b>23,24 a</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	2,66	13,40	26,67	33,12	37,50	<b>22,67 a</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>2,74</b>	<b>15,45</b>	<b>26,34</b>	<b>35,76</b>	<b>37,86</b>	<b>23,63</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 7.** Massa seca de lâminas foliares de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita.

## 6.6. Massa seca de caule mais pecíolos

A variação da massa seca de caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 8.

A massa seca de caule mais pecíolos, durante o ciclo de desenvolvimento, apresentou tendência de manter-se menor nas plantas submetidas ao menor e maior níveis de fósforo e mais elevada naquelas nutridas com o nível intermediário.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 7, revela que os diferentes níveis de fósforo não interferiram na massa seca de caule mais pecíolos. O maior incremento de massa seca de caule mais pecíolos ocorreu entre os 60 e 80 dias após o transplante.

Os resultados do presente estudo concordam com os de Leal (2001) e Valmorbida (2003) que ao cultivarem *Mentha piperita* em solução nutritiva de Hoagland & Arnon, com variações de N e K, respectivamente, obtiveram a maior massa seca de caule e pecíolos no tratamento testemunha, com os níveis desses elementos preconizados na solução completa.

Quando são comparados os resultados obtidos nesse estudo com os de Maia (1998), que observou que as plantas que receberam solução nutritiva com omissão de fósforo apresentaram hastes menores, com brotações laterais raras e pequenas, resultando em plantas menores, verifica-se uma vez mais, que o fósforo no presente estudo em seu nível mais baixo não foi deficiente.

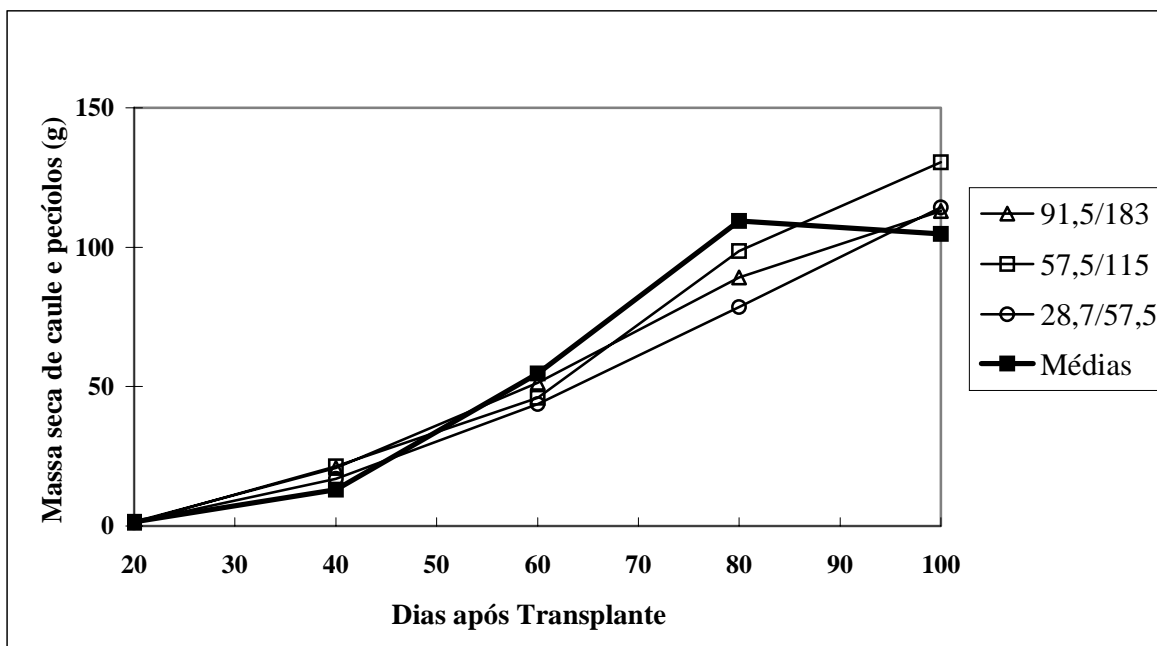
**Tabela 7.** Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de caule mais pecíolos, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

<b>Análise de variância</b>		
<b>Nível de fósforo</b>	<b>Colheita</b>	<b>Interação Colheita x Nível de P</b>
2,3030 ns	178,5341**	0,7864 ns

ns não significativo.

<b>Comparação entre médias (Teste Tukey)</b>						
<b>Nível de P (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Colheita (Dias após transplante)</b>					
	<b>1<sup>a</sup>(20)</b>	<b>2<sup>a</sup>(40)</b>	<b>3<sup>a</sup>(60)</b>	<b>4<sup>a</sup>(80)</b>	<b>5<sup>a</sup>(100)</b>	<b>Média nível de P</b>
<b>91,5 / 183,0</b>	1,4000	20,7750	51,3500	89,1250	112,9750	<b>55,1250 a</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	1,1375	21,4700	45,9000	98,5500	130,5500	<b>59,5215 a</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	1,2125	16,9000	43,8250	78,6000	114,2750	<b>50,9625 a</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>1,2500</b>	<b>19,7150</b>	<b>47,0250</b>	<b>88,7583</b>	<b>119,2667</b>	<b>95,2048</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 8.** Massa seca de caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita.

### 6.7. Massa seca de estolões

A variação da massa seca de estolões de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 9.

A massa seca de estolões, durante o ciclo de desenvolvimento, apresentou tendência de manter-se mais baixa nas plantas submetidas aos maiores níveis de fósforo e maior naquelas nutridas com o menor nível de fósforo. Tal comportamento pode ser justificado uma vez que, no menor nível de fósforo as plantas apresentavam tendência, de maneira geral, de manter menores massas de raízes, lâminas foliares e caules mais pecíolos. Houve, portanto maior distribuição de massa seca para os estolões.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 8, revela que os diferentes níveis de fósforo interferiram em média, na massa seca de estolões e as plantas nutridas com o menor nível de fósforo apresentaram a massa seca maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente.

Deve ser registrado que na 1<sup>a</sup> e na 2<sup>a</sup> colheitas não houve produção de estolões, o que ocorreu a partir da 3<sup>a</sup> colheita, aos 60 dias após o transplante.

Esses resultados concordam com os verificados por Leal (2001), que ao trabalhar com *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva, verificou o aparecimento desses estolões a partir dos 42 dias após o transplante e a maior massa seca foi observada nas plantas submetidas ao tratamento com níveis mais baixos de nitrogênio.

**Tabela 8.** Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de estolões, em g, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
4,4994*	99,9253**	2,1398 ns

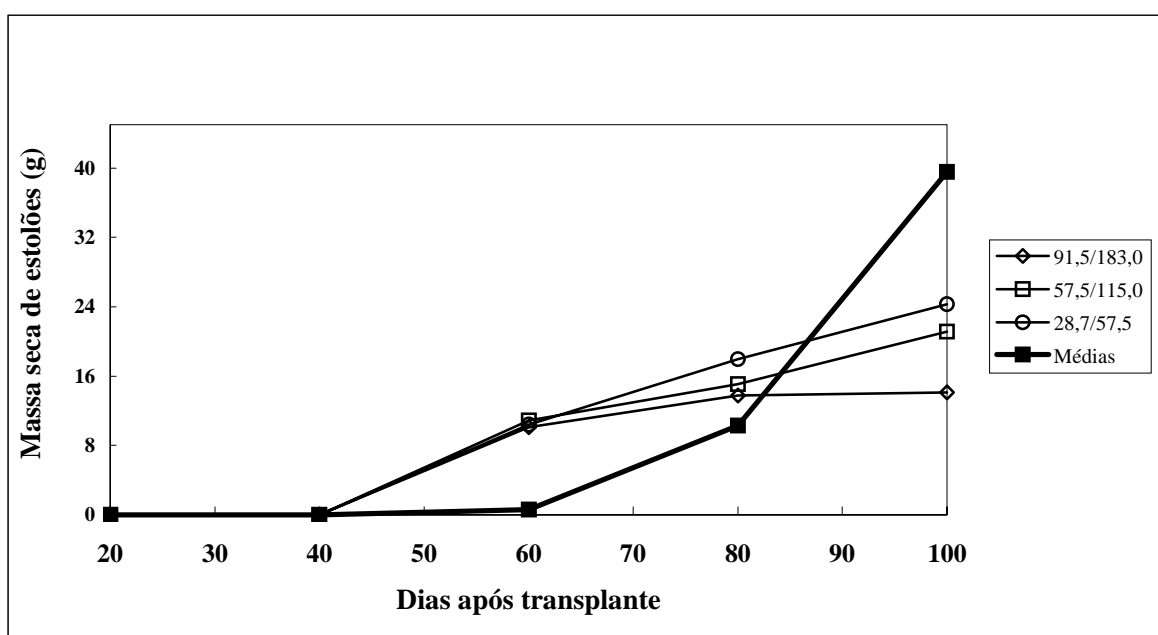
ns não significativo

#### Comparação entre médias (Teste Tukey)

Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	0,0000	0,0000	10,1000	13,7500	14,1250	<b>7,5950b</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	0,0000	0,0000	10,9000	15,0500	21,1500	<b>9,4200ab</b>
<b>28, 7 / 57,5</b>	0,0000	0,0000	10,4000	17,9750	24,2750	<b>10,5300a</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>10,4667</b>	<b>15,5917</b>	<b>19,8500</b>	<b>9,1816</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.





**Figura 9.** Massa seca de estolões de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita.

## 6.8. Massa seca total

A variação da massa seca total de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 10.

A massa seca total, durante o ciclo de desenvolvimento, apresentou tendência de manter-se mais baixa nas plantas submetidas ao nível intermediário de fósforo e mais elevada, de modo geral, naquelas nutridas com o maior nível desse elemento. No entanto, as plantas nutridas com o menor nível de fósforo, tenderam ao mesmo comportamento apresentado pelas nutridas com o maior nível desse elemento.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 9, revela que os diferentes níveis de fósforo interferiram na massa seca total, na 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> colheitas e as plantas submetidas ao maior (91,5/183 mg L<sup>-1</sup>) e menor (28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup>) nível de fósforo apresentaram maior massa seca total.

Esses resultados concordam, em parte, com os observados por Munsí (1992), que ao estudar a resposta da *Mentha arvensis* à adubação com N e P, verificou que a maior produção de massa seca foi obtida com os níveis mais elevados de N e P. O autor relaciona a elevada produção de massa seca em níveis mais elevados de fósforo a maior eficiência dos processos metabólicos e fisiológicos o que resultou em crescimento exuberante da cultura. Esse efeito também foi observado por outros autores (Hotyín, 1956 e Golez, 1963), que verificaram que níveis mais elevados de fósforo aumentaram o rendimento de massa seca.

Por outro lado, Praszna & Bernath (1993), registraram diminuição de 74,8% da massa seca em plantas de *Mentha piperita* cultivadas em solução nutritiva com deficiência de fósforo.

Deve ser registrado que, da massa seca total, no presente estudo, 11,03 % correspondem a massa seca dos estolões, 10,66 % a massa seca de raízes, 28,39 % a massa seca de lâminas foliares e 66,42 % a massa seca de caule mais pecíolo. Assim, 94,8 % da massa seca total podem estar envolvidos com produção de óleo essencial. Czepak (1995)

verificou que quanto maior a produção de massa seca, maior é a produção de óleo essencial e de mentol, importante constituinte do óleo essencial da *Mentha arvensis*.

**Tabela 9.** Análise de variância e comparação entre médias de massa seca total, em g, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

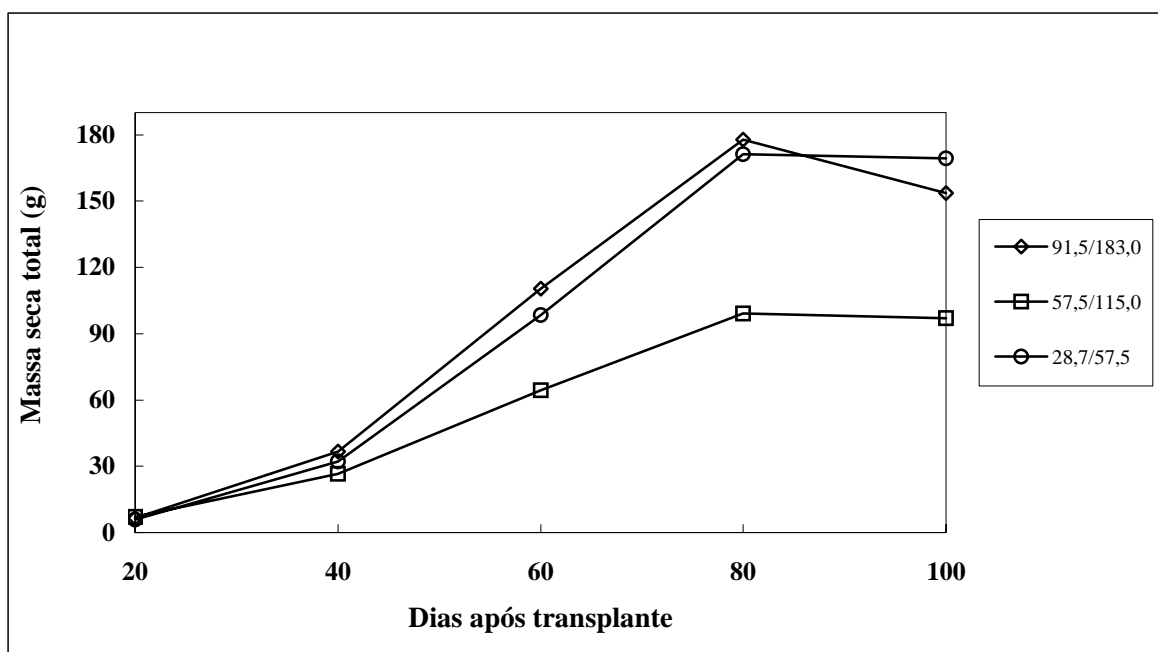
#### Análise de variância

Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
35,1958**	201,1936**	9,6933**

#### Comparação entre médias (Teste Tukey)

Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	5,6875 a	49,8000 a	99,8250 a	149,5000 a	170,3500 a	<b>95,0325</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	4,9875 a	54,8225 a	54,8225 b	59,6775 b	128,3250 b	<b>60,5270</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	5,2000 a	42,9000 a	91,0000 a	141,9750 a	188,3500 a	<b>93,8850</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>5,2917</b>	<b>49,1742</b>	<b>81,8825</b>	<b>117,0508</b>	<b>162,3417</b>	<b>87,36</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 10.** Massa seca total de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1ª colheita / após a 1ª colheita.

### 6.9. Razão de área foliar (RAF)

A variação da razão de área foliar de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 11.

O comportamento da razão de área foliar, que pode ser observado na Tabela 10, revela que as plantas submetidas a 91,5/183 mg L<sup>-1</sup> de fósforo apresentaram maior RAF, seguidas das plantas cultivadas com 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup> e 57,5/115 mg L<sup>-1</sup>.

A diminuição da RAF entre 20 e 100 dias após transplante concorda com as observações de vários autores Rodrigues, 1990; Urchel, 1992; Moreira, 1993; Ferreira, 1996; Neto, 1997; Leal, 2001 e Valmorbidia, 2003, que registraram RAF elevada no início do ciclo vegetativo, decrescendo posteriormente com a maturação das folhas, em função do direcionamento de compostos fotoassimilados para outras regiões da planta.

A RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese, sendo a relação entre a área foliar, responsável pela interceptação da energia luminosa e CO<sub>2</sub> e a massa seca total, resultado da fotossíntese (Benincasa, 1988). Enquanto a matéria seca total tende a aumentar, a área foliar tende a redução, comportamento característico para culturas de ciclos curtos (Santos, 1998).

No presente estudo, verifica-se aos 20 dias após o plantio maior RAF, resultados que concordam com Boaro (2001) que ao cultivar *Phaseolus vulgaris*, em solução nutritiva com variação nos níveis de magnésio, obteve os maiores valores para a RAF antes dos 30 dias após a emergência, sendo, portanto, a variável mais elevada no início do ciclo, época em que ocorre o desenvolvimento de folhas para maior captação de luz.

Por outro lado, Stefanini (1997), ao estudar a ação de fitorreguladores (GA<sub>3</sub>, Ethephon e CCC) no desenvolvimento de *Lippia alba*, observou a máxima RAF, nas plantas submetidas aos diferentes tratamentos na 1<sup>a</sup> colheita, com decréscimo até a 4<sup>a</sup> colheita, elevando-se a seguir, atingindo valores semelhantes aos da 1<sup>a</sup> colheita.

Castro et al. (2002), testaram fotoperíodos de 8, 12, 16 e 20 horas no

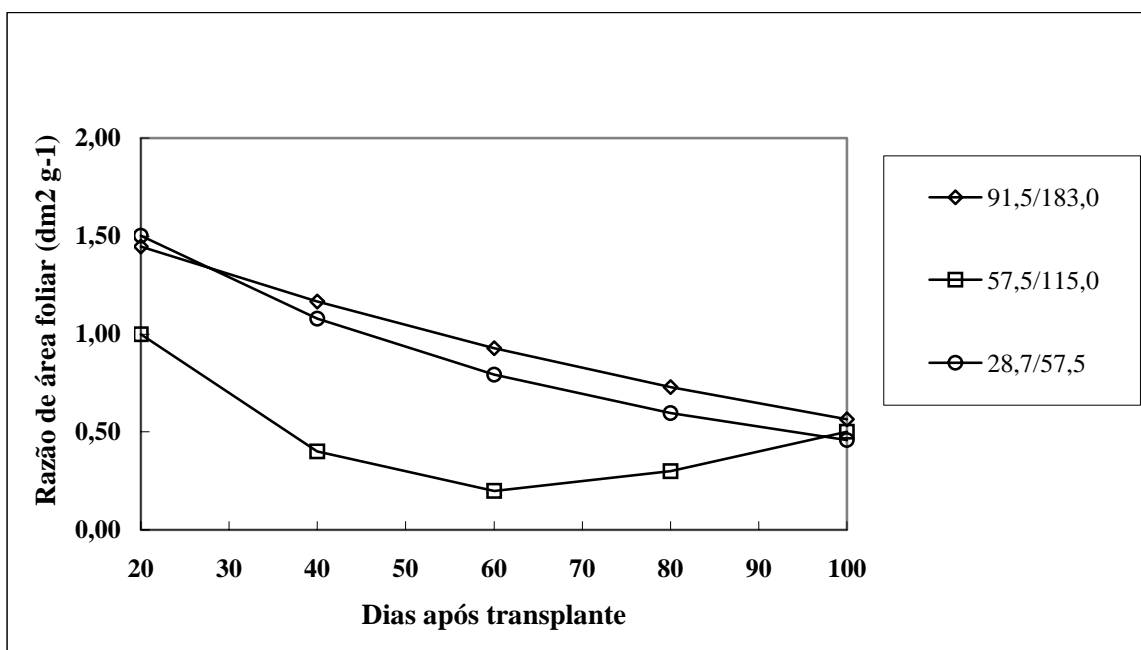
crescimento e nas características fotossintéticas de *Mikania glomerata*. Os resultados demonstraram que na medida em que houve aumento do fotoperíodo, ocorreu diminuição da RAF, o que indica que fatores ambientais também podem interferir com o comportamento desta variável.

**Tabela 10.** Razão de área foliar ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	1,4163	1,2688	1,0453	0,7920	0,5518	<b>1,0148</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	1,4058	1,5695	1,5090	1,2496	0,8912	<b>1,3250</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	1,5015	1,0773	0,7914	0,5952	0,4584	<b>0,8848</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>1,4412</b>	<b>1,3052</b>	<b>1,1152</b>	<b>0,8789</b>	<b>0,6338</b>	<b>1,0749</b>

Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.





**Figura 11.** Razão de área foliar (dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita.

## 6.9. Área foliar específica (AFE)

A variação da área foliar específica de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 12.

O comportamento da área foliar específica, que pode ser observado na Tabela 11, revela que as plantas submetidas a 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup> de fósforo apresentaram maior AFE, seguido daquelas nutridas com 57,5/115 mg L<sup>-1</sup> e com 91,5/183 mg L<sup>-1</sup> de fósforo.

De maneira geral a AFE, diminuiu da 1<sup>a</sup> para a 2<sup>a</sup> colheita, voltando a aumentar a seguir, sendo mais elevada na 5<sup>a</sup> colheita, aos 100 dias após o transplante. Esses resultados concordam com a literatura que registra que no início do desenvolvimento, os valores da AFE podem ser maiores, revelando folhas pouco espessas, com pouca matéria seca e pequena área foliar (Benincasa, 1982). Concorda também com resultados de Rodrigues (1990) que registrou que é evidente que à medida que há o desenvolvimento da área foliar, ocorre também um acúmulo de matéria seca nessa folha e como a AFE relaciona a superfície com a massa seca da folha, a tendência é a queda de seus valores logo após a 1<sup>a</sup> colheita, para estabilizar-se nas colheitas seguintes. Silva (1992) também verificou em plantas de arroz que a AFE é maior na 1<sup>a</sup> colheita.

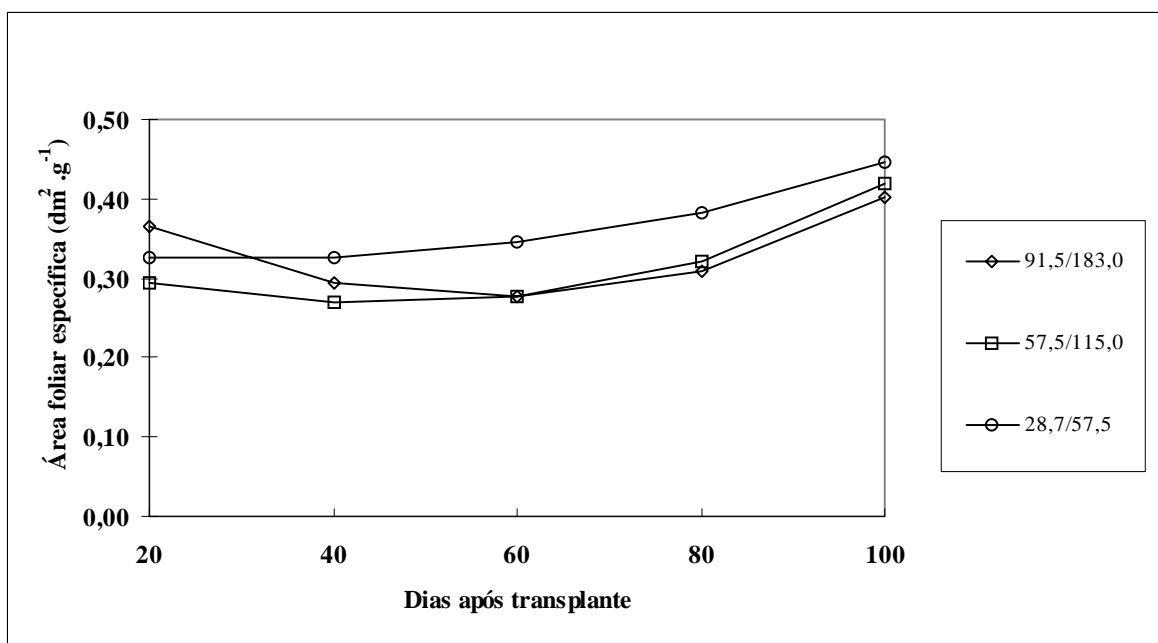
No entanto, segundo Pereira & Machado (1987), em algumas culturas os valores da AFE podem permanecer constantes ou variam pouco durante o período de crescimento vegetativo.

Boaro (1986), Boaro et al. (1996) e Ascencio & Fargas (1973), demonstraram que para a cultura do feijão, a área foliar específica manteve-se praticamente constante, durante todo o ciclo de cultivo.

**Tabela 11.** Área foliar específica ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	0,3660	0,2936	0,2772	0,3081	0,4030	<b>0,2490</b>
<b>57,5/ 115,0</b>	0,2938	0,2693	0,2775	0,3215	0,4189	<b>0,3162</b>
<b>28, 7 / 57, 5</b>	0,3247	0,3266	0,3449	0,3823	0,4449	<b>0,3647</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>0,3282</b>	<b>0,2965</b>	<b>0,8000</b>	<b>0,3373</b>	<b>0,4223</b>	<b>0,3099</b>

Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 12.** Área foliar específica ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita.

### 6.10. Taxa assimilatória líquida (TAL)

A variação da taxa assimilatória líquida de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 13 e na Tabela 12.

De modo geral, a TAL diminuiu durante o ciclo de desenvolvimento da cultura em todos os tratamentos. Esses resultados concordam com os observados por Leal, 2001; Valmorbida, 2003; Watson, 1952; Payne et al., 1991 e Milthorpe & Moorby, 1974. Os últimos ainda referem que a diminuição da taxa assimilatória líquida com a idade das plantas se deve ao sombreamento de folhas inferiores.

Segundo Watson (1952), esse índice expressa o balanço entre a fotossíntese e a respiração, sendo, portanto, mais influenciado pelas condições climáticas, do que pelo potencial genético do vegetal. A área foliar específica e a taxa assimilatória líquida são inversamente proporcionais, pois à medida que a área foliar específica aumenta, ocorre redução na taxa assimilatória líquida, devido ao efeito do auto - sombreamento. Tal fato reflete-se na taxa de crescimento relativo.

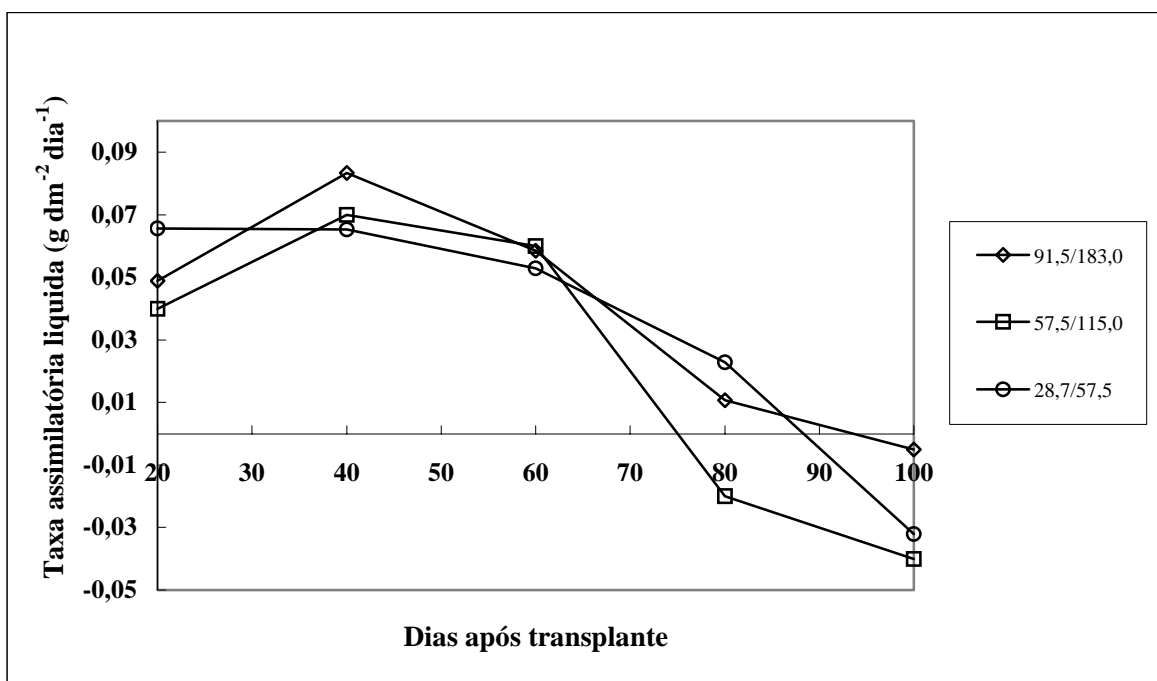
Por outro lado, Stefanini (1997) ao estudar a ação de fitorreguladores em *Lippia Alba*, verificou tendência de acréscimo da TAL, até a 2ª colheita, diminuindo até a 6ª colheita. Machado *et al.* (1982), encontraram aumento na TAL de plantas de milho, no período de 30 a 70 dias após a emergência.

Existem divergências citadas na literatura em relação ao comportamento da TAL, que segundo Rodrigues (1990), talvez possam ser justificadas pela influência de fatores climáticos, forma de condução dos experimentos e pelas variações intra-específicas da TAL.

**Tabela 12.** Taxa assimilatória líquida ( $\text{g dm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	0,0719	0,0557	0,0377	0,0104	-0,0415	<b>0,0268</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	0,0556	0,0354	0,0217	0,0081	-0,0140	<b>0,0214</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	0,0655	0,0651	0,0529	0,0228	-0,0321	<b>0,0348</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>0,0655</b>	<b>0,0653</b>	<b>0,0529</b>	<b>0,0228</b>	<b>-0,0321</b>	<b>0,0277</b>

Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 13.** Taxa assimilatória líquida ( $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

### 6.11. Taxa de crescimento relativo (TCR)

A variação da taxa de crescimento relativo de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 14.

Os maiores valores para TCR, observados na Tabela 13, foram verificados na primeira colheita, com decréscimo nas colheitas seguintes nas plantas submetidas aos diferentes níveis de fósforo. Esses resultados também foram encontrados por Valmorbida (2003), que estudou *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de potássio.

Os resultados obtidos no presente estudo também estão de acordo com aqueles observados por Stefanini (1997), que ao estudar a ação dos reguladores vegetais (GA<sub>3</sub>, CCC e Ethephon) em *Lippia Alba*, obteve comportamento semelhante da TCR para as plantas submetidas ao tratamento testemunha. Leal (2001), também observou esse comportamento para a TCR ao estudar *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio.

Milthorpe & Moorby (1974), em trabalho de revisão sobre análise de crescimento de plantas, submetidas a condições usuais, relataram que durante a ontogenia de uma cultura há um primeiro período com taxas de crescimento aceleradas, seguido de outro em que as taxas são mais ou menos constantes e de um terceiro, com declínio desse índice. Neste último período, o crescimento se torna negativo.

Por outro lado, Boaro (2001), verificou comportamento diferente da TCR quando cultivou *Phaseolus vulgaris* em solução nutritiva em condições de deficiência de magnésio, atribuindo esse comportamento ao atraso no desenvolvimento, inclusive com queda prematura de folhas, condição que provavelmente interferiu com a área foliar e com a taxa assimilatória líquida.

Briggs et al. (1920) e Watson (1952) conceituam a TCR como um índice de eficiência, já que representa a capacidade da planta produzir material novo, assim,

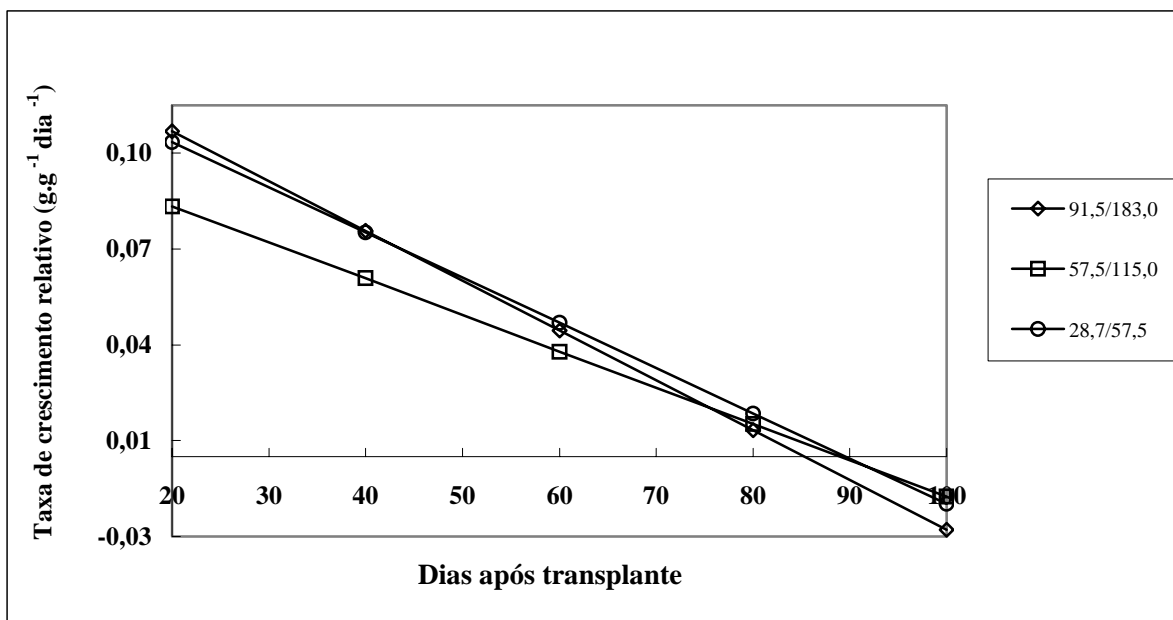


trata-se da medida mais apropriada para avaliação do crescimento vegetal, sendo dependente da quantidade de material que já está sendo acumulado. Segundo Benincasa (1988), a TCR reflete o aumento da matéria orgânica seca, em gramas, de uma planta ou de qualquer órgão da mesma, em um intervalo de tempo, sendo função do tamanho do material pré-existente. Benincasa (1988) também registrou que nem sempre se verificam diferenças tão evidentes entre tratamentos e, em alguns casos, não se consegue mesmo detectar causas de diferenças de produção pela análise de crescimento.

**Tabela 13.** Taxa de crescimento relativo ( $\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	0,1019	0,0706	0,0394	0,0082	-0,0229	<b>0,0394</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	0,0782	0,0558	0,0328	0,0102	-0,0124	<b>0,0032</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	0,0984	0,0701	0,0418	0,0135	-0,0147	<b>0,0418</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>0,0928</b>	<b>0,0655</b>	<b>0,0380</b>	<b>0,0010</b>	<b>-0,0167</b>	<b>0,0381</b>

Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 14.** Taxa de crescimento relativo ( $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

## 6.12. Razão de massa foliar (RMF)

A variação da razão de massa foliar de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 15 e Tabela 14.

As plantas submetidas ao nível de fósforo igual a 57,5/115,0 mg L<sup>-1</sup> apresentaram na 4<sup>a</sup> colheita, 80 dias após o transplante aumento acentuado da RMF. Tal comportamento deve ter ocorrido devido à emissão constante de ramos laterais, o que aumentaria a RMF, que também pode ter sido influenciada pelas condições ambientais. As plantas submetidas aos dois outros tratamentos apresentaram comportamento semelhante.

Houve uma tendência à redução da RMF durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, até a 3<sup>a</sup> colheita, exceto nas folhas nutridas com o nível intermediário de fósforo. Esse comportamento também foi verificado por Stefanini (1997), que atribuiu o resultado a um possível aumento de folhas e de seu maior desenvolvimento anatômico, incrementando sua massa no início do ciclo, uma vez que a RMF reflete a relação entre o aparelho fotossintético e a massa seca total da planta. Benincasa (1988), relata que à medida que a planta cresce, menor é a fração de material retido na folha, assim a RMF decresce, havendo maior direcionamento de assimilados das folhas para os demais órgãos da planta.

Moraes (1986), referiu concordando com Benincasa (1988) a RMF como sendo a relação entre a massa seca retida nas folhas e a massa seca acumulada na planta toda. A RMF indica a partição de fotoassimilados entre o crescimento das folhas e de outras partes da planta (Radford, 1967). Este comportamento da RMF é basicamente fisiológico, expressando a fração de massa seca não exportada das folhas ao resto da planta (Benincasa, 1988).

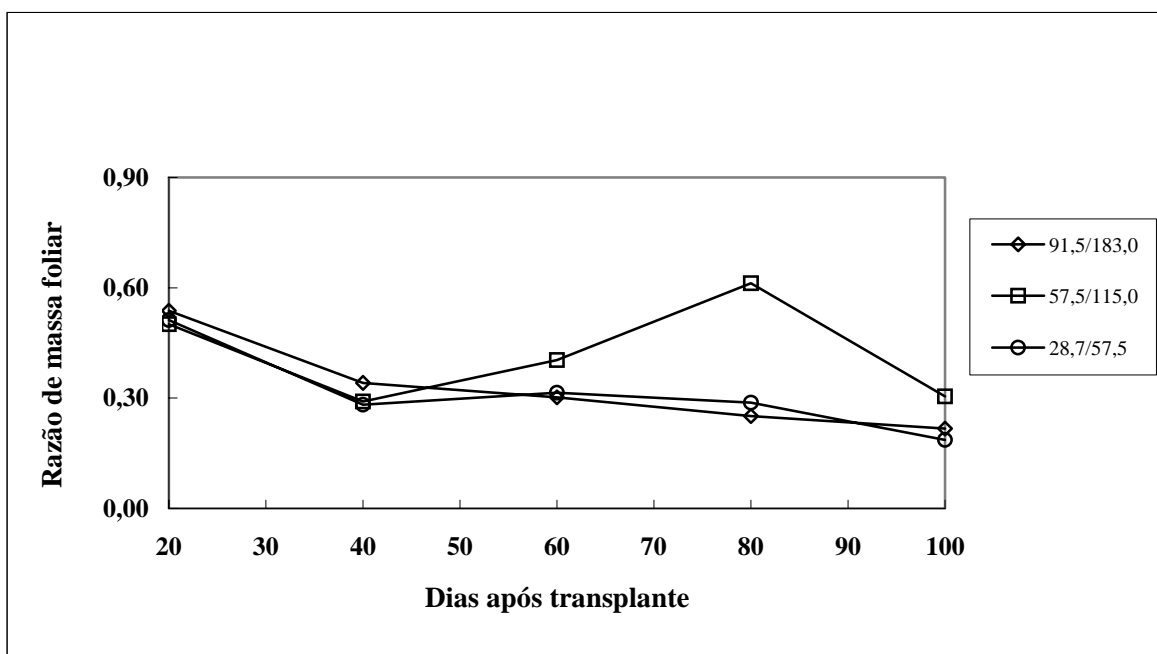
Lugg & Sinclair (1980) demonstraram que a RMF decresce nas fases de aumento da área foliar, ou seja, na fase de desenvolvimento vegetativo. Assim, os resultados obtidos para a RMF no presente estudo, concordam com os relatados na literatura.

Deve ser registrado ainda que, devido à inexistência de literatura sobre a RMF de plantas medicinais submetidas a variações ambientais, os resultados do presente estudo não podem ser completamente comparados com os de outros autores.

**Tabela 14.** Razão de massa foliar de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	0,5380	0,3414	0,3025	0,2517	0,2175	<b>0,3302</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	0,5013	0,2909	0,4040	0,6125	0,3043	<b>0,4226</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	0,5120	0,2816	0,3151	0,2877	0,1855	<b>0,3164</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>0,5171</b>	<b>0,3046</b>	<b>0,3405</b>	<b>0,3840</b>	<b>0,2358</b>	<b>0,3564</b>

Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 15.** Razão de massa foliar de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

### 6.13. Distribuição de massa seca para raízes

A variação da distribuição de massa seca para raízes de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 16 e na Tabela 15.

De modo geral, verifica-se tendência de decréscimo da distribuição da massa seca de raízes ao longo do ciclo, exceção feita ao tratamento 57,5/115,0 mg L<sup>-1</sup> de fósforo, na 4<sup>a</sup> colheita, aos 80 dias após o transplante em que houve acentuada tendência de aumento da massa seca para as raízes.

Segundo Benincasa (1988), a distribuição de matéria seca nos diferentes órgãos de interesse é calculado em porcentagem de matéria seca de cada órgão em relação a matéria seca total, ao longo do ciclo ou nas fases de maior interesse. Essa variável permite inferir a translocação orgânica.

Deve ser ressaltado que, a inexistência de trabalhos a respeito da distribuição de massa seca para raízes em plantas medicinais dificulta a comparação dos resultados obtidos no presente estudo.

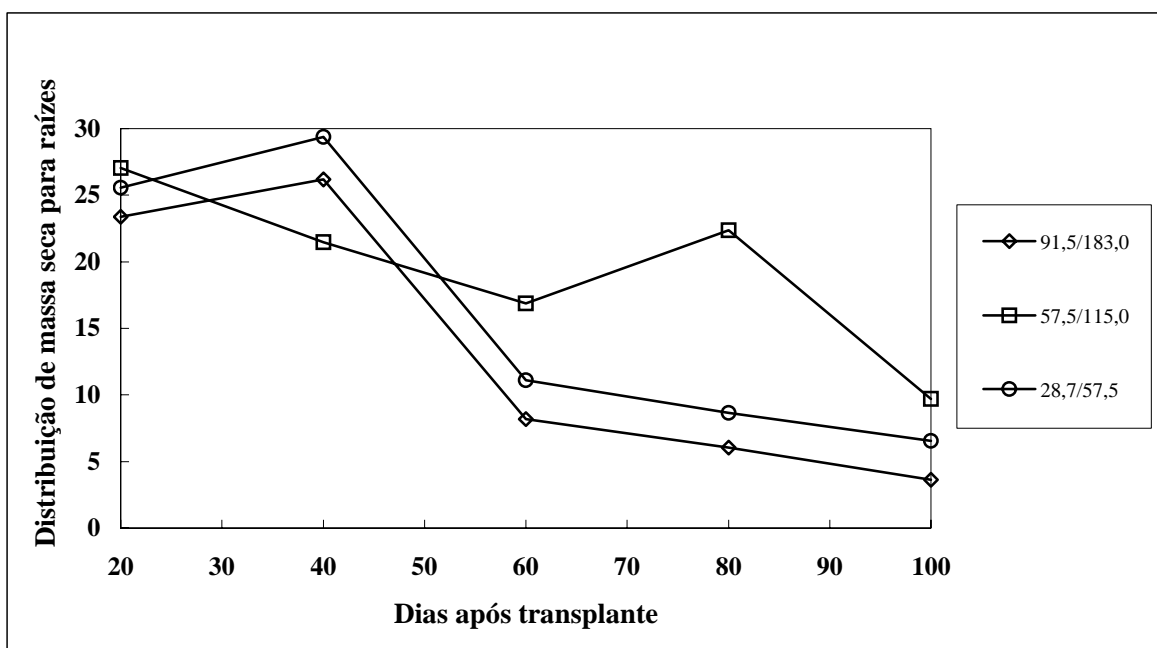


**Tabela 15.** Distribuição de massa seca para raízes de *Mentha piperita* L cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	23,3740	26,1640	8,1930	6,0200	3,6790	<b>13,4780</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	27,0540	21,4520	16,8730	22,3520	9,7010	<b>19,4964</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	25,5760	29,3700	11,0980	8,6490	6,5300	<b>16,2446</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>25,3347</b>	<b>25,6620</b>	<b>12,0547</b>	<b>12,3403</b>	<b>6,6233</b>	<b>16,4030</b>

<sup>1</sup>Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>.

<sup>2</sup>Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 16.** Distribuição de massa seca para raízes de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

#### 6.14. Distribuição de massa seca para estolões

A variação da distribuição de massa seca para estolões de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 16 e na Tabela 15.

De modo geral, verifica-se tendência de aumento da distribuição de massa seca para estolões, até a 4<sup>a</sup> colheita, aos 80 dias após o transplante, mantendo-se constante a seguir, com exceção do tratamento com 57,5/115 mg L<sup>-1</sup> de fósforo, que após a 4<sup>a</sup> colheita apresenta queda acentuada. Na 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> colheitas não houve produção desses estolões, que se formaram a partir da terceira colheita, aos 60 dias após o transplante.

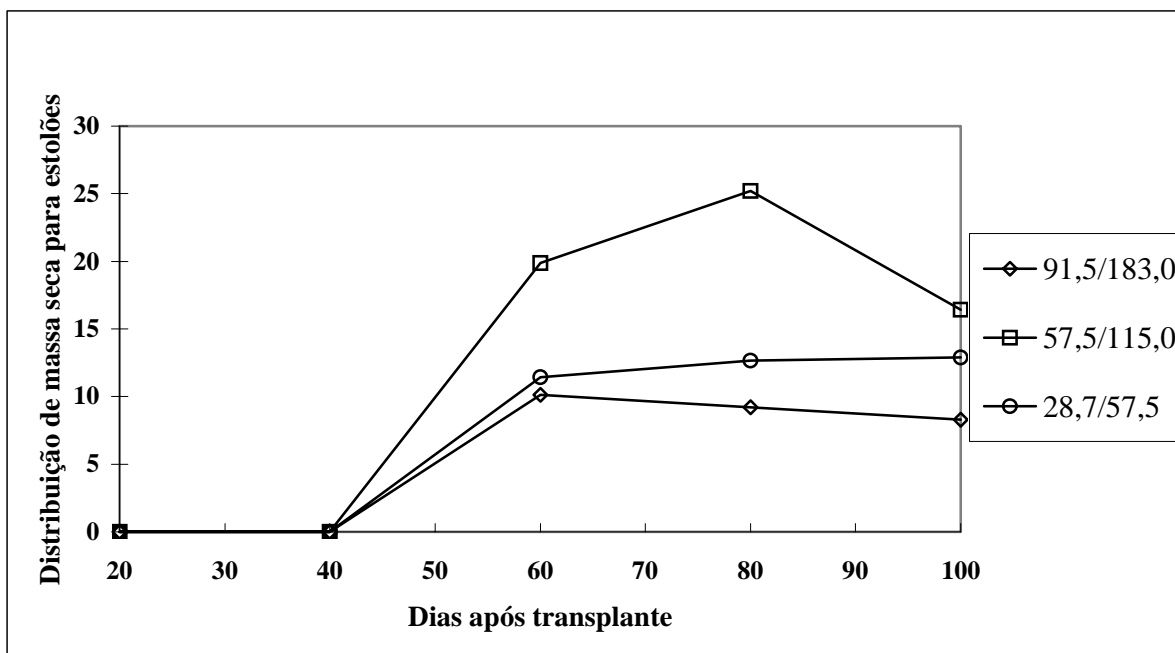
Deve ser ressaltado que, a inexistência de trabalhos a respeito da distribuição de massa seca para estolões em plantas medicinais dificulta a comparação dos resultados obtidos no presente estudo.

**Tabela 16.** Distribuição de massa seca para estolões de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	0,0000	0,0000	10,1170	9,1970	8,2946	<b>5,5217</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	0,0000	0,0000	19,8830	25,2170	16,4030	<b>12,3006</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	0,0000	0,0000	11,4280	12,6630	12,8900	<b>7,3962</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>13,8093</b>	<b>15,6923</b>	<b>12,5292</b>	<b>8,4062</b>

<sup>1</sup>Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>.

<sup>2</sup>Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 17.** Distribuição de massa seca para estolões de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

### **6.15. Distribuição de massa seca para caule mais pecíolos**

A variação da distribuição de massa seca para caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 18 e na Tabela 17.

De modo geral, verifica-se tendência de acréscimo da distribuição da massa seca para caule mais pecíolos até a 4<sup>a</sup> colheita, aos 80 dias após o transplante, seguida de uma acentuada queda na 5<sup>a</sup> colheita, 100 dias após o transplante, nas plantas nutridas com 57,5/115,0 mg L<sup>-1</sup> de fósforo, que apresentaram ao longo do ciclo maior distribuição de massa seca para caule e pecíolos.

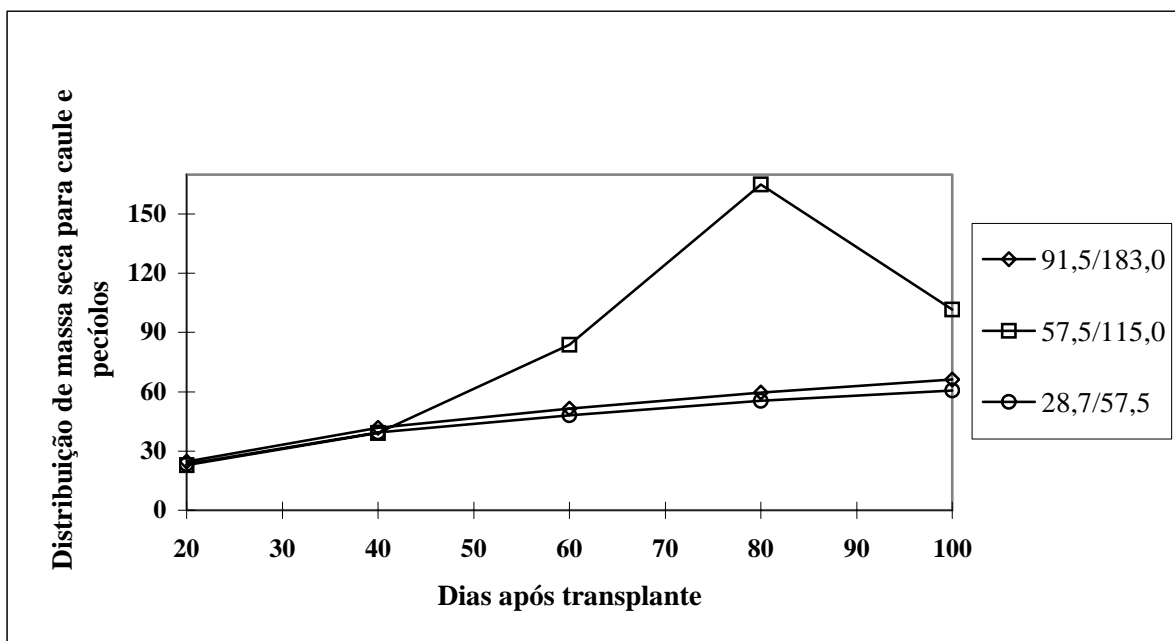
A inexistência de trabalhos a respeito da distribuição de massa seca para caule mais pecíolos em plantas medicinais dificulta a comparação dos resultados obtidos no presente estudo.

**Tabela 17.** Distribuição de massa seca de caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	24,6040	41,7260	51,4370	59,6180	66,3220	<b>48,7414</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	22,8910	39,1640	83,7280	165,1300	101,7290	<b>82,5284</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	23,2690	39,3939	48,1593	55,3599	60,6716	<b>45,3707</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>23,5880</b>	<b>40,0946</b>	<b>61,1081</b>	<b>93,3693</b>	<b>76,2409</b>	<b>58,8802</b>

<sup>1</sup>Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>.

<sup>2</sup>Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 18.** Distribuição de massa seca para caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita



### 6.16. Distribuição de massa seca para lâminas foliares

A variação da distribuição de massa seca para lâminas foliares de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 19 e na Tabela 17.

De modo geral, verifica-se tendência de decréscimo da distribuição da massa seca para lâminas foliares ao longo do ciclo, exceção feita ao tratamento 57,5/115,0 mg L<sup>-1</sup> de fósforo, na 4<sup>a</sup> colheita, aos 80 dias após o transplante, em que houve acentuada tendência de aumento da massa seca para as lâminas foliares, diminuindo a seguir.

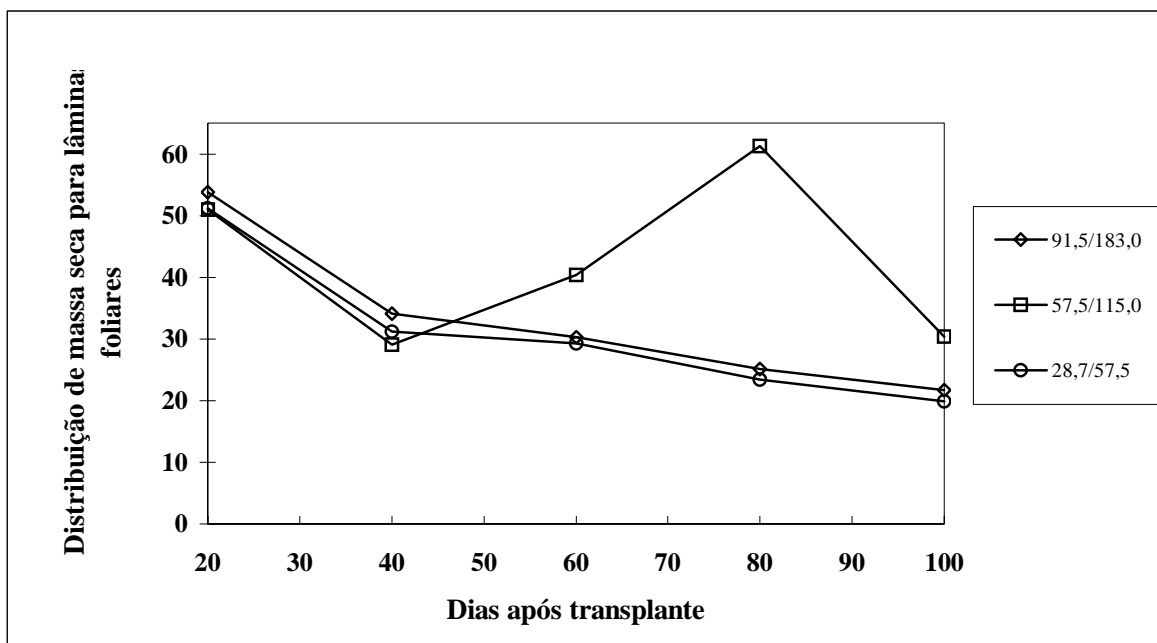
A inexistência de trabalhos sobre a distribuição de massa seca para lâminas foliares em plantas medicinais dificulta a comparação dos resultados obtidos no presente estudo.

**Tabela 18.** Distribuição de massa seca de lâminas foliares de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)					Média nível de P
	1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)	
<b>91,5 / 183,0</b>	53,7700	34,1300	30,2500	25,1700	21,7500	<b>33,0140</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	51,0200	29,0900	40,4000	61,2400	30,4200	<b>42,4340</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	51,1500	31,2300	29,3100	23,4500	19,900	<b>31,0080</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>51,9800</b>	<b>31,4833</b>	<b>33,3200</b>	<b>36,6200</b>	<b>24,02</b>	<b>35,4853</b>

<sup>1</sup>Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>.

<sup>2</sup>Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 19.** Distribuição de massa seca para lâminas foliares de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

## 6.16. Produção de óleo essencial

A variação da produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 20 e na tabela 19.

As plantas submetidas ao menor nível de fósforo, igual a 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup> apresentaram tendência de maior volume de óleo essencial na 1<sup>a</sup> colheita, 60 dias após o transplante, diminuindo a seguir. Pode-se observar a mesma tendência de maior volume de óleo essencial na 1<sup>a</sup> colheita, aos 60 dias após o plantio, nas plantas cultivadas com 57,5/115,0 e 98,5/183,0 mg L<sup>-1</sup> de fósforo. De maneira geral, as plantas nutridas com 98,5/183,0 mg L<sup>-1</sup> de fósforo apresentaram tendência de menor produção de óleo. Esses resultados discordam em parte com os de Praszna & Bernáth (1993) que ao estudarem a correlação entre nível limite da nutrição e produção de óleo essencial de hortelã pimenta, verificaram que plantas com deficiência em fósforo apresentaram diminuição no conteúdo de óleo essencial.

Czepak (1995) verificou maior produção de óleo por ano em *Mentha arvensis* na 1<sup>a</sup> colheita, aos 60 dias após o corte de uniformização, concordando com os resultados do presente estudo, onde a tendência de maior produção de óleo essencial foi encontrada na 1<sup>a</sup> colheita, aos 60 dias após o transplante.

Piccaglia et al.(1993) ao avaliarem a influência de fatores agronômicos sobre o rendimento e a composição de óleo essencial em hortelã pimenta, não verificou efeito da adubação com fósforo no rendimento e na composição do óleo essencial, resultados concordantes com o do presente estudo.

No entanto, Zheljzkov & Margina (1996) ao estudarem o efeito da aplicação de fertilizantes (N, P e K) em doses crescentes em plantas de menta, verificaram que o aumento dos níveis de fertilizantes eleva o conteúdo de óleo essencial nas plantas.

Quando se compara o rendimento médio de óleo essencial de 1,01 mL 100 g<sup>-1</sup> MS, observado nas plantas submetidas ao tratamento intermediário com nível de fósforo igual a

57,5/115 mg L<sup>-1</sup>, com o obtido por Leal (2001) que cultivou *Mentha piperita* L., em condições semelhantes ao presente estudo, verifica-se que o rendimento médio encontrado pelo autor foi superior e igual a 1,54 mL 100 g<sup>-1</sup> MS. Tais resultados sugerem que outros fatores, além da nutrição, estão envolvidos na produção de óleo essencial, entre os quais a época de cultivo e o estresse devido a ataque de pragas.

Munsi (1992), ao avaliar a influência do N e do P no desenvolvimento de menta japonesa, observou que seu conteúdo de óleo essencial aumentou com o aumento dos níveis dos nutrientes. O autor atribui o fato ao aumento da disponibilidade de assimilados para a síntese do óleo essencial. O aumento dos níveis de N e P resultaram em aumento linear de rendimento de óleo, devido ao provável papel desempenhado pelos elementos essenciais nos processos metabólicos.

Guenter (1948) relatou que o precursor do óleo essencial pode ter origem na degradação de carboidratos e proteínas.

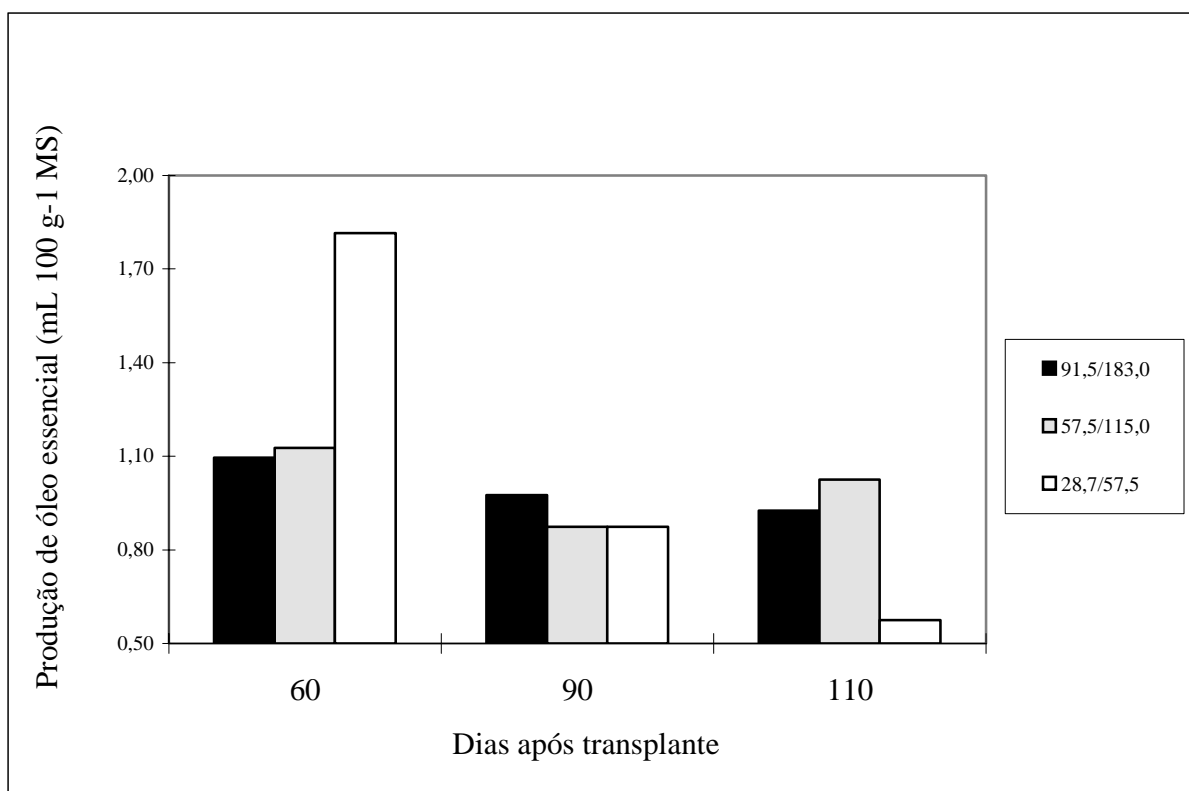
**Tabela 19.** Análise de variância e comparação entre médias de produção de óleo essencial (mL 100 g<sup>-1</sup> MS), de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
0,1229 ns	3,8198*	1,8442 ns

ns não significativo.

Comparação entre médias (Teste Tukey)				
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)			
	1 <sup>a</sup> (60)	2 <sup>a</sup> (90)	3 <sup>a</sup> (110)	Média nível de P
<b>91,5 / 183,0</b>	1,10	0,98	0,93	<b>0,99 a</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	1,13	0,88	1,03	<b>1,00 a</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	1,82	0,88	0,58	<b>1,08 a</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>1,34</b>	<b>0,90</b>	<b>0,84</b>	<b>1,02</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 20.** Produção de óleo essencial (mL 100 g<sup>-1</sup> MS) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

### 6.16. Composição do óleo essencial

Treze componentes, entre os quais os cinco principais, mentofurano, mentol, mentona, pulegona e acetato de mentila foram identificados no óleo essencial da *Mentha piperita* L. cultivada com variação dos níveis de fósforo na solução nutritiva. Na Tabela 19 a composição química do óleo essencial e suas referidas porcentagens podem ser observadas.

Rech et al. (2000), estudaram *Mentha piperita* “Italo-Mitcham” cultivada no Rio Grande do Sul e identificaram 32 componentes no óleo essencial. Maia (1998), cultivou *Mentha arvensis* e verificou a presença de mais de 60 componentes no óleo essencial. Leal (2001), cultivou *Mentha piperita* em Botucatu-SP e identificou 27 componentes em seu óleo essencial. Valmorbida (2003), identificou apenas 10 componentes no óleo essencial de *Mentha piperita*, também desenvolvida em Botucatu-SP.

As substâncias identificadas e citadas na literatura são variáveis e é provável que plantas desenvolvidas em diferentes condições ou diferentes épocas contenham óleos com características diferentes.

No entanto, os principais componentes do óleo encontrados, no presente estudo estão de acordo com os verificados por Maia (1998), Leal (2001) e Valmorbida (2003). As diferenças nos estudos se referem às quantidades e aos teores verificados, o que confirma os comentários anteriores.

Os resultados do presente estudo revelam ainda maior teor de mentofurano no óleo, o que discorda da literatura que refere o mentol como o componente mais abundante. É provável que, no presente estudo tenha ocorrido privilégio na formação de mentofurano devido às condições em que as plantas foram cultivadas. Grahle & Holtzel (1963), registram que a biossíntese desses monoterpenos pode ser afetada pelo fotoperíodo e assim, dias curtos podem ser responsáveis pelo elevado conteúdo de mentofurano.

Piccaglia et al. (1993), ao avaliarem a influência de fatores



agronômicos sobre o rendimento e a composição de óleo essencial em hortelã pimenta, verificaram que plantas com dois anos apresentaram maior teor de mentofurano e  $\beta$ -cariofileno. O óleo do 2º corte, quando comparado com o do 1º mostrou evidente mudança na composição, com incremento de acetato de mentila, que variou de 3,5% para 15,2% e de mentofurano que variou de 5,8% para 21,3%. Houve diminuição da mentona de 24,7 para 4,7% e da pulegona de 1,5 para 0,5%. O decréscimo de mentol e o aumento da concentração de mentofurano em menta de dois anos, também foi registrado por MAFFEI (1988).

Grahle & Holtzel (1963) registraram que na rota metabólica dos óleos essenciais, a pulegona pode formar a mentona, que por sua vez pode formar o mentol que pode formar o acetato de mentila. No entanto, a pulegona pode também formar mentofurano. Deve ser registrado que tal afirmativa indica que as condições a que foram submetidas as plantas durante o seu cultivo, podem alterar a rota metabólica com a formação de um ou de outro componente do óleo, desejável ou não.

**Tabela 20.** Composição de óleo essencial (%), de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Média das três colheitas.

Componente (%)	Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )			Média (%)
	91,5/183	57,5/115	28,7/57,5	
α-pineno	0,33	0,35	0,09	0,26
β-pineno	0,57	0,60	0,46	0,54
mirreno	0,05	0,00	0,10	0,05
α-limoneno	1,18	1,33	1,20	1,23
1,8,cineol	6,21	3,46	4,80	4,82
terpinoleno	0,10	0,24	0,55	0,30
mentona	9,33	7,03	6,30	7,55
mentofurano	36,89	37,11	27,57	33,86
mentol	22,54	21,75	24,75	23,01
isomentol	0,56	0,34	0,41	0,44
pulegona	4,43	5,71	6,83	5,66
acetato de mentila	16,18	15,12	18,74	16,68

### 6.17. Teor de mentol

A variação do teor de mentol de *Mentha piperita* L. submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 21.

O teor de mentol no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se, de maneira geral, mais elevado nas plantas submetidas ao menor nível de fósforo igual a 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup>.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 21, revela que não diferiram os teores de mentol das plantas submetidas aos diferentes níveis de fósforo, resultados discordantes daqueles de Valmorbidia (2003) que cultivou *Mentha piperita*.L., com variação dos níveis de potássio e verificou maior teor de mentol nas plantas cultivadas com o nível de potássio, igual a 29,25/58,50 mg L<sup>-1</sup>..

No presente estudo nas várias colheitas realizadas aos 60, 90 e 110 dias após o plantio, não ocorrerem diferenças nos teores de mentol das plantas submetidas aos diferentes tratamentos. Esses resultados concordam com os obtidos por Cezepak (1995), que registrou não haver diferença no teor de mentol em *Mentha arvensis* IAC-701 entre as colheitas realizadas aos 60, 70, 80, no florescimento, 90, 100 e 120 dias após o plantio.

Chiris (1925) observou que no início do florescimento o rendimento de mentol é mais elevado, diminuindo a seguir devido a mudanças na fração de terpenos.

Deve ser ressaltado que, no presente estudo, as plantas de *Mentha piperita* cultivadas em diferentes níveis de fósforo não floresceram.

Munsi (1992) registrou o máximo teor de mentol com combinações de N e P nas concentrações iguais a 100 e 60 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, condição em que se observou maior rendimento de óleo essencial. O autor atribui o fato às condições favoráveis devido a suplemento adequado de nutrientes.

Jeliazkova et al ao estudarem a influência do N, P e K em cultivares de hortelã pimenta, verificaram que o aumento dos nutrientes elevou o conteúdo de mentol no óleo da cultivar Zefir.

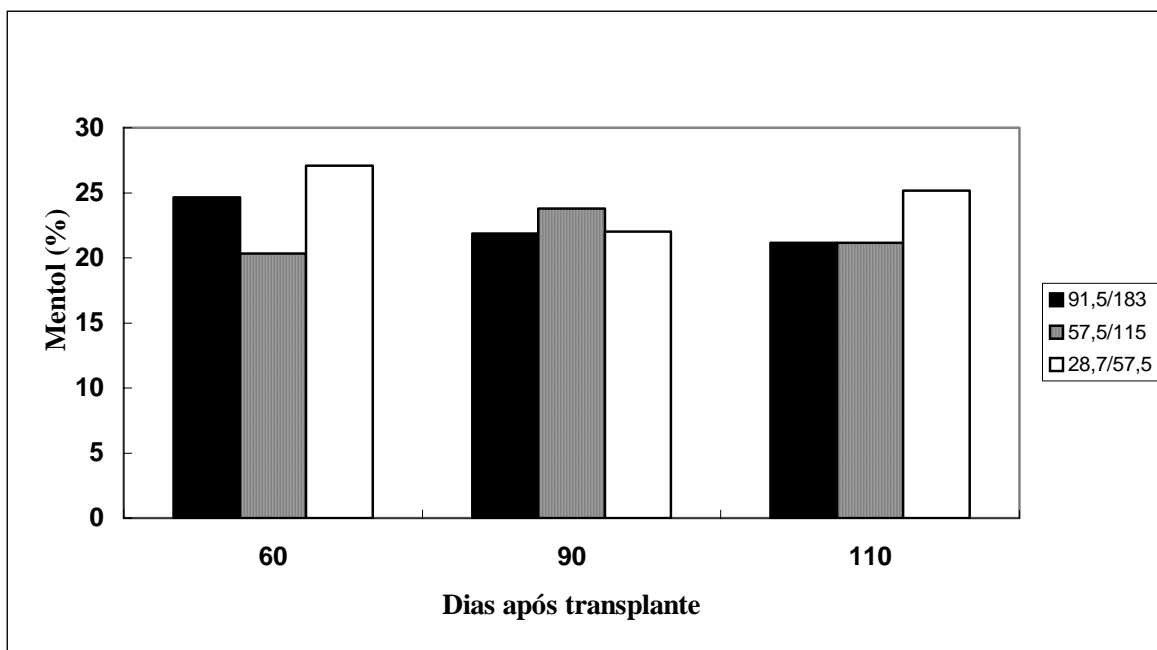
**Tabela 21.** Análise de variância e comparação entre médias de mentol (%) no óleo essencial, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
1,9062 ns	0,5921 ns	1,4259 ns

ns não significativo

Comparação entre médias (Teste Tukey)				
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)			
	1 <sup>a</sup> (60)	2 <sup>a</sup> (90)	3 <sup>a</sup> (110)	Média nível de P
<b>91,5 / 183,0</b>	24,62	21,88	21,12	<b>22,54a</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	20,35	22,01	21,87	<b>21,75a</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	27,06	22,01	25,16	<b>24,75a</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>24,01</b>	<b>22,55</b>	<b>22,47</b>	<b>23,01</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 21.** Teor de mentol (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

### 6.19. Teor de mentona

A variação do teor de mentona de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 22.

O teor de mentona no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais baixo nas plantas submetidas ao menor nível de fósforo e mais elevado naquelas cultivadas com o maior nível desse nutriente.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 22, revela que houve diferença no teor de mentona somente na primeira colheita, aos 60 dias após o transplante e as plantas nutridas com 51,5/115,0 e 91,5/183 mg L<sup>-1</sup> de fósforo, apresentaram maiores teores, que não diferiram entre si. O teor de mentona nas plantas cultivadas em todos os tratamentos diminuiu ao longo do ciclo da cultura.

Esses resultados concordam com os de Lima & Mollan (1952), que verificaram que os teores de mentona diminuem de maneira constante à medida que a planta amadurece.

Croteau et al.(2000) registraram que na rota metabólica, a pulegona pode formar mentona e/ou isomentona. A mentona forma o neomentol e o mentol, que forma o acetato de mentila. Assim, no presente estudo a diminuição dos teores de mentona pode ter levado ao aumento do teor de mentol.

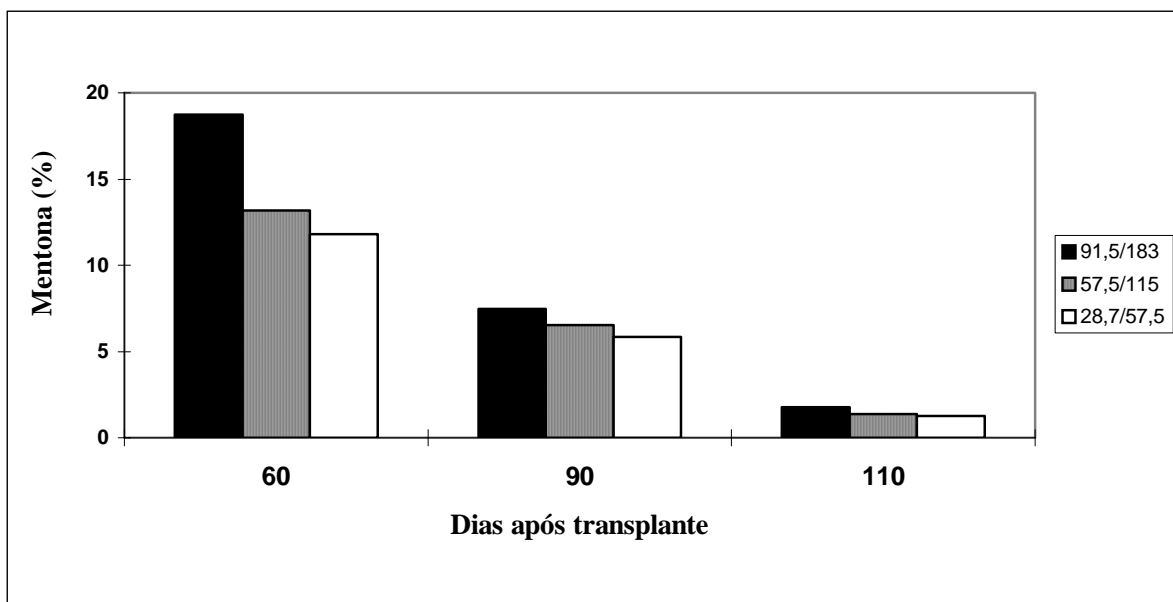
**Tabela 22.** Análise de variância e comparação entre médias de mentona (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
6,6938**	249,5784**	3,2628*

Comparação entre médias (Teste Tukey)				
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)			
	1 <sup>a</sup> (60)	2 <sup>a</sup> (90)	3 <sup>a</sup> (110)	Média nível de P
91,5 / 183,0	18,74a	7,46a	1,78a	9,33
57,5 / 115,0	13,19b	6,53a	1,37a	7,03
28,7 / 57,5	15,73b	5,83a	1,27a	7,61
Média de colheitas	15,90	6,61	1,47	23,44

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.





**Figura 22.** Teor de mentona (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

## 6.20. Teor de mentofurano

A variação do teor de mentofurano de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 23.

O teor de mentofurano no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se, de maneira geral, mais elevado nas plantas submetidas a 91,5/183 e 57,5/115,0 mg L<sup>-1</sup> e menor nas plantas cultivadas com 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup> de fósforo.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 23, revela que as plantas submetidas aos maiores níveis de fósforo apresentaram maiores teores de mentofurano.

O elevado teor de mentofurano nas plantas, no presente estudo, talvez possa ser atribuído às elevadas temperaturas e dias mais curtos durante o período de condução do experimento.

Grahle & Holtzel (1963) registram que a biossíntese dos monoterpenos é afetada pelo fotoperíodo e assim, dias curtos podem ser responsáveis pelo elevado conteúdo de mentofurano. Piccaglia et al. (1993) ao avaliarem a influência de fatores agronômicos sobre o rendimento e a composição de óleo essencial em hortelã pimenta, verificaram que plantas com dois anos apresentaram maior teor de mentofurano e  $\beta$ -cariofileno. O óleo do 2<sup>o</sup> corte, quando comparado com o do 1<sup>o</sup> mostrou evidente mudança na composição, com incremento de acetato de mentila, que variou de 3,5 para 15,2% e de mentofurano que variou de 5,8 para 21,3%. Houve diminuição da mentona de 24,7 para 4,7% e da pulegona de 1,5 para 0,5%. O decréscimo de mentol e o aumento da concentração de mentofurano em menta de dois anos, também foram registrados por MAFFEI (1988).

Grahle & Holtzel (1963) registraram que na rota metabólica dos óleos essenciais, a pulegona pode formar a mentona, que por sua vez pode formar o mentol, que pode formar o acetato de mentila. No entanto, a pulegona pode também formar mentofurano.

Deve ser registrado que tal afirmativa indica que as condições a que foram submetidas as plantas durante o seu cultivo, podem alterar a rota metabólica com a formação de um ou de outro componente desejável ou não.

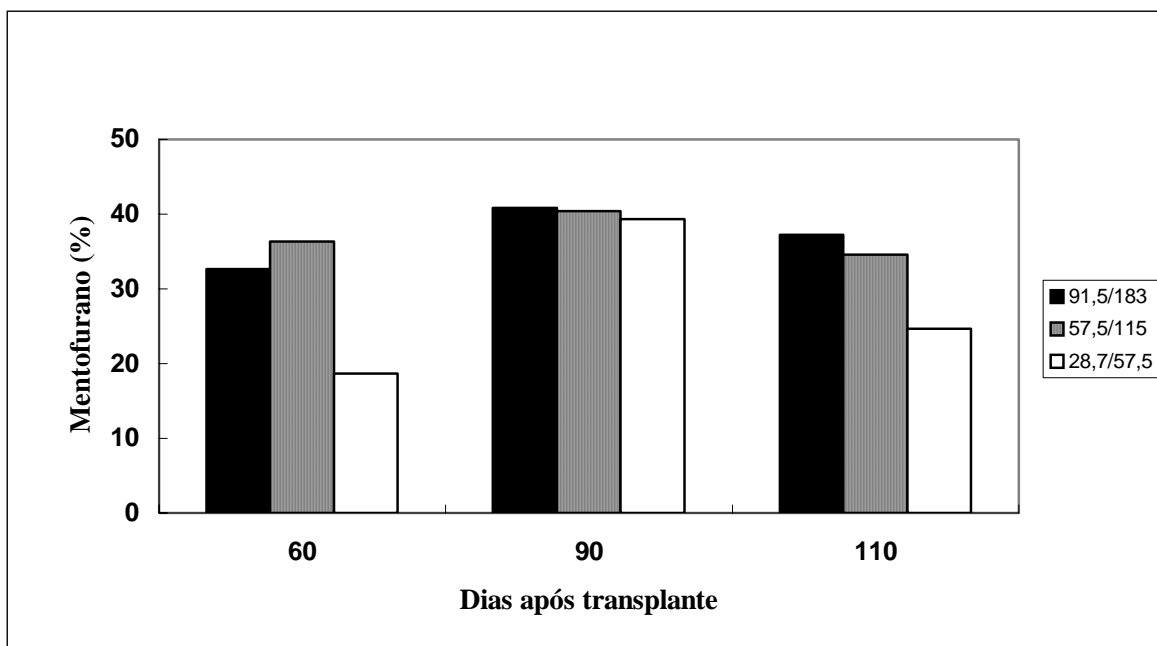
**Tabela 23.** Análise de variância e comparação entre médias de mentofurano (%) no óleo de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

<b>Análise de variância</b>		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
11,3402**	13,1010**	2,5486 ns

ns não significativo

<b>Comparação entre médias (Teste Tukey)</b>				
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)			
	1 <sup>a</sup> (60)	2 <sup>a</sup> (90)	3 <sup>a</sup> (110)	Média nível de P
<b>91,5 / 183,0</b>	32,65	40,80	37,21	<b>37,11a</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	36,36	40,38	34,60	<b>37,10a</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	21,02	39,37	24,67	<b>28,36b</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>30,01</b>	<b>40,18</b>	<b>32,16</b>	<b>34,11</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 23.** Teor de mentofurano (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

### 6.21. Teor de acetato de mentila

A variação do teor de acetato de mentila de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 24.

O teor de acetato de mentila no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se, de maneira geral, mais elevado nas plantas submetidas ao menor nível de fósforo.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 24, revela que os diferentes tratamentos não influenciaram o teor de acetato de mentila.

No presente estudo houve tendência de aumento do teor de acetato de mentila durante o ciclo da cultura. Esses resultados são concordantes com os verificados por Piccaglia et al., que ao avaliarem a influência de fatores agronômicos sobre o rendimento e a composição de óleo essencial em hortelã pimenta, registraram que com a idade da cultura, os óleos essenciais do segundo corte quando comparados aos do primeiro mostram um incremento de acetato de mentila de 3,3 para 15,2 %.

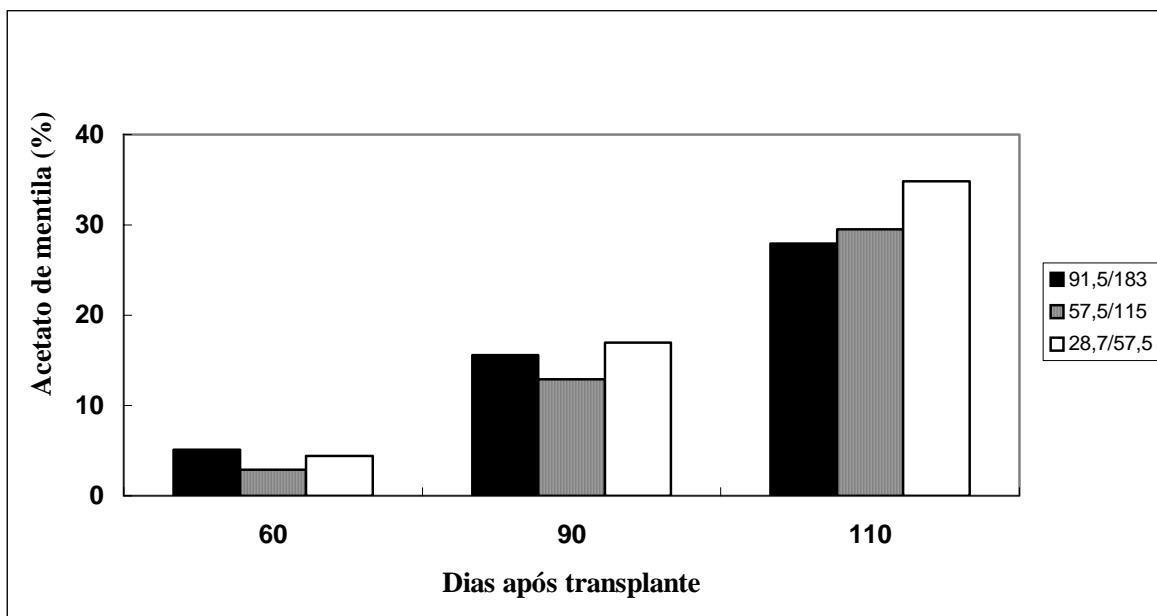
Por outro lado, os resultados do presente estudo discordam daqueles observados por Leal (2001) e Valmorbidia (2003), para *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com variação dos níveis de N e K, respectivamente, condições em que observaram diminuição dos teores de acetato de mentila com a idade da planta. Uma vez mais, deve ser registrado que as condições de cultivo podem ser responsáveis por variações no rendimento e composição do óleo essencial.

**Tabela 24.** Análise de variância e comparação entre médias de acetato de mentila (%) no óleo essencial (mL 100 g<sup>-1</sup> MS), de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
2,7475 ns	142,0661**	1,0706 ns
ns não significativo		

Comparação entre médias (Teste Tukey)				
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)			
	1 <sup>a</sup> (60)	2 <sup>a</sup> (90)	3 <sup>a</sup> (110)	Média nível de P
<b>91,5 / 183,0</b>	5,08	15,55	27,91	<b>16,18a</b>
<b>57,5 / 115,0</b>	2,90	12,92	29,54	<b>15,12a</b>
<b>28,7 / 57,5</b>	4,44	16,98	34,79	<b>18,73a</b>
<b>Média de colheitas</b>	<b>4,14</b>	<b>15,15</b>	<b>30,74</b>	<b>16,67</b>

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 24.** Teor de acetato de mentila (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em mg L<sup>-1</sup>, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita



### 6.21. Teor de pulegona

A variação do teor de pulegona de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 25.

O teor de pulegona no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento, apresentou tendência de diminuição.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 25, revela que houve diferença no teor de pulegona nas plantas nutridas com 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup> de fósforo na 1<sup>a</sup> colheita, aos 60 dias após o transplante, mantendo igual para os demais tratamentos.

Segundo Simões & Spitzer (2000), a pulegona é um componente indesejável no óleo devido a sua ação hepatotóxica. No entanto, é um monoterpene apontado como principal componente inseticida, apresentando atividade contra ovos, larvas e adultos de drosófila (ADDOR, 1994).

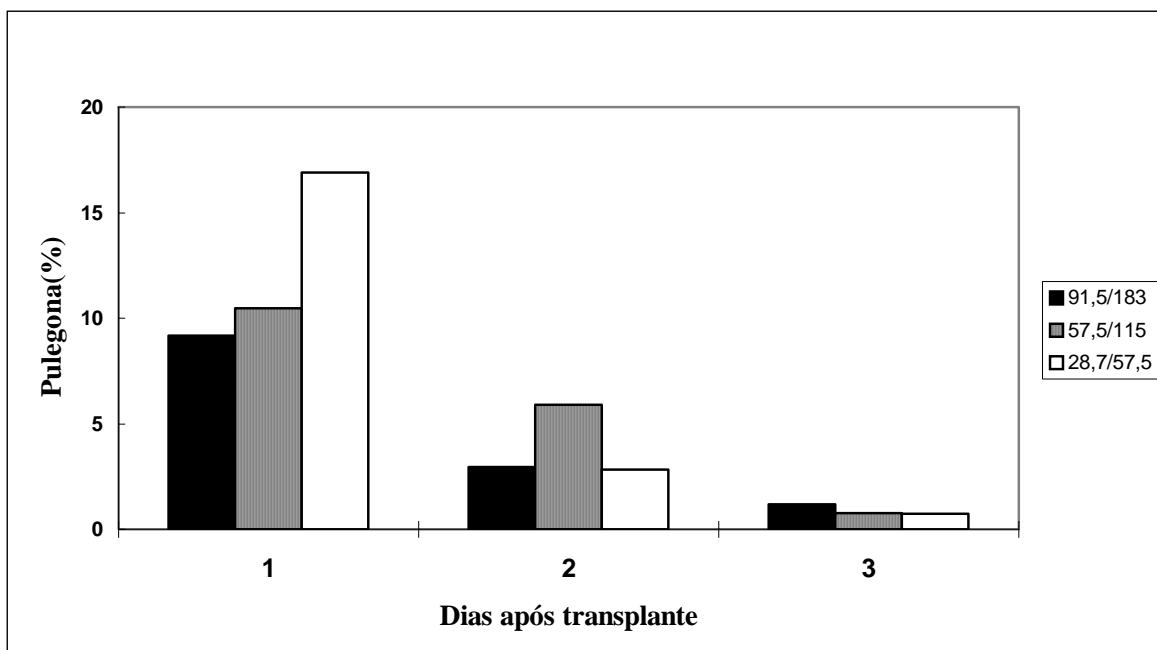
Piccaglia et al. (1993), ao avaliarem a influência de fatores agronômicos sobre o rendimento e a composição de óleo essencial em hortelã pimenta, verificaram que no 2<sup>o</sup> corte quando comparado com o 1<sup>o</sup> corte, o óleo essencial apresentou conteúdo mais elevado de mentol, de acetato de mentila e de mentofurano. No entanto, o teor de pulegona, precursora dos demais na biossíntese, foi maior no 2<sup>o</sup> corte.

**Tabela 25.** Análise de variância e comparação entre médias de pulegona (%) no óleo essencial, de *Mentha piperita* L. cultivada em solução com diferentes concentrações de fósforo, nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003.

Análise de variância		
Nível de fósforo	Colheita	Interação Colheita x Nível de P
2,8720 ns	67,9928**	5,3130**
ns não significativo		

Comparação entre médias (Teste Tukey)				
Nível de P (mg L <sup>-1</sup> )	Colheita (Dias após transplante)			
	1 <sup>a</sup> (60)	2 <sup>a</sup> (90)	3 <sup>a</sup> (110)	Média nível de P
91,5 / 183,0	9,16b	2,94a	1,18a	4,43
57,5 / 115,0	10,45b	5,90a	0,78a	5,71
28,7 / 57,5	16,91a	2,83a	0,75a	6,83
Média de colheitas	12,17	3,89	0,90	5,65

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam médias de níveis de fósforo. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.



**Figura 25.** Teor de pulegona (%) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de fósforo em  $\text{mg L}^{-1}$ , nas várias colheitas, realizadas entre fevereiro e maio de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas na solução de  $\text{KNO}_3$ . Os tratamentos estão indicados em níveis de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 1<sup>a</sup> colheita

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo da menta em solução nutritiva favoreceu seu desenvolvimento e as plantas produziram folhas maiores, com maior incremento de massa verde.

Quando as plantas de menta foram cultivadas com o menor nível de fósforo, igual a 28,7/57,5 mg L<sup>-1</sup>, não mostraram nenhum sinal de deficiência e não apresentaram alteração do comprimento de parte aérea, de massa seca de raízes e de estolões. Essas plantas apresentaram maior produção de óleo essencial, maior teor de mentol, acetato de mentila e pulegona. Apesar da diminuição do nível de nitrogênio nesse tratamento, as plantas apresentaram maior massa seca total em relação ao tratamento completo, indicando que a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) apresentou-se nesse caso também super estimada no tocante aos nutrientes que a constituem.

Por outro lado, quando as plantas foram submetidas ao nível intermediário de fósforo, igual a 57,5/115,0 mg L<sup>-1</sup>, concentração prescrita para a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950), apresentaram maior massa seca de caule mais pecíolos, razão de área foliar, razão de massa foliar, distribuição de massa seca para lâminas foliares, para raízes, para caule mais pecíolos e para estolões. Essas plantas não apresentaram

maiores teores dos compostos majoritários encontrados no óleo essencial. A maior razão de massa foliar indica que a matéria seca produzida é exportada em menor grau a partir da folha para os outros órgãos, o que justifica a maior distribuição de massa seca para as lâminas foliares.

Quando as plantas de menta foram cultivadas com o nível mais elevado de fósforo, igual a 91,5/183 mg L<sup>-1</sup>, houve aumento da área foliar, da massa seca de lâminas foliares e total da planta e do número de folhas. As plantas submetidas a esse nível de fósforo tenderam a apresentar maiores teores de mentona e de mentofurano.

Deve ser registrado que nas plantas submetidas aos três diferentes níveis de fósforo, o teor de mentofurano foi mais elevado do que o teor de mentol. Diferentes fatores podem estar envolvidos nessa variação da composição do óleo essencial, como fotoperíodo, temperatura, umidade relativa, época de cultivo, variação do pH da solução, dentre outros. Conforme já referido por pesquisadores como Grahle & Hoeltzel (1963), que a biossíntese desses monoterpênicos é afetada pelo fotoperíodo e assim, dias curtos podem ser responsáveis pelo elevado conteúdo de mentofurano. Cabe ressaltar também que o presente estudo foi conduzido no outono, onde os dias são mais curtos.

Com base no acima exposto, a variação dos níveis de fósforo no cultivo da *Mentha piperita* L. pode resultar na produção de óleo essencial com variação dos teores de seus componentes.

Por outro lado, tendo em vista a importância econômica da *Mentha piperita* L., outros estudos devem ser desenvolvidos para a avaliação de solução nutritiva específica para a cultura, uma vez que sua formulação pode interferir no rendimento e composição do óleo essencial.

Por fim, uma vez que a espécie não dispõe de muitas informações para seu cultivo adequado, os resultados obtidos poderão auxiliar na orientação de sua produção em cultivo comercial.

## 8. CONCLUSÕES

O presente estudo de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com variação dos níveis de fósforo, permite concluir que:

1- O menor nível de fósforo, não foi deficiente para as plantas e apresentou o maior produção de óleo essencial, maior teor de mentol, acetato de mentila e pulegona.

2- Níveis de fósforo diferentes daqueles da solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950), apresentaram alteração de diferentes índices fisiológicos.

3- No nível mais elevado de fósforo utilizado, igual a  $91,5/183,0 \text{ mg L}^{-1}$  as plantas apresentaram maior produção de massa seca, ocorrendo maior produção dos teores de mentona e mentofurano.

4- A época para a colheita de plantas em que foi maior o rendimento de óleo essencial, ocorreu aos 60 dias após o transplante.

5- A variação do nível de fósforo na solução nutritiva pode resultar em plantas com variação de rendimento e composição do óleo essencial.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JÚNIOR, H. de. **Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura** – coletânea de receitas. Campinas: EMOPI, 1998. 115p.

ASCÊNIO, J.; FARGAS, J. E. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. Var. “Turrialba-4”) cultivado en solución nutritiva. **Turrialba**, São José, v.23, p.420-428, 1973.

ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. Illinois, USA: Allured Publishing Corporation, 2001. 468 p.

ARAÚJO, M.P. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-químicas do óleo da *Mentha arvensis* cultivada no Paraná** 1966. 98 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, 1966, Curitiba.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: Fundação Nacional de Ensino e Pesquisa, 1988. p. 42

BENINCASA, M.M.P. **Influência de exposição norte e sul sobre parâmetros de crescimento de *Sorghum bicolor***. 1977. 149f. Tese (Livre docência em Fisiologia Vegetal)- Universidade Estadual Paulista. 1977, Jaboticabal.

BERGMANN, W. **Nutrition disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis**. New York: Gustav Fischer Verlag Jena, 1992. p. 117-118.

BOARO, C.S.F. **Influência da variação dos níveis de magnésio sobre o desenvolvimento**

**do feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L. cv.carioca) **em cultivo hidropônico**. 1986. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)-Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola, Universidade Estadual Paulista, 1986. Botucatu.

BOARO, C.S.F. et al. Avaliação do crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv.carioca) sob diferentes níveis de magnésio. **Biotemas**, v.9, p.15-28, 1996.

BOARO, C.S.F. **Desenvolvimento de feijoeiros** (*Phaseolus vulgaris*) **em solução nutritiva com variação dos níveis de magnésio e da relação entre macronutrientes, durante o ciclo**. 2001. 172 f. Tese (Livre Docência/ Fisiologia Vegetal)- Instituto de Biociências Universidade Estadual Paulista. 2001, Botucatu.

BRIGGS, G. E. et al. A quantitative analysis of plant growth. **Ann. Appl. Biol.**, v. 7, p. 202-3, 1920.

CARMELLO, Q. A. C. Hidroponia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 1992. p. 355 - 368.

CASTRO, H.G. et al. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais**. Viçosa: Suprema, 2001. p.103

CASTRO, E.M. et al. Crescimento, anatomia foliar e caracterização fotossintética em *Mikania glomerata* Sprengel. (guaco), submetidas à diferentes fotoperíodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42, 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade de Olericultura do Brasil, 2002. vol. 20, n.2, jul. 2002.



CAUTION, D. R.; VENUS, J. C. **The biometry of plant growth**. London: Edward Arnold, 1981. 307 p.

CECY, C. **Farmacognosia**. Curitiba: Fundação Caetano Munhoz da Rocha, 1989. 52 p.

CHARLES, D.J. et al. In: LEAL, F. P. **Desenvolvimento, produção e composição de óleo essencial da *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio**. 2001. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. Botucatu, 2001.

CLAUS, E. P. **Pharmacognosy**. 4. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1961.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L.C.; SCHEFFER, M.C. A importância do cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. **SOB Informa**, v. 9-10, n. 1-2, p. 23-24, 1991.

COSTA, A. F. **Farmacognosia**. Lisboa: Fundação Caloust Gulbenkian, 1986. v. 1, 853 p.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N.G. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. J. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, 2000. p. 1250-1318.

CZEPAK, M.P. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito frequências de colheita da menta (*Mentha arvensis* L.). In: MING, L.C. et al. (coord.). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares, avanços na pesquisa agronômica**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, p. 53-80, 1998.

ELLIS, N.K. Relation of yield of oil from peppermint (*Mentha piperita*) and the free menthol content of the oil. **Journal of the American Society of Horticulture**, New York, v.54, p.

451-454, 1944.

FAHN, A., 1979. **Secretary tissue in Plants**, Academic Press, London.

FALKENBERG, M. de B.; SANTOS, R.I. dos; SIMÕES, C.M.O. Introdução à análise fitoquímica. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. p. 163-179.

FERREIRA, E. **Ajustamento osmótico e análise de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), em função do nível de potássio e estresse hídrico**. 1996. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

FINNEMORE, H. **The essencial oils**. London: Ernest Benn, 1926. 880 p.

FURLANI, P.R. et al. Cultivo hidropônico de plantas. Boletim técnico do Instituto Agronômico, Campinas, n.180, p. 1-52, 1999.

GERSHENZON, J. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress. **Phytochemistry**. Oxford. v. 18, p. 273-319, 1984.

GIACOMETTI, D.C. **Ervas condimentares e especiarias**. São Paulo: Nobel, 1989. p. 158

GOUTAM, M.P. et al. 1980. Activity of some essential oils against dermatophytes. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1985. p.175-191.

GOTTLIEB, O. R. Phytochemistry and evolution of angiosperms. **Anais da Academia**

**Brasileira de Ciências**, v. 56, p. 43-50, 1984.

GOTTLIEB, O. R. Evolução e função de óleos essenciais. In: SIMPÓSIO DE ÓLEOS ESSENCIAIS, 1., 1985, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1985. p.175-191.

GRAHLE,A. HOELTZEL,C. Photoperiodische abh angigkeit der bildung des atherischen ols bei *Mentha piperita* L. **Naturwissenschaften**. V. 50, p. 552, 1963

GRANERO,J. Quelques probl emes rencontr es au cour de L' obtention, du contr ole et de L' tude de la composition d' une huile essentielle. **Riv. Itália**. E.P.P.O., v. 58, p.14-109, 1976

GUENTHER, E. **The essencial oils**. New York, D. Van Nostrand. v. 3. Individual essential oils of the plant familias Rutaceae and Labiatae, 1949. p. 777.

GUPTA, R., 1991. Agrotechnology of medicianl plants. Wijessekera R. O. B. (ed.) **The Medicinal Plant Industry**.

HOAGLAND D. R.; ARNON, D. I. **The water**: culture method for growing plants without soil. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. p. 32.

HOWE,H. F.; WESTLEY,L. C. **Ecological relation ship of plants and animals**. Oxford: University, 1988. p. 29-87.

INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA. **Principais culturas** – II. Campinas, 1981. 400 p.

JELIAZKOVA, E. A. *et al.* NPK fertilizer and yields of peppermint, *Mentha x Piperita*. **Acta**

**Horturae**. n. 502. p. 231-236. 1999.

KOTHARI S.K.; SINGH, V.; SINGH, K. Response of mint (*Mentha arvensis*) to varying levels of nitrogen application in Uttar Pradesh foot - hills. **Indian Journal Agriculture Science**., New Delhi, v. 57, n. 11, p. 795 – 800. 1987.

LAWRENCE, B.M. A Review of the World production of Essential oils. **Perfumer and Flavorist**. Newsletter, vol. 10. n. 76. 1985.

LEAL, F. P. **Desenvolvimento, produção e composição de óleo essencial da *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio**. 2001. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 2001.

LIMA, A. R.; MOLLAN, T. R. M. Nova variedade de *Mentha arvensis* L. **Bragantia**, Campinas, v. 12, p. 277-284. 1952.

LOEWENFELF, C.; BACK, F. **Guia de hierbas y especias**. Omega, p. 213-215. 1980.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil – Nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. p. 512. 2002.

LUGG, D. G. SINCLAIR, T. R. Seasonal changes in morphology and anatomy of field grown soybean leaves. **Crop. Science**, v. 20, p. 191-6, 1980.

MACHADO, E. C. et al. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através de funções matemáticas ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 6, p. 825-33, 1982.

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. (Coord). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares, avanços na pesquisa agronômica**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. v.2, p. 81 - 95. 1998.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986. v. 1, p. 331-350.

MAIRAPETYAN, S. K. Aromatic plant culture in open - air hidroponics. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.502, p. 33-36, 1999.

MAIRAPETYAN S. K. et al. Otimization of the N:P:K ratio in the nutrient medium of some soilless aromatic and medicinal plants. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 502, p. 29-32, 1999.

MALAVOLTA, G. **Elementos de nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, G. **ABC da adubação**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979, 255 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1997, 889 p.

MARTINS, E.R. Estudos em *Ocimum selloi* Benth.: isoenzimas, morfologia e óleo essencial. In: MING, L.C. et al. **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agronômica**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1998. v. 2, p. 97-125.

McLafferty, F.W.; Stauffer, D.B. **NBS registry of matter spectral data**. New York: Wiley, 1989. v. 1.

Mengel, K.; Kirkby, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4 ed. Switzerland: International Potash Institute, 1987. 687 p.

Milthorpe, F. L.; Moorby, J. **An introduction to crop physiology**. London: Cambridge University Press, 1974. cap. 9, p. 152-179.

Ming, L. C. **Influência de diferentes níveis de adubação orgânica na produção de biomassa e teor de óleos essenciais de *Lippia Alba* (Mill.) N.E.Br. –Verbanaceae**. 1992. 206 f. Dissertação (Mestrado em Ciências-Área de concentração Botânica)-Universidade Federal do Paraná, 1992, Curitiba.

Misra, A. Ultrastructural changes in mesophyll chloroplast of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.) under the disorder of iron nutrition. **Photosynthetica Praha**, v. 24, n. 1, p. 163 – 167, 1990.

Misra, A., Sharma, S. Critical concentration of iron in relation to essential oil yield and quality parameters of Japanese mint. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 37, n. 2, p. 92 - 185, 1991.

Moraes, M. A. **Estudo de algumas alterações no crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca), causadas por diferentes níveis de boro**. Botucatu, 1986. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Botânica) – Instituto de Biologia Médica e Agrícola, Universidade Estadual Paulista, 1986.

MOREIRA, J. A. A. **Efeitos da tensão da água do solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e a produtividade de feijão-vagem** (*Phaseolus vulgaris* L.). 1993. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1993, Botucatu.

MUNSI P. S. Nitrogen and phosphorus nutrition response in japanese mint cultivation. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 306, p. 436-443, 1992.

NOWAK, J. The effect of phosphorus nutrition on growth, flowering and leaf nutrient concentrations of osteospermum. **Acta Horticulturae**. n. 548.. p. 557-559, 2001.

NOWAK, J., STROKA,S. The effect of phosphorus nutrition on growth flowering and chlorophyll fluorescence of new guinea ipatiens “ pago pago”. **Acta Horticulturae**. n. 548. p. 561-565, 2001.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. 423 p.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura – Departamento de Economia Rural. **Aspectos da cultura da menta no Paraná**. Curitiba, 1976. 39 p.

PAYNE, W. A. et al. Pearl millet growth as affected by phosphorus and water. **Agronomic Journal**, Madison, v. 83, p. 942-48, 1991.

PICCAGLIA, R. et al. Agronomic factors affecting the yields and the essential oil composition of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Acta Horticulturae**, n. 344, p. 29-40, 1993.

PORTES, T. A.; CASTRO JUNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: Um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira Fisiologia**, v. 3, p. 53-60, 1991.

PRASZNA, L.; BERNATH, J. Correlations between the limited level of nutrition and essential oil production of peppermint. **Acta Horticulturae**, n. 344, p. 278-289, 1993.

RABAK, F. The effect of cultural and climatic condition on the yield and quality of peppermint oil. **Bulletin Plant Industry**. Washington, 80: 450-454, 1917.

RADFORD, P. S. Growth analysis formula; their use and abuse. **Crop. Science**, v. 7, p. 171 – 175, 1967.

RANDHAWA, G.S. e KAUER, S. Optimization of harvesting time and row spacing for the quality oil in japanese mint (*Mentha arvensis* L.) varieties. **Acta Horticulturae**, Amherst, n. 426, p. 615-623, 1995.

RODRIGUES, J. D. **Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas estilosantes (*Stylodanthes guyanensis* (Aubl.) Swartz cv cook), em cultivo hidropônico**. 1990. 180 f. Tese (Livre docência em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 1990, Botucatu.

RUIZ, H. A Relações molares de macronutrientes em tecidos vegetais como base para formulação de soluções nutritivas. **Ceres**, 44(255), p. 533-546, 1997.

SANTOS, C. H. **Influência de diferentes níveis de alumínio no desenvolvimento de dois portas enxertos cítricos em cultivo hidropônico**. 1998. 108 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, 1998, Botucatu.

SANTOS, et al. Diferentes concentrações de solução nutritiva para a cultura de alfavaca (*Ocimum basilicum*) em sistema de cultivo hidropônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE



OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade de Olericultura do Brasil, 2002. 1 **CD-ROM**.

SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, 1(3): 231-233, 1975.

SAS INSTITUTE. **The statistical analysis system**: release 6. 12. ed. USA, 1996.

SILVA, A. A. **Parâmetro biométrico e fisiológico do crescimento de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 1992. 132 f. Dissertação (Mestrado em Biologia/Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 1992, Botucatu.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES. C. M. O. et al. **Farmacognosia. da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. p. 394-412.

SINGH, V. P.; SINGH, D. V. Effect of phosphorus deficiency on carbohydrate metabolism of *Mentha arvensis* L. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 21, p. 1341-1347, 1968.

SINHA, N. C., SINGH, J. N. Studies in the mineral nutrition of japonese mint; Influence of potassium deficiency metabolism, respiration rate and essential oil content. **Plant an soil, the Hauge**, v. 79, n. 1, p. 9 - 51. 1984.

SOARES, A.; SACRAMENTO, L.V.S. Desempenho de *Mentha* spp quanto a formação de raízes adventícias em função do substrato. In: JORNADA PAULISTA DE PLANTAS MEDICINAIS, 5., 2001, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2001.

STAFF, H. Hidroponia - **Coleção Agroindústria**, Mato Grosso, v. 342, p. 61 - 67. 1993.

STEFANINI, M. B. **Ação de fotorreguladores no crescimento, produção de biomassa e teor de óleo essencial em *Lippia Alba* (Mill.) N.E.R.- Verbenaceae, em diferentes épocas do ano.** 1997. 123 f. Tese (Doutorado/Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

SUBRAHMANYAM, K. et al. Effect of zinc on yield, quality and nutrient composition of japonese mint and availability of nutrients in soil. **Indian Journal Soc. Soil Science**, New Delhi, v. 39, p. 399 - 401, 1991.

TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia : uma alternativa para pequenas áreas.** Agropecuária, 1996. 86 p.

TOPALOV, V. e ZHELYAZKOV, V. Effect of harvesting on the yield of fresh material, essential oil, and planting material from *Mentha piperita* L. and *Mentha arvensis* L. **Herba-Hungarica**, Plovdiv, v. 50, p. 60-67, 1991

URCHEI, M. A. **Efeitos do plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um latossolo vermelho-escuro argiloso e no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação.** 1996. 131 f. Tese (Doutorado em irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1996, Botucatu.

VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e a produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2003. 128 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2003, Botucatu.

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. **Adv. Agronomic**, v. 5 p. 343-8, 1965.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 2 ed. Englewood Cliffs: Prentice - Hall International Editions, 1986. 718 p.

ZHELJAZKOV, V.; MARGINA, A. Effect of increasing doses of fertilizer application on quantitative and qualitative characteres of mint. **Acta Horticulturae**. n. 426. p. 579-592, 1996.

## **10. APÊNDICE**

**Tabela 1.** Comprimento de parte aérea (cm) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita.

Nível de P (mg.l <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante)				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5 / 183,0	R1	29,50	82,00	150,50	167,00	130,00
	R2	23,50	74,00	152,50	71,50	116,50
	R3	33,00	93,50	150,50	76,50	94,00
	R4	30,00	103,50	141,00	100	99,00
57,5 / 115,0	R1	22,00	83,5	149,0	164,5	202,5
	R2	27,75	89,0	151,0	171,0	173,5
	R3	28,00	78,5	155,50	167,5	172,5
	R4	30,5	100,5	128,5	164,0	172,5
28,7 / 57,5	R1	31,00	95,50	177,50	191,50	142,00
	R2	31,50	110,50	117,00	85,00	95,50
	R3	30,50	99,50	180,50	91,50	78,00
	R4	23,00	85,00	179,00	86,00	59,75

**Tabela 2.** Massa fresca de parte aérea (g) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de Fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Nível de P (mg.l <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante).				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5 / 183,0	R1	28,5	264,3	699	839,5	955,6
	R2	17,3	273,4	665	801,7	1270,4
	R3	51,52	305,6	699,7	973,3	773,6
	R4	37,5	352,5	885,4	1067,3	1019,8
57,5 / 115,0	R1	30,74	230,0	572	856,8	1151,9
	R2	37,7	263,5	449,4	838,2	973,5
	R3	26,03	260,8	561,9	1226,3	923,8
	R4	38,9	351,4	681,7	1041,1	1241,1
28,7 / 57,5	R1	30,1	194,1	481,6	742,3	895,3
	R2	37,57	249,9	479,6	682,7	909,7
	R3	27,8	220,5	562,9	699,6	1053,3
	R4	24,6	166,4	635,1	703	717

**Tabela 3.** Área foliar (dm<sup>2</sup>) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de Fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Nível de P (mg.l <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante).				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5 / 183,0	R1	5,33	50,04	114,74	108,21	93,71
	R2	4,68	55,79	108,98	98,10	113,04
	R3	12,88	64,43	103,70	106,57	70,96
	R4	9,79	65,25	147,85	114,58	109,63
57,5 / 115,0	R1	8,10	45,68	86,20	97,01	95,71
	R2	9,35	53,87	72,49	100,97	80,53
	R3	6,07	53,64	83,29	120,45	90,23
	R4	11,14	66,04	119,84	97,32	115,33
28,7 / 57,5	R1	7,93	39,01	66,97	89,61	95,56
	R2	10,81	47,89	75,94	84,97	74,80
	R3	7,15	47,17	77,96	84,72	91,39
	R4	6,55	34,49	81,89	87,75	76,34

**Tabela 4.** Massa seca da folha (g) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Nível de P (mg.l <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante).				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5/ 183,0	R1	2,40	16,90	26,50	40,30	34,60
	R2	1,80	16,20	29,70	35,90	44,60
	R3	4,55	17,80	26,80	37,30	27,70
	R4	3,502	17,10	37,80	37,00	41,30
57,5/ 115,0	R1	2,50	16,00	19,20	35,80	39,80
	R2	2,55	16,20	14,90	33,30	36,00
	R3	1,75	14,70	21,40	41,20	35,60
	R4	3,20	16,90	33,10	35,90	44,80
28, 7 / 57,5	R1	2,65	12,70	21,00	34,20	39,70
	R2	3,40	14,90	24,40	32,60	33,20
	R3	2,30	14,70	22,60	31,90	43,50
	R4	2,30	11,30	38,70	33,80	33,60



**Tabela 5.** Massa seca da raízes (g) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Nível de P (mg .l <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após Transplante)				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5 / 183,0	R1	1,10	13,60	9,20	7,90	5,90
	R2	1,00	9,10	7,90	10,30	5,10
	R3	1,80	13,80	7,10	7,70	6,70
	R4	1,40	11,60	8,50	10,10	7,10
57,5 / 115,0	R1	1,50	11,63	12,11	13,60	13,70
	R2	1,30	10,20	5,20	16,40	13,80
	R3	1,00	12,50	7,70	10,60	9,20
	R4	1,60	12,70	12,00	12,75	13,10
28,7 / 57,5	R1	1,60	12,20	7,60	12,90	16,70
	R2	1,75	12,60	12,10	9,90	7,10
	R3	0,95	14,70	9,70	13,50	9,70
	R4	1,00	10,90	11,00	12,80	15,70

**Tabela 6.** Massa seca do caule e pecíolos (g) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Nível de P (mg . l <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante)				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5 / 183,0	R1	1,20	18,30	46,40	86,60	100,00
	R2	0,70	21,20	48,30	71,40	142,60
	R3	2,20	20,90	48,50	92,60	100,10
	R4	1,50	22,70	62,20	105,90	109,20
57,5 / 115,0	R1	1,15	19,98	49,60	86,20	149,20
	R2	1,15	25,90	28,70	87,00	117,50
	R3	0,75	16,60	51,30	124,50	101,90
	R4	1,50	23,40	54,00	96,50	153,60
28,7 / 57,5	R1	1,10	17,50	42,80	86,80	102,10
	R2	1,60	20,20	38,20	73,40	123,00
	R3	1,15	15,90	50,70	75,60	142,70
	R4	1,00	14,00	43,60	78,60	89,30

**Tabela 7.** Massa seca de estolões (g) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Nível de P (mg . l <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante)				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5 / 183,0	R1	0,00	0,00	11,40	10,60	10,00
	R2	0,00	0,00	9,00	18,60	15,70
	R3	0,00	0,00	10,50	14,60	12,90
	R4	0,00	0,00	9,50	11,20	17,90
57,5 / 115,0	R1	0,00	0,00	7,50	14,30	21,70
	R2	0,00	0,00	7,10	18,20	20,50
	R3	0,00	0,00	7,10	13,50	19,30
	R4	0,00	0,00	21,90	14,20	23,10
28, 7 / 57, 5	R1	0,00	0,00	12,70	11,00	28,30
	R2	0,00	0,00	13,40	16,80	20,40
	R3	0,00	0,00	8,20	19,90	27,70
	R4	0,00	0,00	7,30	24,20	20,70

**Tabela 8.** Massa seca total (g) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Nível de P (mg.l <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante)				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5 / 183,0	R1	4,70	48,80	93,50	145,40	150,50
	R2	3,50	46,50	94,90	136,20	208,00
	R3	8,55	52,50	92,90	152,20	147,40
	R4	6,00	51,40	118,00	164,20	175,50
57,5 / 115,0	R1	5,15	57,98	52,30	43,60	87,50
	R2	5,00	43,60	43,80	54,70	121,00
	R3	3,50	54,70	53,00	63,01	149,90
	R4	6,30	63,01	70,19	77,40	154,90
28,7 / 57,5	R1	5,35	42,40	84,10	144,90	186,80
	R2	6,75	47,70	88,10	132,70	183,70
	R3	4,40	45,30	91,20	140,90	223,60
	R4	4,30	36,20	100,60	149,40	159,30

**Tabela 9.** Número de folhas (NF) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Nível de P (mg.L <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante)				
		1 <sup>a</sup> (20)	2 <sup>a</sup> (40)	3 <sup>a</sup> (60)	4 <sup>a</sup> (80)	5 <sup>a</sup> (100)
91,5 / 183,0	R1	379,00	1393,00	3695,00	2390,00	2730,00
	R2	250,00	1548,00	4151,00	1780,00	4330,00
	R3	469,00	1704,00	4115,00	2300,00	4231,00
	R4	357,00	1717,00	5240,00	3470,00	3910,00
57,5 / 115,0	R1	366,00	591,30	2719,00	2725,00	4698,00
	R2	330,00	1374,00	2507,00	2735,00	3268,00
	R3	256,00	1509,00	3234,00	2430,00	3883,00
	R4	414,00	1973,00	4590,00	2220,00	4077,00
28,7 / 57,5	R1	314,00	1135,00	3362,00	1974,00	3855,00
	R2	355,00	1528,00	2515,00	2205,00	3631,00
	R3	293,00	1469,00	3674,00	1890,00	3515,00
	R4	355,0	917,00	3179,00	1680,00	2572,00

**Tabela 10.** Volume de óleo essencial (ml 100 g<sup>-1</sup> MS) de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de Fósforo, nas várias colheitas. Na data do transplante as mudas tinham 10 dias, a partir do estabelecimento das estacas em solução de KNO<sub>3</sub>. Os tratamentos estão indicados em nível de fósforo até a 1<sup>a</sup> colheita / após a 2<sup>a</sup> colheita

Níveis de P (mg.L <sup>-1</sup> )	Repetições	Colheita (Dias após transplante).		
		1 <sup>a</sup> (60)	2 <sup>a</sup> (90)	3 <sup>a</sup> (110)
91,5 / 183,0	R1	1,43	1,0	0,6
	R2	2,93	0,9	0,9
	R3	0,96	1,0	1,3
	R4	1,08	1,0	0,9
57,5 / 115,0	R1	1,16	0,90	1,20
	R2	1,13	0,90	1,10
	R3	1,14	0,90	0,80
	R4	1,10	0,80	1,00
28,7 / 57,5	R1	1,06	1,00	0,60
	R2	1,20	1,10	0,60
	R3	3,83	0,60	0,60
	R4	1,28	0,80	0,50