

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Cassiane Ubessi

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA, ÓLEO ESSENCIAL E
GENOTOXICIDADE DE CAMOMILA (*Chamomilla recutita*)
CULTIVADA COM SOLUÇÕES HOMEOPÁTICAS DE PHOSPHORUS**

Santa Maria, RS

2019

Cassiane Ubessi

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA, ÓLEO ESSENCIAL E GENOTOXICIDADE DE
CAMOMILA (*Chamomilla recutita*) CULTIVADA COM SOLUÇÕES
HOMEOPÁTICAS DE PHOSPHORUS**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Agronomia**

Orientadora: Prof^a Dr^a Solange Bosio Tedesco

Santa Maria, RS

2019

Ficha Catalográfica

Cassiane Ubessi

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA, ÓLEO ESSENCIAL E GENOTOXICIDADE DE
CAMOMILA (*Chamomilla recutita*) CULTIVADA COM SOLUÇÕES
HOMEOPÁTICAS DE PHOSPHORUS**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Agronomia**

Aprovada em 29 de abril de 2019:

Prof^ª Dr^ª Solange Bosio Tedesco (Presidente/Orientadora) – UFSM/Santa Maria.

Prof^ª. Dr^ª. Cristiane de Bona da Silva – UFSM/Santa Maria.

Prof^ª. Dr^ª. Fernanda Alice Antonello Londero Backes – UFSM/Santa Maria.

Prof^ª. Dr^ª. Thais Scotti do Canto Dorow – UFSM/Santa Maria.

Prof^ª. Dr^ª. Tatiana Aparecida Balem – IFFar/Júlio de Castilhos.

Santa Maria, RS, 2019

AGRADECIMENTOS

À minha família por todo o apoio e compreensão nesta caminhada.

À Universidade Federal de Santa Maria pelo ensino gratuito, de qualidade, por meio do ingresso no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, no qual finalizo um ciclo de muito aprendizado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro através da concessão da bolsa de doutorado e de taxa de bancada, assim como, ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Auxílio financeiro que possibilitou a realização de inúmeros cursos, participação de eventos, publicações e aquisição de todo o material de pesquisa para o experimento.

A Professora Solange Bosio Tedesco pela orientação e disposição em trabalhar com esta temática diferenciada, bem como, pelo auxílio e apoio nas dificuldades ocorridas ao longo deste estudo. E, principalmente, pela liberdade e confiança em mim depositadas.

A Professora Cristiane de Bona da Silva pela orientação, esclarecimento das dúvidas e idealização desta pesquisa, assim como, pela disponibilidade na resolução de questões práticas e teóricas.

Ao Professor Jerônimo Luiz Andriolo pela orientação e viabilização de toda a infraestrutura para a realização dos experimentos. E, juntamente com a Professora Fernanda Backes pelas oportunidades ofertadas na área de plantas medicinais.

Ao Laboratório de Desenvolvimento Farmacotécnico - UFSM, ao Núcleo de Tecnologia em Alimentos - UFSM e ao Laboratório de Extrativos Vegetais - UFSM, pelas análises de camomila realizadas, como também, pelas parcerias firmadas. Em especial, ao grupo de pesquisa da Professora Cristiane de Bona da Silva pela disponibilidade e pelas técnicas ensinadas e, ao Professor Roger Wagner e sua orientada, Bruna Klein, por toda a colaboração e aprendizado nas análises cromatográficas do óleo essencial, assim como, as contribuições na parte escrita.

Aos amigos que ajudaram no conserto e reestruturação da estufa com a colocação do plástico lateral, limpeza e pintura, montagem das bancadas, limpeza das britas e caixas de

água, em especial a Fernanda Carini, Márcio André Kreutz e Valéria dos Santos da Rosa. Também, aos funcionários do Departamento de Fitotecnia pelo auxílio e disponibilidade.

Aos amigos e colegas que cooperaram nas infinitas colheitas de camomila: Valéria dos Santos da Rosa, Lucas Roani Ponte, Márcio André Kreutz, Fernanda Carini, Kassia Cauana, Keterly Liara dos Santos, Jaqueline Tomm Krahn, Gabrielle de Souza e nas análises de genotoxicidade: Micheli Baldoni.

Ao Médico Veterinário Ricardo Lopes Machado, extensionista da Emater/RS de Santa Maria, pelas orientações iniciais de uso e aquisição dos medicamentos homeopáticos.

Ao Sílvio Galvan, extensionista da Emater/PR no município de Mandirituba, pela viabilização das sementes de camomila cv. Mandirituba para a realização do experimento.

Aos colegas do Curso de Homeopatia Animal e Vegetal pelas vivências e trocas de experiências, especialmente aos professores Alexandre Mendonça e Carlos Moacir Bonato.

Enfim, as inúmeras pessoas as quais conheci ao longo deste doutorado, que ajudaram indiretamente nesta pesquisa, pela troca de conhecimento, pelo apoio, pela curiosidade. Foi um ciclo gratificante, de muito trabalho e aprendizado imensurável.

Muito obrigada!

EPÍGRAFE

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo

(Albert Einstein)

Qualquer verdade passa por três estágios:

Primeiro, é ridicularizada.

Segundo, é violentamente combatida.

Terceiro, é aceita como óbvia e evidente.

(Arthur Schopenhauer)

Tudo é veneno, não há nada que não seja veneno.

Depende tão somente da dose.

(Paracelso)

RESUMO

PRODUÇÃO DE BIOMASSA, ÓLEO ESSENCIAL E GENOTOXICIDADE DE CAMOMILA (*Chamomilla recutita*) CULTIVADA COM SOLUÇÕES HOMEOPÁTICAS DE PHOSPHORUS

AUTORA: Cassiane Ubessi

ORIENTADORA: Solange Bosio Tedesco

Santa Maria, Abril de 2019.

A camomila é uma das plantas medicinais mais cultivadas no Brasil devido as suas propriedades terapêuticas presentes nas inflorescências, das quais é extraído o óleo essencial. O uso de medicamentos homeopáticos no cultivo de plantas medicinais promove alterações no metabolismo vegetal que podem influenciar na produtividade, no metabolismo secundário e, conseqüentemente, na utilização dos derivados das plantas. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes dinamizações do medicamento homeopático Phosphorus na produção de biomassa e óleo essencial de camomila, como também, os efeitos genotóxicos das infusões e óleo essencial através do teste de *Allium cepa*, e o efeito em uma condição de restrição nutricional do elemento químico fósforo. No primeiro momento foram avaliadas quatro dinamizações de Phosphorus: 3CH, 6CH, 12CH e 30CH, na cultivar Mandirituba, com os tratamentos controle água destilada e álcool 70%. Foram mensuradas todas as variáveis relacionadas à produção de biomassa, flores, teor, produtividade e composição do óleo essencial de camomila. A avaliação da genotoxicidade por meio do teste de *Allium cepa* foi conduzida com duas concentrações (10 e 40 g L⁻¹) de inflorescências para o preparo das infusões e óleo essencial diluído a 0,10% (v v⁻¹). Os compostos fenólicos foram determinados por cromatografia líquida. No segundo momento, foi avaliada apenas a dinamização 3CH de Phosphorus no cultivo de camomila com a restrição do elemento químico fósforo. Foram avaliadas todas as variáveis acima citadas, exceto o teste de genotoxicidade e os compostos fenólicos. Nos dois momentos foi realizada a determinação da composição mineral presente no tecido vegetal de camomila. A produtividade de flores por hectare pode ser incrementada com a aplicação da dinamização 30CH que eleva os teores de nitrogênio e ferro no tecido vegetal. O diâmetro e a altura dos capítulos florais aumentam com o emprego da dinamização 3CH, que também é eficiente em elevar o teor e a produtividade de óleo essencial em camomila, em condições ideais de cultivo. O cultivo com Phosphorus não induz um efeito genotóxico no uso de infusões e óleo essencial de camomila. O medicamento homeopático Phosphorus 3CH e a restrição de fósforo não promoveram aumentos no teor e na produtividade de óleo essencial e de flores em camomila. No entanto, o estresse promovido pela restrição de fósforo aumentou a concentração dos analitos majoritários presentes no óleo essencial. O medicamento homeopático Phosphorus proporciona efeito no cultivo de camomila, com respostas positivas no aumento da produtividade de flores e óleo essencial, sem efeito tóxico nos produtos oriundos desta espécie. Phosphorus 30CH e 3CH podem ser utilizados em plantas que apresentam baixa produção de flores e óleo essencial, respectivamente, em condições favoráveis de cultivo. Sob restrição nutricional, Phosphorus 3CH não proporciona efeitos vantajosos no cultivo de camomila e o estresse promovido pela restrição de fósforo aumenta a concentração dos analitos majoritários presentes no óleo essencial.

Palavras-chave: homeopatia, metabólitos secundários, genotoxicidade, composição mineral.

ABSTRACT

BIOMASS PRODUCTION, ESSENTIAL OIL AND GENOTOXICITY OF CHAMOMILE (*Chamomilla recutita*) CULTIVATED WITH PHOSPHORUS HOMEOPATHIC SOLUTIONS

AUTHOR: Cassiane Ubessi
ADVISOR: Solange Bosio Tedesco
Santa Maria, April, 2019.

Chamomile is one of the most cultivated medicinal plants in the Brazil due to its therapeutic properties present in flowers, from which the essential oil is extracted. The use of homeopathic medicines in the cultivation of medicinal plants promotes changes in plant metabolism that may influence productivity, secondary metabolism and, consequently, the use of plant derivatives. In this context, the objective of this study was to evaluate different dynamizations of the Phosphorus homeopathic medicines in the production of biomass and essential oil of chamomile, as well as the genotoxic effects of infusions and essential oil through the test of *Allium cepa*, and the effect on a nutritional restriction condition of the chemical element phosphorus. At the first moment, four Phosphorus dynamizations were evaluated: 3CH, 6CH, 12CH and 30CH, in the cultivar Mandirituba, with the treatments control distilled water and 70% alcohol. All variables related to the production of biomass, flowers, content, productivity and essential oil composition of chamomile were measured. The evaluation of genotoxicity by means of the *Allium cepa* test was conducted with two concentrations (10 and 40 g L⁻¹) of inflorescences for the preparation of infusions and 0.10% (v v⁻¹) diluted essential oil. The phenolic compounds were determined by liquid chromatography. In the second moment, only the 3CH dynamization of Phosphorus in the cultivation of chamomile with the restriction of the chemical element phosphorus was evaluated. All variables mentioned above were evaluated, except the genotoxicity test and the phenolic compounds. In the two moments the determination of the mineral composition present in the plant tissue of chamomile was carried out. The productivity of flowers per hectare can be increased with the application of the 30CH dynamization that raises the levels of nitrogen and iron in the plant tissue. The diameter and height of inflorescences increase with the use of 3CH dynamization, which is also efficient in raising the content and productivity of essential oil in chamomile, under optimum conditions of cultivation. Phosphorus cultivation does not induce a genotoxic effect in the use of infusions and essential oil of chamomile. The homeopathic medicine Phosphorus 3CH and the restriction of phosphorus did not promote increases in the content and productivity of essential oil and flowers in chamomile. However, the stress promoted by the restriction of phosphorus increased the concentration of the major analytes present in the essential oil. The homeopathic medicine Phosphorus gives effect on chamomile cultivation, with positive responses in increasing the productivity of flowers and essential oil, without toxic effect on products from this species. Phosphorus 30CH and 3CH can be used in plants that exhibit low flower production and essential oil, respectively, under favorable growing conditions. Under nutritional restriction, Phosphorus 3CH does not provide advantageous effects on chamomile cultivation and the stress promoted by phosphorus restriction increases the concentration of the major analytes present in the essential oil.

Keywords: homeopathy, secondary metabolites, genotoxicity, mineral composition.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1: CULTIVO DE CAMOMILA SUBMETIDO A SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS	32
Figura 1. Massa de flores planta ⁻¹ (MFP) de camomila submetida a diferentes dinamizações de Phosphorus	39
Figura 2. Variáveis relacionadas à produção de flores e massa fresca de camomila submetida a diferentes dinamizações de Phosphorus.....	40
Figura 3. Temperatura mínima e máxima no cultivo de camomila em ambiente protegido ..	41
Figura 4. Composição mineral de camomila submetida a diferentes dinamizações de Phosphorus.....	42
ARTIGO 2: EFEITO DA APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS NA PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA	50
Figura 1. Análise de Componentes Principais aplicada as dinamizações de Phosphorus no cultivo de camomila.....	59
ARTIGO 3: POTENCIAL ANTIPROLIFERATIVO E COMPOSTOS FENÓLICOS DE INFUSÕES E ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA CULTIVADA COM HOMEOPATIA	67
Figura 1. Organização do teste de <i>Allium cepa</i>	73
Figura 2. Células meristemáticas de <i>Allium cepa</i> em divisão celular.....	77
Figura 3. Dendrograma de dissimilaridade obtido a partir da concentração de apigenina presente nas infusões de camomila.	79
ARTIGO 4: PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO MINERAL DE CAMOMILA CULTIVADA SOB RESTRIÇÃO DE FÓSFORO E UTILIZAÇÃO DE MEDICAMENTO HOMEOPÁTICO.....	88
Figura 1. Variáveis de desenvolvimento vegetal e produção de flores de camomila sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH.....	97

Figura 2. Composição mineral de camomila sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH.....99

Figura 3. Temperatura mínima e máxima no cultivo de camomila em ambiente protegido sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH. 100

ARTIGO 5: COMPOSIÇÃO MINERAL E PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA CULTIVADA SOB RESTRIÇÃO DE FÓSFORO E USO DE SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS 111

Figura 1. Teor e produtividade de óleo essencial de camomila cultivada sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH..... 121

Figura 2. Dendrograma de dissimilaridade entre as soluções nutritivas no cultivo de camomila com base no percentual de composição do óleo essencial de camomila..... 123

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 2: EFEITO DA APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS NA PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA	50
Tabela 1. Teor e produtividade de óleo essencial de camomila submetida a dinamizações de Phosphorus.....	56
Tabela 2. Composição do óleo essencial de camomila submetida a diferentes dinamizações de Phosphorus.....	57
ARTIGO 3: POTENCIAL ANTIPROLIFERATIVO E COMPOSTOS FENÓLICOS DE INFUSÕES E ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA CULTIVADA COM HOMEOPATIA	67
Tabela 1. Tratamentos avaliados no teste <i>Allium cepa</i>	72
Tabela 2. Índice Mitótico (IM) de células de <i>Allium cepa</i> em mitose (interfase e divisão celular) e irregularidades.....	76
Tabela 3. Tempo de retenção médio e concentração de apigenina presente em infusões das inflorescências de camomila, com detecção em 320 nm.	78
ARTIGO 4: PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO MINERAL DE CAMOMILA CULTIVADA SOB RESTRIÇÃO DE FÓSFORO E UTILIZAÇÃO DE MEDICAMENTO HOMEOPÁTICO.....	88
Tabela 1. Proporção de macro e micronutrientes das soluções nutritivas padrão e com restrição de fósforo para o cultivo de camomila	93
ARTIGO 5: COMPOSIÇÃO MINERAL E PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA CULTIVADA SOB RESTRIÇÃO DE FÓSFORO E USO DE SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS.....	111
Tabela 1. Proporção de macro e micronutrientes das soluções nutritivas padrão e com restrição de fósforo para o cultivo de camomila.	117

Tabela 2. Composição do óleo essencial de camomila sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH..... 122

Tabela 3. Composição mineral de camomila sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH..... 124

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. UMA ABORDAGEM TÓPICA SOBRE <i>Chamomilla recutita</i> E A CIÊNCIA HOMEOPÁTICA	21
2.1. A espécie medicinal <i>Chamomilla recutita</i> (L.) Rauschert.....	21
2.2. A Ciência Homeopática: Princípios, experimentação e aplicabilidade.....	23
2.3. REFERÊNCIAS.....	27
3. ARTIGO 1: CULTIVO DE CAMOMILA SUBMETIDO A SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS	32
3.1. INTRODUÇÃO.....	33
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.2.1. Semeadura e condução do experimento	35
3.2.2. Aplicação dos medicamentos homeopáticos	36
3.2.3. Mensuração das variáveis	36
3.2.4. Estatística e delineamento experimental	38
3.3. RESULTADOS.....	38
3.4. DISCUSSÃO.....	43
3.5. CONCLUSÃO.....	45
3.6. REFERÊNCIAS.....	45
4. ARTIGO 2: EFEITO DA APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS NA PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA	50
4.1. INTRODUÇÃO.....	51
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.2.1. Obtenção do material vegetal e organização experimental	53
4.2.2. Extração do óleo essencial e determinação do teor e produtividade	53
4.2.3. Caracterização do óleo essencial	54
4.2.4. Análise estatística	55
4.3. RESULTADOS.....	55
4.3.1. Teor e produtividade do óleo essencial	55
4.3.2. Composição do óleo essencial	56

4.3.3. Análise de componentes principais	58
4.4. DISCUSSÃO	60
4.5. CONCLUSÃO	62
4.6. REFERÊNCIAS	62
5. ARTIGO 3: POTENCIAL ANTIPROLIFERATIVO E COMPOSTOS FENÓLICOS DE INFUSÕES E ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA CULTIVADA COM HOMEOPATIA	67
5.1. INTRODUÇÃO	69
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	71
5.2.1. Descrição do ambiente de cultivo e organização experimental	71
5.2.2. Obtenção do material de análise, infusões e diluição do óleo essencial	71
5.2.3. Tratamentos e teste de <i>Allium cepa</i>	72
5.2.4. Determinação dos compostos fenólicos	74
5.2.5. Estatística e delineamento experimental	75
5.3. RESULTADOS	75
5.3.1. Teste <i>Allium cepa</i>	75
5.3.2. Compostos fenólicos	78
5.4. DISCUSSÃO	79
5.5. CONCLUSÃO	82
5.6. REFERÊNCIAS	82
6. ARTIGO 4: PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO MINERAL DE CAMOMILA CULTIVADA SOB RESTRIÇÃO DE FÓSFORO E UTILIZAÇÃO DE MEDICAMENTO HOMEOPÁTICO	88
6.1. INTRODUÇÃO	89
6.2. MATERIAL E MÉTODOS	92
6.2.1. Local de cultivo e organização experimental	92
6.2.2. Aplicação do medicamento homeopático Phosphorus	94
6.2.3. Mensuração das variáveis relacionadas ao desenvolvimento vegetal e produção de flores	94
6.2.4. Determinação da composição mineral de camomila	95
6.2.5. Estatística e delineamento experimental	95
6.3. RESULTADOS	96
6.3.1. Variáveis de desenvolvimento vegetal e produção de flores	96
6.3.2. Composição mineral de camomila	98

6.4. DISCUSSÃO	100
6.5. CONCLUSÃO	103
6.6. REFERÊNCIAS.....	103
7. ARTIGO 5: COMPOSIÇÃO MINERAL E PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA CULTIVADA SOB RESTRIÇÃO DE FÓSFORO E USO DE SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS	111
7.1. INTRODUÇÃO	112
7.2. MATERIAL E MÉTODOS	115
7.2.1. Local de cultivo e organização experimental.....	115
7.2.2. Aplicação do medicamento homeopático Phosphorus.....	117
7.2.3. Colheita das flores, extração e caracterização do óleo essencial por cromatografia	118
7.2.4. Determinação da composição mineral de camomila.....	119
7.2.5. Estatística e delineamento experimental.....	119
7.3. RESULTADOS.....	120
7.3.1. Teor e produtividade de óleo essencial.....	120
7.3.2. Composição do óleo essencial de camomila	121
7.3.3. Composição mineral de camomila.....	123
7.4. DISCUSSÃO	124
7.5. CONCLUSÃO	127
7.6. REFERÊNCIAS.....	127
8. DISCUSSÃO GERAL.....	137
9. CONCLUSÃO GERAL.....	142
REFERÊNCIAS GERAIS.....	143
APÊNDICES.....	149
APÊNDICE A.....	149
APÊNDICE B.....	150

1. INTRODUÇÃO GERAL

A camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) é uma planta herbácea, anual, com flores aromáticas, pertencente à família Asteraceae e originária da Europa e Ásia Ocidental, mais precisamente na região do Mar Mediterrâneo (LORENZI; MATOS, 2008; MAGDZIAK, 2011). No entanto, os primeiros registros de seu uso foram no continente Africano, ao longo do percurso do Rio Nilo, local onde se desenvolveu a civilização egípcia. Os egípcios reverenciavam a camomila por sua crença no seu poder de cura, pois acreditavam na erva como um presente sagrado do Deus do Sol (Rá) e assim, a dedicavam aos seus deuses durante os rituais de agradecimento (HANRAHAN; FREY, 2005).

Atualmente a camomila é cultivada de forma extensiva na Europa e foi introduzida também em outros países. Dentre os maiores produtores citam-se os países da Hungria, Rússia, Argentina, Alemanha, Tchecoslováquia, Finlândia, Egito e Índia (MOHAMMAD, 2011; UPADHYAYA et al., 2016). No Brasil a produção concentra-se no estado do Paraná, com destaque para os municípios de Mandirituba, São José dos Pinhais e Campo Largo (IBGE, 2006; OLIVEIRA, 2008) e o predomínio de cultivo da única cultivar brasileira de camomila, a Mandirituba. Além do melhoramento genético, a pesquisa elucidou as propriedades terapêuticas da camomila, assim, essa espécie é utilizada como anti-inflamatória, antisséptica, estimulante, carminativa, espasmolítica e sedativa (GUPTA et al., 2010; KHAKI et al., 2012; MURTI et al., 2012; RAAL et al., 2012). No entanto, seu valor medicinal encontra-se apenas nos capítulos florais devido a compostos produzidos no metabolismo secundário. Os benefícios encontrados no chá ou infusões de camomila estão relacionados à presença de flavonoides, como a apigenina, luteolina, quercetina e seus derivados (SRIVASTAVA et al., 2010; CVETANOVIĆ et al., 2019). Já o óleo essencial, apresenta como principais analitos o α -bisabolol e seus óxidos de α -bisabolol A e B, e camazuleno (GUPTA et al., 2010).

Os metabólitos secundários são componentes bioativos, geralmente encontrados em plantas medicinais, tornando-os fontes de produtos farmacêuticos e aditivos alimentares (LU et al., 2017; SONG et al., 2017). Suas propriedades estimulam o cultivo e o consumo de plantas medicinais, corroboram para o crescimento do mercado econômico e incentivam diversas pesquisas que buscam retratar sua produção na planta e sua atuação enquanto medicamento. Apesar da existência de um controle genético, a expressão dos metabólitos secundários pode sofrer modificações resultantes das condições de cultivo como temperatura,

disponibilidade de água e nutrientes, radiação (MOHAMMAD et al., 2010; PEREIRA; CARDOSO, 2012) e também, com o uso de medicamentos homeopáticos durante o ciclo produtivo das plantas.

A ciência homeopática vem sendo utilizada há mais de 200 anos em humanos e nas últimas décadas em animais e vegetais (OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014; RELTON et al., 2017). Na agricultura, destinam-se ao controle de pragas, como pulgões (WYSS et al., 2010), fungos (TREBBI et al., 2016), incremento no teor de óleo essencial em menta (*Mentha arvensis*) (BONATO et al., 2009), acréscimo na massa fresca de brócolis (PULIDO et al., 2017) e aumento no diâmetro e altura dos capítulos florais em camomila (UBESSI et al., 2018), esses, são apenas alguns exemplos de uso. A ciência homeopática se fundamenta em quatro princípios: princípio da similitude, doses mínimas ou dinamizadas, utilização de um único medicamento por vez e experimentação em indivíduos sadios (VITHOULKAS, 1980; CASALI et al., 2006; TEIXEIRA, 2015).

O princípio da similitude tem como pressuposto que as substâncias da natureza têm a potencialidade de curar os mesmos sintomas que são capazes de produzir em indivíduos sadios. Qualquer substância que possa produzir uma totalidade de sintomas em um vegetal ou ser humano saudável pode curar essa totalidade de sintomas num ser doente. E devido a isso a experimentação parte do uso de uma única substância por vez e em indivíduos sadios, para registrar os efeitos produzidos ao longo das aplicações e sua possível utilização em um ser doente. As doses mínimas ou dinamizadas consistem em diluir e succionar sucessivamente as substâncias e isso proporciona a liberação da energia terapêutica que estava latente na substância bruta, que passa a agir na energia do organismo vivo (DUTRA et al., 2014). A utilização das dinamizações é uma forma de diminuir a toxicidade de substâncias em doses ponderais (CARNEIRO et al., 2011; ISPIZUA; MANZANEDO, 2012). As substâncias dinamizadas obedecem às normas e definições estabelecidas na Farmacopeia Homeopática Brasileira (BRASIL, 2011).

As pesquisas com medicamentos homeopáticos em vegetais são realizadas no sentido de verificar a sua influência na morfologia e fisiologia das plantas. Nas plantas medicinais podem atuar na adaptação ao ambiente de cultivo e no desequilíbrio promovido pela domesticação. Existem inúmeros medicamentos homeopáticos, como o Phosphorus, que é indicado para o cultivo em solos com baixa disponibilidade do nutriente fósforo, quando a espécie apresenta excesso de transpiração por intolerância ao calor e quando há redução na

taxa fotossintética (TICHAVSKY, 2007; BONATO, 2014; RESENDE, 2014). No entanto, há um restrito referencial sobre a aplicação deste medicamento em espécies medicinais, como no caso a camomila, principalmente em condições adversas de cultivo, como a restrição nutricional.

Na agricultura a adição de nutrientes geralmente é empregada para aumentar a produtividade vegetal. Entretanto, os nutrientes afetam não somente o metabolismo primário, mas também influenciam a produção de diferentes metabólitos secundários (GOBBO NETO; LOPES, 2007). O fósforo é um elemento essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, pois é um elemento químico constituinte dos ácidos nucleicos, além de participar de reações na respiração e fotossíntese (HAWKESFORD et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, a deficiência de fósforo em plantas medicinais interfere diretamente na produção de biomassa e no metabolismo secundário, como relatado para as espécies jambu (*Acmella oleracea*) (RODRIGUES et al., 2014), orégano (*Origanum vulgare*) (CORRÊA et al., 2010), camapu (*Physalis angulata*) (CRUZ et al., 2015) e ipeca (*Psychotria ipecacuanha*) (VIEGAS et al., 2014). Dessa forma, a adubação fosfatada deve ser planejada para atender as necessidades da planta e, quando este nutriente encontra-se em baixa disponibilidade, pode-se utilizar medicamentos homeopáticos na tentativa de potencializar a manutenção e o equilíbrio das plantas submetidas a esta condição de restrição nutricional.

As alterações no metabolismo secundário proporcionadas pelos medicamentos homeopáticos podem inferir diretamente na segurança de uso dos subprodutos oriundos desses sistemas de cultivo. Pois, apesar das vantagens terapêuticas das plantas medicinais, alguns constituintes presentes no chá ou no óleo essencial podem ser potencialmente tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (PING et al., 2012; FREITAS et al., 2014). Além disso, não há a elucidação de forma clara do potencial tóxico dessas substâncias, principalmente quando a espécie é submetida a diferentes formas de cultivo, tais como a aplicação de medicamentos homeopáticos que atuam diretamente no metabolismo secundário das plantas medicinais. Deste modo, cabe o estudo dos efeitos antiproliferativos, genotóxicos, citotóxicos e mutagênicos das plantas medicinais, a fim de garantir seu uso seguro (MOURA et al., 2014; LESSA et al., 2017). Sistemas testes vegetais, principalmente o de *Allium cepa*, têm sido utilizados de forma eficiente para avaliar o potencial de genotoxicidade de extratos vegetais e óleo essencial (DIAS et al., 2014; SANTOS et al., 2017).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar diferentes dinamizações do medicamento homeopático Phosphorus na produção de biomassa e de óleo essencial de camomila, como também, os efeitos genotóxicos das infusões e do óleo essencial através do teste de *Allium cepa*, e o efeito na produção de camomila cultivada sob restrição nutricional do elemento químico fósforo.

2. UMA ABORDAGEM TÓPICA SOBRE *Chamomilla recutita* E A CIÊNCIA HOMEOPÁTICA

2.1. A espécie medicinal *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert

A camomila é conhecida pelo seu poder curativo, além de ser uma planta popular que passou por diversos povos e domínios. Atualmente, as nomenclaturas *Matricaria recutita* L., *Matricaria chamomilla* L. ou *Chamomilla recutita* (L.) (Rauschert) são aceitas cientificamente (FOURASTÉ, 2007; LORENZI; MATOS, 2008). A camomila apresenta diversos nomes populares como maçanilha, camomila romana, camomila comum e camomila verdadeira. O nome dessa planta medicinal, *Chamaimelon* ou *Khamaimelon*, é derivado da palavra grega *Chamo*, que significa terra, e *Melos*, que significa maçã, sendo então, chamada de maçã da terra por muitos povos. Essas características foram atribuídas pelos gregos devido ao cheiro similar de maçã exalado pelas flores de camomila (LAWLESS, 1995; GARDINER, 1999; CAN et al., 2012). O nome botânico *Matricaria* é derivado da palavra latina *Matrix* que significa útero, aquilo que gera. Essa referência é devido a sua afinidade com as mulheres, ou seja, suas propriedades medicinais capazes de aliviar cólicas, dor no parto e distúrbios menstruais (MURTI et al., 2012).

A camomila é uma das plantas medicinais de uso mais antigo na medicina europeia e difundida por diversos países. É originária da Europa e Ásia Ocidental, mais precisamente na região do Mar Mediterrâneo (FOURASTÉ, 2007; LORENZI; MATOS, 2008; MAGDZIAK, 2011). No entanto, os primeiros registros de seu uso foram no continente Africano, ao longo do percurso do Rio Nilo, onde se desenvolveu a civilização egípcia. A história da camomila começa no antigo Egito, onde foi mencionada pela primeira vez, como uma cura para a febre, alívio da insolação provocada pelo clima quente e desértico da região, medicação de dores e doenças femininas (SINGH et al., 2011; CAN et al., 2012). O primeiro uso medicinal da camomila está documentado no *Codex Ebers*, mais comumente conhecido como *Ebers Papyrus*, que foi escrito por volta de 1550 a.C. (GHALIOUNGUI, 1987; ALMEIDA, 1993; PETROVSKA, 2012). Também há relatos do seu uso na forma de cosmético. Os registros hieroglíficos mostram que a camomila foi usada cosmeticamente por pelo menos 2.000 anos. As mulheres nobres egípcias usavam preparações das flores esmagadas na pele para melhorar sua textura. Além do uso *in natura* da planta, também havia a extração de óleo essencial e o consumo na forma de infusões, tanto para chás ou banhos. A bebida tinha indicação de calmante e era consumida sob a forma de chá ou tisane (DAS, 2014). O óleo essencial e sua

essência foram considerados ingredientes principais para preservação dos faraós falecidos. Os relatos indicam que o Faraó Ramsés II, um dos principais faraós do Egito, foi embalsamado com o óleo essencial de camomila.

O domínio do Egito pelo Império Grego (332 a.C.) não barrou a continuação de uso da camomila, muito pelo contrário, houve uma fusão das duas culturas. Neste período histórico destaca-se Hipócrates, considerado o pai da medicina e, descriptor da camomila como uma planta medicinal. Do Império Grego é trazido o legado de Hipócrates como inspiração para os romanos Dioscórides e Galeno, que passam a estudar as propriedades e recomendações da camomila. Hipócrates usou a camomila como febrífuga, assim como os egípcios. Posteriormente, Dioscórides, através da obra *Matéria Médica*, descreveu cerca de 600 plantas, 35 fármacos de origem animal e 90 de origem mineral, entre estes, caracterizou a camomila e descobriu sua ação emenagoga (LORENZI; MATOS, 2008; PETROVSKA, 2012). Mais tarde, Galeno, o pai da anatomia humana, retoma e abrange a indicação da camomila para tratar doenças da bexiga, rins e fígado. A Idade Média, após a queda do Império Romano, descreveu a camomila como uma planta de jardim, usada como erva aromática para perfumar a casa. Ainda nos tempos medievais, as flores eram espalhadas em encontros e eventos da época para proporcionar um cheiro agradável ao local (RAYMENT, 2009). No século VI, além da sua função ornamental, também foi usada para tratar insônia, dor nas costas, neuralgia, reumatismo, indigestão, flatulência e dores de cabeça. Neste mesmo período, antes da utilização do lúpulo, a camomila foi usada para a fabricação de cerveja (RAYMENT, 2009).

Atualmente a camomila é cultivada de forma extensiva na Europa e foi introduzida em alguns países asiáticos como Índia e Paquistão para a produção de óleo essencial (UPADHYAYA et al., 2016). Dentre os maiores produtores citam-se os países da Hungria, Rússia, Argentina, Alemanha, Tchecoslováquia, Finlândia, Egito e Índia (MOHAMMAD, 2011; UPADHYAYA et al., 2016) No Brasil, a camomila chegou através dos imigrantes europeus como os italianos, alemães, poloneses e ucranianos (AMARAL et al., 2014; RODRIGUES; LIMA, 2015). No país a produção concentra-se no estado do Paraná, com destaque para os municípios de Mandirituba, São José dos Pinhais e Campo Largo (IBGE, 2006; OLIVEIRA, 2008). Neste estado há aproximadamente três mil hectares cultivados com plantas medicinais e, 60% deste montante correspondem a plantações de camomila e o preço pago aos produtores varia entre R\$ 2,00 a R\$ 6,00 por quilograma de camomila seca, visto que a média de produção nacional é de 400 kg ha⁻¹ de flores (CORRÊA JUNIOR et al., 2008;

TAVANO et al., 2009). A demanda de consumo dos produtos oriundos da camomila estimulou o desenvolvimento de diferentes materiais genéticos adaptados as suas respectivas regiões de cultivo, o mesmo efeito ocorreu no Brasil, após a exportação e plantio de cultivares estrangeiras, que apresentaram desempenho limitado, houve o desenvolvimento genético da única cultivar brasileira, a Mandirituba.

Além do melhoramento genético na busca de cultivares promissoras, a pesquisa sobre suas reais propriedades também foi crescente e hoje, em grande parte, está muito bem elucidado suas propriedades terapêuticas, encontradas exclusivamente nos capítulos florais, visto que é uma das espécies mais usadas para fins medicinais. Tem como principais funções a atividade anti-inflamatória, antisséptica, estimulante, carminativa, espasmolítica e sedativa (GUPTA et al., 2010; KHAKI et al., 2012; MURTI et al., 2012; RAAL et al., 2012). Também é muito utilizada na aromaterapia, massagens e homeopatia (SINGH et al., 2011; GAWDE et al., 2014), bem como, ajuda no controle de úlceras e gastrite (SRIVASTAVA et al., 2010; SHARAFZADEH; ALIZADEH, 2011) Tais benefícios são encontrados na flor *in natura* ou seca e no óleo essencial, que apresenta alto valor comercial e estimula o cultivo pela sua demanda de mercado. Estima-se que o preço pago pelo óleo essencial de camomila gira em torno de R\$ 900,00 a R\$ 2.000,00 por quilograma (CORRÊA JUNIOR et al., 2008). Atualmente, os extratos e o óleo essencial de camomila são usados nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos e de alimentos em geral (ORAV et al., 2010; SINGH et al., 2011).

2.2. A Ciência Homeopática: Princípios, experimentação e aplicabilidade

A ciência homeopática tem sua base descrita por Hipócrates há 450 a.C., que viveu na antiga Grécia e é considerado o pai da medicina e do pensamento vitalista. Acreditava e preconizava uma natureza imaterial no homem, a energia vital, unida ao corpo físico, que regulava todas as funções do organismo e, quando desequilibrada, promovia o surgimento de doenças no indivíduo. Hipócrates foi o primeiro a enunciar o princípio da semelhança, *Similia similibus curantur*, em que afirmava: “a doença é produzida pelos semelhantes e pelos semelhantes que se retoma da doença à saúde” (CORRÊA et al., 1997).

A filosofia proposta por Hipócrates permeou por muitos séculos até ser apropriada por Samuel Hahnemann, no final do século XVIII. Hahnemann utilizava a teoria vitalista como

suporte filosófico ao seu método científico e experimental ao tratar de enfermidades, ao qual chamou de homeopatia (SANTOS; SÁ, 2014; TEIXEIRA, 2015). No entanto, no século XIX, o modelo mecanicista ganha ênfase, substituindo o modelo vitalista exercido até o momento. A visão capitalista na produção industrial de remédios é estabelecida e surge, então, a alopatia, com foco apenas na doença, na “parte” doente do organismo, e não mais a visão do sujeito como um todo, conforme preconizado na homeopatia. No entanto, o sistema de produção agrícola e consumo atual é gerido pelo maçante uso de produtos químicos, fator que estimula a busca de novas alternativas para a produção de alimentos, como o cultivo orgânico, agroecológico ou técnicas de manejos com reduzida carga de insumos industriais. Ao encontro dessas alternativas de produção, a homeopatia novamente ganha força, saindo do âmbito humano e animal, e sendo empregada também na produção vegetal. Assim, a homeopatia fundamenta-se em quatro princípios básicos (VITHOULKAS, 1980; CASALI et al., 2006; TEIXEIRA, 2015), independente da área de aplicação dos medicamentos homeopáticos:

- **Princípio da similitude:** a substância que em indivíduos saudáveis é capaz de provocar determinados sinais, é capaz de curar sintomas semelhantes em indivíduos adoecidos. Este princípio está baseado na lei dos semelhantes *Similia similibus curantur*, semelhante cura semelhante.

- **Experimentação no organismo sadio:** consiste no teste de medicamentos homeopáticos em indivíduos sadios visando obter sintomas, ou seja, observar o que esse medicamento causa no vegetal e esse processo é chamado experimentação. É realizado em organismos sadios para retratar e caracterizar cada medicamento sem a influência de outro fator. Os sintomas provocados pelos medicamentos homeopáticos no vegetal irão auxiliar na sua indicação de uso conforme o princípio da similitude.

- **Doses mínimas ou dinamizadas:** a dose mínima consiste em reduzir a toxicidade das substâncias, pois as substâncias potencialmente úteis na preparação dos medicamentos homeopáticos são altamente tóxicas se usadas naturalmente. Após a diluição, é feita a agitação (sucussão) desta substância, promovendo a liberação da energia e maior efeito terapêutico do medicamento, com neutralização da ação tóxica. O produto das dinamizações é chamado de potência e corresponde ao número que acompanha as letras equivalentes a forma de preparo do medicamento (3CH= potência 3, forma de preparo= Centesimais Hahnemannianas).

- **Medicamento único:** a experimentação sempre é conduzida com apenas um medicamento homeopático, pois com mais de uma substância a experimentação é imprecisa, não havendo como definir qual dos medicamentos promoveu os determinados sintomas.

A aplicabilidade da ciência homeopática é constituída da experimentação dos medicamentos, visto que toda a base existente atual foi elaborada com ênfase em humanos e depois em animais, carecendo de informações no âmbito vegetal, pois ainda não há uma indicação concisa para o uso dos medicamentos nos vegetais, como encontrado para humanos e animais. Assim, para entender o efeito do medicamento precisamos conduzir a sua avaliação em um indivíduo sadio, sem interferência de outros fatores, ao ponto que a resposta do vegetal seja exclusivamente da homeopatia aplicada. O indivíduo sadio consiste no vegetal em equilíbrio e com condições ideais ao seu pleno crescimento e desenvolvimento. Sob esta premissa, os medicamentos homeopáticos provocam um comportamento cíclico no vegetal, como efeito da substância dinamizada e os sintomas apresentados durante a experimentação vão compor a indicação de uso do medicamento homeopático nos vegetais. Portanto, a planta sadia sofre ação dos medicamentos homeopáticos e como defesa a esse efeito, reage e responde com a produção de sintomas. Esses sintomas são variáveis a cada espécie, mas nas plantas medicinais, por exemplo, os medicamentos homeopáticos atuam geralmente no metabolismo secundário, intervindo na produção de metabólitos secundários, como o óleo essencial. As respostas nas plantas medicinais são sinalizadas no metabolismo secundário o qual está diretamente relacionado à defesa e as interações ambientais. Assim, as plantas medicinais são úteis à pesquisa básica, confirmando a ação dos medicamentos homeopáticos sob o mecanismo de defesa do vegetal (ANDRADE;CASALI, 2011).

A resposta homeopática no vegetal é oscilatória dentro do grupo de dinamizações utilizadas e, devido a isso, a experimentação em vegetais deve abordar várias dinamizações de um mesmo medicamento, pois com uma única dinamização, perde-se informações quanto aos efeitos do medicamento homeopático (GONÇALVES et al., 2010). Essa alteração de resposta deve-se a faixa de potências existentes e a ação de cada uma no vegetal. As baixas potências (1CH - 12CH) têm poder de ação mais rápida, de menor profundidade e com menor durabilidade, enquanto que, potências altas (acima de 12CH), à medida que são diluídas e submetidas à sucussão, mais energia a substância desprende e maior é o efeito, pois o processo crescente de dinamização promove cada vez mais a liberação de energia que é absorvida e armazenada pela água (GODOY, 1993). À medida que ocorre o aumento da potência, maior a carga energética e menor o número de moléculas da substância dinamizada.

A partir de 12CH, ultrapassa o número de Avogadro e resta apenas a energia da substância medicamentosa.

Nos vegetais, com a inexistência de uma referência para a indicação de uso de grande parte dos medicamentos homeopáticos, é imprescindível a experimentação com uma gama de potências da mesma substância em indivíduos sadios, a fim de observar quais efeitos causam nos vegetais. Porém, mesmo com essa lacuna, já existem inúmeros medicamentos homeopáticos sendo usados na agricultura, como por exemplo, Carbo vegetabilis (6CH), Silicea terra (30CH) e Sulphur (30CH) que promoveram incremento na massa fresca e seca de inflorescências de brócolis (PULIDO et al., 2017), mesmo efeito proporcionado por Phosphorus 30CH quando aplicado em sementes de alface (QUEIROZ et al., 2015). Alguns medicamentos homeopáticos são usados também no controle de microrganismos fitopatogênicos (SHAH-ROSSI et al., 2009; TREBBI et al., 2016), como Berberis vulgaris no controle de ferrugens, oídios e míldios (BONATO, 2014), e Própolis (6CH, 12CH e 30CH) para minimizar a severidade de pinta preta em tomateiro (TOLEDO et al., 2015). Da mesma forma são usados para reduzir a incidência de insetos como pulgões (WYSS et al., 2010) e tripes (GONÇALVES et al., 2017). Outra finalidade dos medicamentos homeopáticos é o incremento na produtividade vegetal. Nas plantas medicinais os medicamentos tem influência direta na produção de óleo essencial, como destacado para as espécies de picão (*Bidens pilosa*) (ARMOND et al., 2005), chambá (*Justicia pectoralis*) (ANDRADE et al., 2012), carqueja (*Baccharis trimera*) (CAPRA et al., 2014) e menta (*Mentha arvensis*) (BONATO et al., 2009). Entretanto, pelo grande número de medicamentos homeopáticos, apenas alguns foram elucidados e avaliados quanto aos seus efeitos durante o cultivo de espécies vegetais. Dessa forma, cabe destacar a importância de avaliar novas espécies e medicamentos, principalmente plantas medicinais e sua resposta ao uso de medicamentos homeopáticos durante o cultivo em condições ideais e também quando há restrição nutricional. Pois, o cultivo de plantas medicinais não deve apresentar contaminações ou resíduos químicos, em razão destes comprometer a finalidade terapêutica da espécie e, assim, os medicamentos homeopáticos configuram-se como alternativa de uso, favorecendo o cultivo sustentável e a utilização seguro da espécie medicinal.

2.3. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. R. **Plantas medicinais brasileiras: conhecimentos populares e científicos**. Hemus, 1993. 341 p.
- AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; MACHADO, M. P.; KOELER, H. S.; SCHEER, A. P.; CÔCCO, L. C. Desenvolvimento da camomila, rendimento e qualidade do óleo essencial em diferentes idades de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 237-242, 2014.
- ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D. Homeopatia, agroecologia e sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 49-56, 2011.
- ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D.; CECON, P. R. C. Crescimento e produção de cumarina em plantas de chambá (*Justicia pectoralis* Jacq.) tratadas com isoterápico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 154-158, 2012.
- ARMOND, C.; CASALI, V. W. D.; CECON, P. R.; REIS FILHO, E. L.; LISBOA, S.; ARRUDA, V.; DUARTE, E. S. M.; MOREIRA, A. M.; SILVA, C. V.; BRANDÃO, M. G. L. Teor de óleo essencial e compostos antimaláricos em plantas de *Bidens pilosa* L. tratadas com a homeopatia China. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 7, n. 3, p. 18-24, 2005.
- BONATO, C. M. **Homeopatia simples: alternativa para a agricultura familiar**. (4ª ed.) Marechal Cândido Rondon: Gráfica Escala, 2014. 50 p.
- BONATO, C. M.; PROENÇA, G. T. D.; REIS, B. Homeopathic drugs Arsenicum album and Sulphur affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 101-105, 2009.
- CAN, Ö. D.; ÖZKAY, Ü. D.; KIYAN, H. T.; DEMIRCI, B. Psychopharmacological profile of Chamomile (*Matricaria recutita* L.) essential oil in mice. **Phytomedicine**, v. 19, n. 3-4, p. 306-310, 2012.
- CAPRA, R. S.; GRATÃO, A. S.; FREITAS, G. B.; LEITE, M. N. Preparados homeopáticos e ambiente de cultivo na produção e rendimento de quercetina em carqueja (*Baccharis trimera* (Less) DC). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 566-573, 2014.

CASALI, V. W. D.; CASTRO, D. M.; ANDRADE, F. M. C.; LISBOA, S. P. **Homeopatia: bases e princípios**. Viçosa: Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 149 p.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; BORSATO, A. V.; DRANKA, E. **O cultivo da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert)**. Curitiba: Emater, 2008. 44 p.

CORRÊA, A. D.; SIQUEIRA-BATISTA, R.; QUINTAS, L. E. M. *Similia Similibus Curentur*: notação histórica da medicina homeopática. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 347-51, 1997.

DAS, M. **Chamomile: medicinal, biochemical, and agricultural aspects**. CRC Press, 2014. 316 p.

FOURASTÉ, I. La Camomille. In: **Étude Botanique**. Faculté des Sciences Pharmaceutiques de Toulouse, Institut Klorane, 2007.

GARDINER, P. Chamomile (*Matricaria recutita*, *Anthemis nobilis*). **Longwood Herbal Task Force**, 1999. 21 p.

GAWDE, A.; CANTRELL, C. L.; ZHELJAZKOV, V. D.; ASTATKIE, T.; SCHLEGEL, V. Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 61-67, 2014.

GHALIOUNGUI, P. **The Ebers papyrus: a new English translation, commentaries and glossaries**. Academy of Scientific Research & Technology, 1987. 298 p.

GODOY, M. As potências em homeopatia, escala de dinamização de frequência ascendente. In: BRUNINI, C.; SAMPAIO, C. **Homeopatia: Princípios, Doutrina, Farmácia IBEHE**, São Paulo: Editora Mythos, 1993. 187-198 p.

GONÇALVES, P. A. S.; BOFF, P.; ARAÚJO, E. R. Altas diluições dinamizadas de nitrato de cálcio e sulfato de potássio no manejo de tripes, mieldio e rendimento de cebola em sistema orgânico de produção. **Revista Thema**, v. 14, n. 4, p. 16-24, 2017.

GONÇALVES, P. A. S.; BOFF, P.; BOFF, M. I. C. Preparado homeopático de losna, *Artemisia vulgaris* L., no manejo de tripes e seu efeito sobre a produção de cebola em sistema orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.5, n.2, p.16-21, 2010.

GUPTA, V.; MITTAL, P.; BANSAL P.; KHOKRA, S. L.; KAUSHIK, D. Pharmacological potential of *Matricaria recutita*: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research**, v. 2, n. 1, p. 12-16, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, 2006. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=818&z=t&o=19&i=>>>. Acesso em 01 mar. 2019.

KHAKI, M.; SAHARI, M. A.; BARZEGAR, M. Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) essential oil on cake shelf life. **Journal of Medicinal Plants**, v. 3, n. 43, p. 9-18, 2012.

LAWLESS, J. **The illustrated encyclopedia of essential oils: the complete guide to the use of oils in aromatherapy and herbalism**. Shaftesbury, Dorset, UK: Element, 1995. 256 p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2ª ed. Nova Odessa - SP, Instituto Plantarum, 2008. 544 p.

MAGDZIAK, A. S. Influence of row spacing on herb yield of common chamomile (*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.) as well as seed yield and quality. **Acta Agrobotanica**, v. 64, n. 3, p. 35-38, 2011.

MOHAMMAD, S. M. Study on cammomile (*Matricaria chamomilla* L.) usage and farming. **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 7, p. 1446-1453, 2011.

MURTI, K.; PANCHAL, M. A.; GAJERA, V.; SOLANKI, J. Pharmacological properties of *Matricaria recutita*: a review. **Pharmacologia**, v. 3, n. 8, p. 348-351, 2012.

OLIVEIRA, R. Paraná mantém liderança da produção de camomila. 2008. Disponível em: <<https://www.tribunapr.com.br/noticias/economia/parana-mantem-lideranca-da-producao-de-camomila/>>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

ORAV, A.; RAAL, A.; ARAK, E. Content and composition of the essential oil of *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert from some European countries. **Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters**, v. 24, n. 1, p. 48-55, 2010.

PETROVSKA, B. B. Historical review of medicinal plants' usage. **Pharmacognosy Reviews**, v. 6, n. 11, p. 1-5, 2012.

PULIDO, E.; BOFF, P.; DUARTE, T.; BOFF, M. I. High dilution preparations for organic production system of broccoli. **Agronomía Colombiana**, v. 35, n. 1, p. 53-58, 2017.

QUEIROZ, R. L.; DUARTE, E. S. M.; MARQUES, M.; GOULART, V. A.; MARQUES, G. F. Formação de mudas de alface provenientes de sementes peletizadas com altas diluições. **Revista Fitos**, v. 9, n. 3, p. 177-184, 2015.

RAAL, A.; ORAV, A.; PÜSSA, T.; VALNER, C.; MALMISTE, B.; ARAK, E. Content of essential oil, terpenoids and polyphenols in commercial chamomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert) teas from different countries. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 632-638, 2012.

RAYMENT, W. J. History of Chamomile. InDepthInfo. 2009. Disponível em: <<http://www.indepthinfo.com/chamomile/history.htm>> Acesso em: 01 mar. 2019.

RODRIGUES, J. D.; LIMA, C. P. Análise microbiológica e físico-química de amostras secas de camomila, *Matricaria recutita* (L.), Asteraceae, comercializadas em Curitiba, Paraná. **Cadernos da Escola de Saúde**, v. 2, n. 14, p. 11-20, 2015.

SANTOS, R.; SÁ, F. M. P. Homeopatia: histórico e fundamentos. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 60-78, 2014.

SHAH-ROSSI, D.; HEUSSER, P.; BAUMGARTNER, S. Homeopathic treatment of *Arabidopsis thaliana* plants infected with *Pseudomonas syringae*. **The Scientific World Journal**, v. 9, p. 320-330, 2009.

SHARAFZADEH, S.; ALIZADEH, O. German and Roman chamomile. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 1, n. 10, p. 01-05, 2011.

SINGH, O.; KHANAM, Z.; MISRA, N.; SRIVASTAVA, M. K. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. **Pharmacognosy Reviews**, v. 5, n. 9, p. 82-95, 2011.

SRIVASTAVA, J. K.; SHANKAR, E.; GUPTA, S. Chamomile: a herbal medicine of the past with a bright future. **Molecular Medicine Reports**, v. 3, n. 6, p. 895-901, 2010.

TAVANO, E. C. D. R.; TAVARES, A. R.; TAKAKI, M.; LIMA, G. P. P. Conteúdos de compostos fenólicos e flavonóides em plantas de camomila (*Matricaria recutita* L. - Asteraceae) cultivadas *in vivo* e *in vitro*. **Naturalia**, v. 32, p. 67-77, 2010.

TEIXEIRA, M. Z. **Semelhante cura semelhante: o princípio de cura homeopático fundamentado pela racionalidade médica e científica**. 2ª ed. São Paulo, 2015. 463 p.

TOLEDO, M. V.; STANGARLIN, J. R.; BONATO, C. M. Controle da pinta preta e efeito sobre variáveis de crescimento em tomateiro por preparados homeopáticos. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 2, p. 126-132, 2015.

TREBBI, G.; NIPOTI, P.; BREGOLA, V.; BRIZZI, M.; DINELLI, G.; BETTI, L. Ultra high diluted arsenic reduces spore germination of *Alternaria brassicicola* and dark leaf spot in cauliflower. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 318-325, 2016.

UPADHYAYA, R. K.; SINGH, V. R.; TEWARI, S. K. New agro-technology to increase productivity of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 89, p. 10-13, 2016.

VITHOULKAS, G. **Homeopatia ciência e cura**. São Paulo: Cultryx, 1980. 436 p.

WYSS, E.; TAMM, L.; SIEBENWIRTH, J.; BAUMGARTNET, S. Homeopathic preparations to control the Rosy Apple Aphid (*Dysaphis plantaginea* Pass.). **The Scientific World Journal**, v. 10, p. 38-48, 2010.

3. ARTIGO 1¹: CULTIVO DE CAMOMILA SUBMETIDO A SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS

Chamomile cultivation submitted to ultra-diluted Phosphorus solutions

RESUMO: Os medicamentos homeopáticos podem estimular respostas diferenciadas no cultivo de plantas medicinais, alterando o metabolismo vegetal. O objetivo deste trabalho foi verificar e descrever os efeitos provocados pela aplicação de Phosphorus no cultivo de camomila, visando à produtividade de flores, bem como, a determinação da composição mineral presente no tecido vegetal de camomila. Foram avaliadas quatro dinamizações 3CH, 6CH, 12CH e 30CH na cultivar de camomila Mandirituba. Os vasos controle receberam apenas água destilada e álcool 70% na mesma quantidade e proporção do medicamento homeopático. As variáveis analisadas a partir da colheita das flores estão relacionadas aos parâmetros da inflorescência e produção vegetal da camomila, assim como a composição mineral. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias por Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Não houve diferença entre as dinamizações aplicadas para os caracteres número de flores planta⁻¹, massa seca planta⁻¹, massa seca hectare⁻¹, número de ramos e altura de planta. Os caracteres massa de flores planta⁻¹, produtividade de flores frescas e secas não diferiram das médias apresentadas pelas testemunhas, no entanto, na dinamização 30CH valores superiores às demais dinamizações foram observados, assim como, para massa fresca planta⁻¹ e hectare⁻¹. O diâmetro e a altura da inflorescência expressaram melhor resultado na dinamização 3CH. A dinamização 30CH aumentou o acúmulo de nitrogênio e ferro, enquanto que 6CH elevou os teores de potássio e fósforo. A aplicação de Phosphorus modifica o metabolismo vegetal de camomila, especialmente com incrementos nos caracteres relacionados à inflorescência.

Palavras-chave: *Chamomilla recutita*, homeopatia, dinamização, biomassa.

¹ Este artigo já foi publicado, no entanto, em formato diferenciado e sem a inclusão dos dados referentes à composição mineral. UBESSI, C.; ROSA, V. S.; KRYSCZUN, D. K.; CARINI, F.; TEDESCO, S. B.; SILVA, C. B.; ANDRIOLO, J. L. Chamomile cultivation submitted to ultra-diluted Phosphorus solutions. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 305-313, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n8p305>

ABSTRACT: Homeopathic medicines can stimulate differentiated responses in the cultivation of medicinal plants, altering the plant metabolism. The aim was to verify and describe the pathogenic symptoms caused by the application of Phosphorus in the cultivation of chamomile, aiming at the productivity of flowers, as well as, the determination of the mineral composition present in the plant tissue of chamomile. Four dynamizations, 3CH, 6CH, 12CH and 30CH were evaluated in the Mandirituba chamomile cultivar. Control pots received only distilled water and 70% alcohol in the same amount and proportion of homeopathic medicine. The variables analyzed from the harvest of the flowers are related to the parameters of the inflorescence and vegetal production of chamomile, as well as the mineral composition. The data were submitted to analysis of variance and to the means comparison test by Scott & Knott at 5% error probability level. There was no difference between the dynamizations applied for the number of flowers plant⁻¹, dry mass plant⁻¹, dry mass hectare⁻¹, number of branches and plant height. The characters of flowers mass plant⁻¹, and productivity of fresh and dried flowers did not differ from the averages presented by the witnesses; however, in the 30CH dynamization, values higher than the others were observed, as well as for fresh mass plant⁻¹ and hectare⁻¹. The diameter and the height of the inflorescence expressed better results in the 3CH dynamization. The 30CH dynamization increased nitrogen and iron accumulation, while 6CH elevated potassium and phosphorus levels. The application of Phosphorus modifies the plant metabolism of chamomile, especially with increases in the characters related to the inflorescence.

Keywords: *Chamomilla recutita*, homeopathy, dynamization, biomass.

3.1. INTRODUÇÃO

A homeopatia é uma ciência fundamentada pelo médico alemão Samuel Hahnemann (RELTON et al., 2017) e teve sua base descrita por Hipócrates há 450 anos a.C. na antiga Grécia. É uma ciência baseada em quatro princípios: similitude, experimentação em indivíduos sadios, doses mínimas e utilização de um único medicamento homeopático por vez. No Brasil, o uso da homeopatia é regulamentado por lei na agricultura orgânica (BRASIL, 2008), no entanto, também é amplamente usada em outros sistemas agrícolas, seja para melhorias no sistema produtivo ou no controle de pragas e doenças.

Existem inúmeros medicamentos homeopáticos sendo usados na agricultura, de acordo com sua peculiaridade e efeito promovido nos vegetais. Diluições de Carbo vegetabilis (6CH), Silicea terra (30CH) e Sulphur (30CH) promoveram incremento na massa fresca e seca de inflorescências de brócolis (PULIDO et al., 2017), mesmo efeito proporcionado por Phosphorus 30CH quando aplicado em sementes de alface (QUEIROZ et al., 2015). Alguns medicamentos homeopáticos são usados no controle de microrganismos fitopatogênicos (SHAH-ROSSI et al., 2009; TREBBI et al., 2016), como Berberis vulgaris no controle de ferrugens, oídios e míldios (BONATO, 2014), e Própolis (6CH, 12CH e 30CH) para minimizar a severidade de pinta preta em tomateiro (TOLEDO et al., 2015). Também são usados para reduzir a incidência de insetos como pulgões (WYSS et al., 2010) e tripses (GONÇALVES et al., 2017).

Os medicamentos homeopáticos também podem ser usados em substituição aos insumos químicos. Como uma alternativa de cultivo sustentável a agricultura, a Homeopatia se insere neste cenário visando à produção de alimentos saudáveis, em equilíbrio com o ambiente, sem deixar resíduos tóxicos e com a redução do uso de insumos químicos, como por exemplo, o nutriente fósforo. Este elemento químico está presente nos processos de respiração e fotossíntese das plantas, diretamente relacionado ao crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013). Apresenta pouca disponibilidade nos solos e na forma de adubo fosfatado é proveniente de rochas fosfatadas, um recurso não renovável, além de potencial poluente de águas superficiais (KLEIN; AGNE, 2012). O medicamento homeopático Phosphorus é proveniente de sais orgânicos de fósforo (CASALI et al., 2009), diluído e succionado inúmeras vezes até atingir a dinamização desejada. É indicado na agricultura para cultivos em solos com baixa disponibilidade de fósforo, quando a espécie apresenta excesso de transpiração por intolerância ao calor e quando há redução na taxa fotossintética (TICHAVSKY, 2007; BONATO, 2014; RESENDE, 2014). No entanto, ainda falta clareza sobre seu potencial efeito nos vegetais, principalmente em plantas medicinais.

As plantas medicinais são utilizadas pela humanidade há muitos anos com o intuito do tratamento e cura de doenças. Dentre estas, a camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) está entre as espécies mais consumidas no mundo e com maior área de cultivo no Brasil (SING et al., 2011; CORRÊA JUNIOR; SCHEFFER, 2014). Isso deve-se as suas propriedades terapêuticas e produção de óleo essencial de alto valor econômico (RAAL et al., 2012; AMARAL et al., 2014). A camomila apresenta inflorescências do tipo capítulo, das quais é extraído o óleo essencial e preparadas as infusões, ambos com propriedades anti-

inflamatória, bactericida, cicatrizante e calmante (SINGH et al., 2007; BAKKALI et al., 2008; VIEIRA et al., 2009; RAAL et al., 2012). As inflorescências são o principal produto comercializável no cultivo de camomila, espécie a qual não apresenta estudos com medicamentos homeopáticos visando à produção de flores.

A aplicação de medicamentos homeopáticos é capaz de alterar o metabolismo vegetal (CASALI et al., 2010; ANDRADE et al., 2012), que responde aos fatores que circundam a planta no ambiente de cultivo. Considerando a planta sadia, a mesma sofre ação dos medicamentos homeopáticos e como defesa a esse efeito, reage e responde com alterações no seu metabolismo, caracterizando os efeitos ou sintomas do medicamento, ou seja, o conjunto de sintomas (toda e qualquer reação/resposta da planta, em comparação a um ensaio em branco) que uma substância homeopática pode provocar no vegetal. Desta forma, a experimentação em plantas sadias contribui para o emprego dos medicamentos homeopáticos na agricultura, ou seja, sua indicação de uso.

Visto a importância econômica da camomila, pelo seu uso e cultivo, e a escassez na descrição dos efeitos dos medicamentos homeopáticos sobre essa espécie, o objetivo deste trabalho foi verificar e descrever os efeitos provocados pela aplicação de Phosphorus no cultivo de camomila, visando à produção de flores.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido e realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – Rio Grande do Sul, Brasil (S: 29° 42' 23''; W: 53° 43' 15'' e 95 metros de altitude ao nível do mar). O clima da região é do tipo Cfa, conforme a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). O experimento foi realizado de agosto a dezembro, totalizando 135 dias de cultivo.

3.2.1. Semeadura e condução do experimento

As sementes de camomila, cultivar Mandirituba, foram adquiridas diretamente com produtor de sementes no município de Mandirituba, Paraná - Brasil, por intermédio da Emater - Paraná. A semeadura foi realizada em vasos com volume de 5 dm³ contendo substrato

H.Decker[®], distribuídos em bancadas de telhas de fibrocimento preenchidas com pedra brita. Após a emergência foi efetuado raleio manual e a manutenção de apenas uma planta por vaso.

A solução nutritiva foi fornecida de acordo com a necessidade da cultura e nas seguintes proporções para macronutrientes (m mol L^{-1}): 9,85 NO_3 ; 1,15 NH_4 ; 0,80 H_2PO_4 ; 6,00 K; 3,50 Ca^{2+} ; 2,50 Mg^{2+} ; 2,50 $(\text{SO}^{2-})_4$, e para micronutrientes (mg L^{-1}): 0,03 Mo; 0,26 B; 0,06 Cu; 0,50 Mn; 0,22 Zn e 1,00 Fe. A solução nutritiva apresentou condutividade elétrica (CE) igual a 1,40 dS/m e pH de 6,20. Os fertilizantes utilizados como fonte para os macronutrientes foram nitrato de potássio, monoamônio fosfato, sulfato de magnésio e Calcinit[®]. A formulação da solução nutritiva levou em consideração a recomendação de cultivo para camomila (CORRÊA JUNIOR et al., 2008). A distribuição da solução foi realizada por meio de mangueira gotejadora disposta em cada fileira de vasos, de modo que cada gotejador coincidia com um vaso. Os demais procedimentos de cultivo seguiram as recomendações técnicas para a camomila segundo Corrêa Junior et al. (2008).

Ao longo do experimento foi monitorada a temperatura no interior da estufa com o auxílio do aparelho manual Datalogger modelo Akso[®] 170, com oito medições diárias de temperatura às 1h, 4h, 7h, 10h, 13h, 16h, 19h e 22h.

3.2.2. Aplicação dos medicamentos homeopáticos

Os tratamentos consistiram na aplicação do medicamento homeopático Phosphorus, nas dinamizações 3CH, 6CH, 12CH e 30CH. O medicamento foi adquirido em farmácia homeopática na cidade de Santa Maria - RS, preparado em álcool 70% (v v^{-1}). A aplicação de fósforo foi realizada duas vezes por semana, após a semeadura e estabelecimento das plantas, até o final do experimento. O fármaco, nas diferentes dinamizações, foi diluído em água destilada na proporção de 0,5 mL L^{-1} e aplicado por meio de pulverização da parte aérea na quantidade de 100 mL por planta. O tratamento controle recebeu apenas água destilada e álcool 70% (v v^{-1}) na mesma quantidade e proporção do medicamento homeopático.

3.2.3. Mensuração das variáveis

A colheita dos capítulos florais foi realizada manualmente quando as flores liguladas estavam em um ângulo de 180° (CORRÊA JUNIOR et al., 2008; AMARAL et al., 2014). A

partir da colheita foram estimadas as demais variáveis. Como forma de padronização os capítulos florais serão mencionados pelo termo flor (es).

Número de flores planta⁻¹: número de flores colhidas em todo o experimento em cada planta (número (n)).

Massa de flores planta⁻¹: massa das flores coletadas ao longo do experimento em cada planta (gramas (g)).

Produtividade de flores frescas: massa das flores colhidas ao final do experimento transformada para hectares (quilogramas por hectare (kg ha⁻¹)).

Produtividade de flores secas: determinação realizada por meio do desconto de 20% de perda de massa fresca da produção de flores frescas (quilogramas por hectare (kg ha⁻¹)), ou seja, a cada quilo de flores frescas resulta em 800 gramas de flores secas.

Massa fresca planta⁻¹: ao final do experimento as plantas foram colhidas e pesadas em balança analítica de precisão (gramas (g)).

Massa seca planta⁻¹: determinada com o acondicionamento das plantas em estufa de secagem, com circulação forçada de ar, a temperatura de 60 °C, até atingir massa constante.

Massa fresca hectare⁻¹: obtida por meio do valor de massa fresca por planta transformada para hectares (quilogramas por hectare (kg ha⁻¹)).

Massa seca hectare⁻¹: definida pelo valor de massa seca por planta transformada para hectare (quilogramas por hectare (kg ha⁻¹)).

Número de ramos: contado ao final do experimento todos os ramos na base da planta (número (n)).

Altura de planta: avaliada no término do experimento a partir do ramo central da planta (centímetros (cm)).

Diâmetro de flor: diâmetro da estrutura floral incluindo o centro e as flores liguladas (milímetros (mm)).

Altura de flor: valor da estrutura floral medida verticalmente da base ao ápice da estrutura floral (milímetros (mm)).

Além das variáveis relacionadas à produção de camomila também foi determinada a composição mineral do tecido vegetal de camomila. As amostras foram compostas por três plantas inteiras, exceto a raiz, de cada tratamento, secas em estufa com fluxo de ar contínuo na temperatura de 60 °C, até atingir massa constante, e depois trituradas. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre/RS, para a definição dos seguintes nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco.

3.2.4. Estatística e delineamento experimental

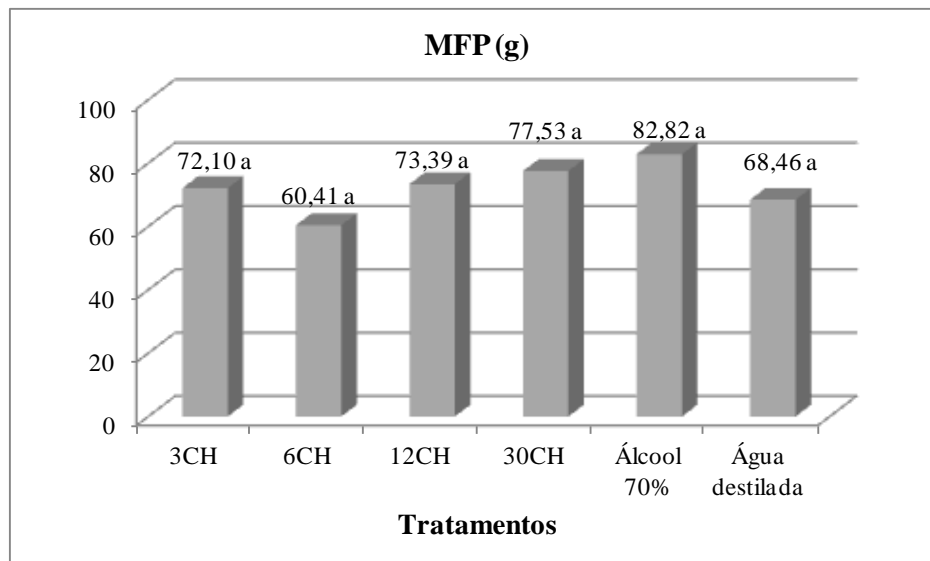
O experimento foi conduzido de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e duplo cego, com seis tratamentos: quatro dinamizações de Phosphorus (3CH, 6CH, 12CH e 30CH), água destilada e álcool 70%. Cada bancada representou um tratamento e foi composta por 20 vasos espaçados 0,30 metros em duas fileiras, totalizando quatro repetições de cinco unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e ao teste de comparação de médias por Scott & Knott (1974) em nível de 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

3.3. RESULTADOS

A análise de variância demonstrou diferença significativa entre as dinamizações para a maioria dos caracteres analisados, como: massa de flores planta⁻¹ (MFP), produtividade de flores frescas (PFF), produtividade de flores secas (PFS), massa fresca por planta (MFP), massa fresca por hectare (MF/ha), diâmetro de flor (DF) e altura de flor (AF). Nos demais caracteres número de flores planta⁻¹, massa seca planta⁻¹, massa seca hectare⁻¹, número de ramos e altura de planta não houve diferença entre as dinamizações aplicadas. A média do número de flores foi de, aproximadamente, 1104 capítulos por planta.

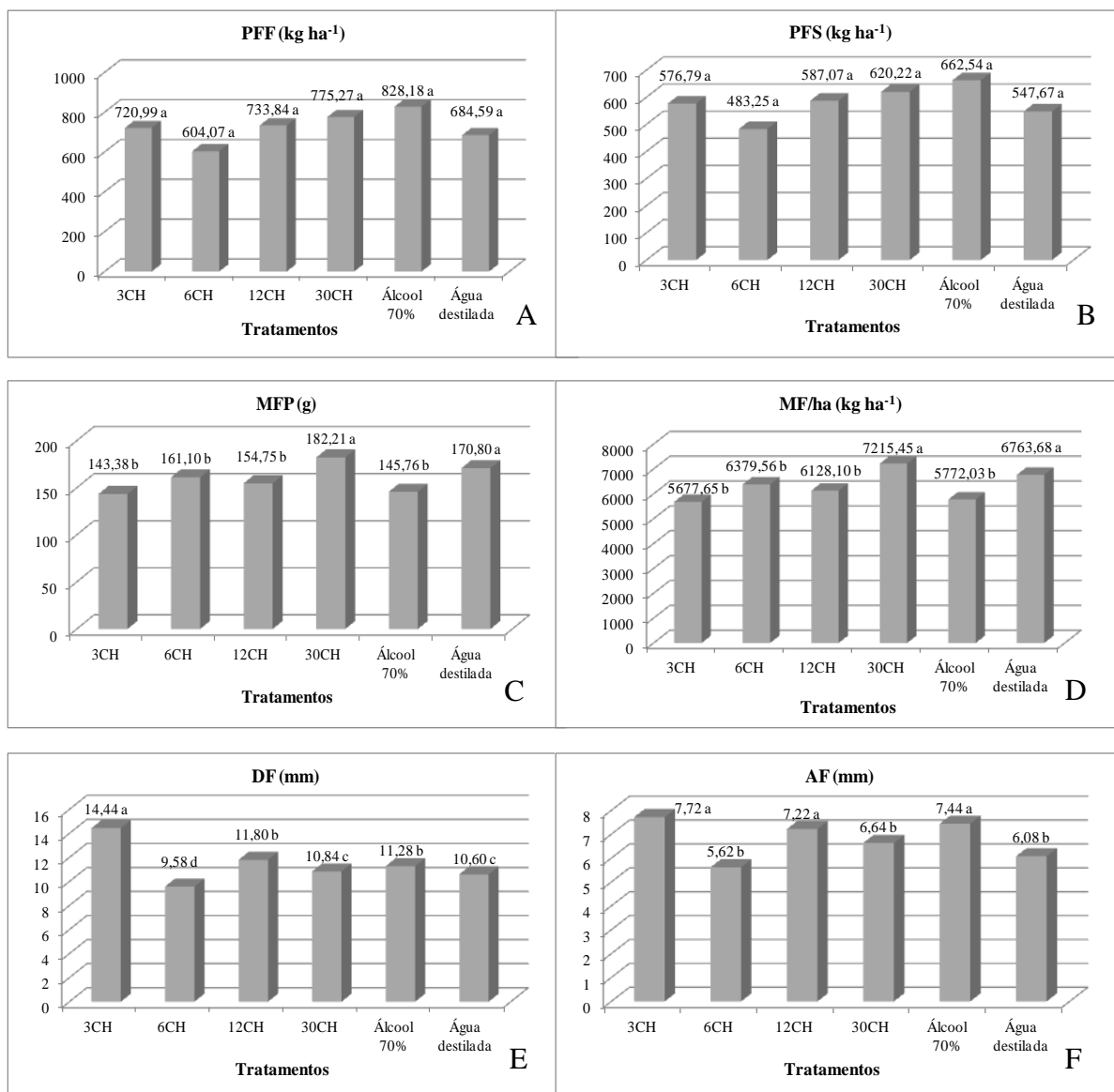
Para os caracteres massa de flores planta⁻¹, produtividade de flores frescas e secas, as dinamizações não diferiram das médias das testemunhas (Figura 1; Figura 2A e 2B). Mesmo assim, cabe destacar, que entre as dinamizações, a 30CH demonstrou valores superiores as demais, enquanto 6CH mostrou decréscimo.

Figura 1. Massa de flores planta⁻¹ (MFP) de camomila submetida a diferentes dinâmizações de Phosphorus.



Nas variáveis massa fresca planta⁻¹ e massa fresca hectare⁻¹ a dinamização 30CH proporcionou maior eficiência, mas não divergiu da testemunha água destilada (Figura 2C e 2D). Para esses dois caracteres, as dinâmizações 3CH e 12CH possibilitaram um declínio em relação às demais, ou seja, promoveram um efeito limitante na produção de massa fresca. Os atributos relacionados especificamente a inflorescência da espécie, como diâmetro e altura de flor obtiveram melhor desempenho na dinamização 3CH, no entanto, a altura não diferiu de 12CH e da testemunha álcool (Figura 2E e 2F). Na utilização da dinamização 6CH, resultados inferiores foram observados às demais para os caracteres relacionados à inflorescência de camomila.

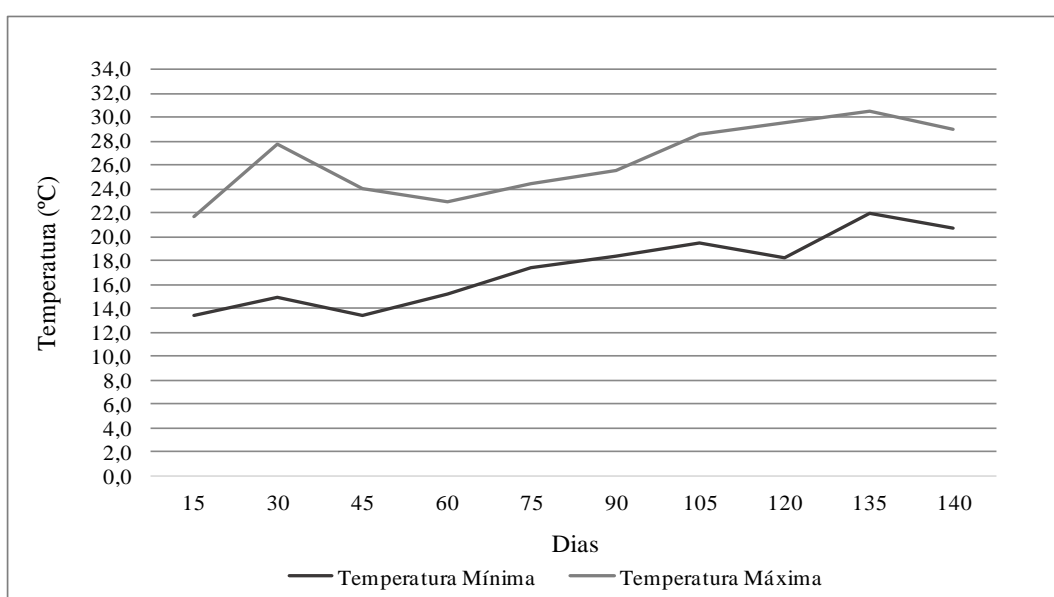
Figura 2. Variáveis relacionadas à produção de flores e massa fresca de camomila submetida a diferentes dinamizações de Phosphorus. PFF: produtividade de flores frescas (A); PFS: produtividade de flores secas (B); MFP: massa fresca por planta (C); MF/ha: massa fresca por hectare (D); DF: diâmetro de flor (E); AF: altura de flor (F).



Cabe destacar a média de produtividade de flores frescas e secas superior a 400 kg ha⁻¹ (Figura 2A e 2B), valor médio de produção a campo. É importante salientar a contribuição do medicamento homeopático para atingir esse patamar, independente da dinamização utilizada. Durante o experimento também foi monitorada a temperatura dentro do ambiente protegido a fim de garantir o pleno desenvolvimento das plantas (Figura 3), pois um estresse térmico pode ocasionar a inibição da fotossíntese e limitar a produção. Os dados de temperatura estão

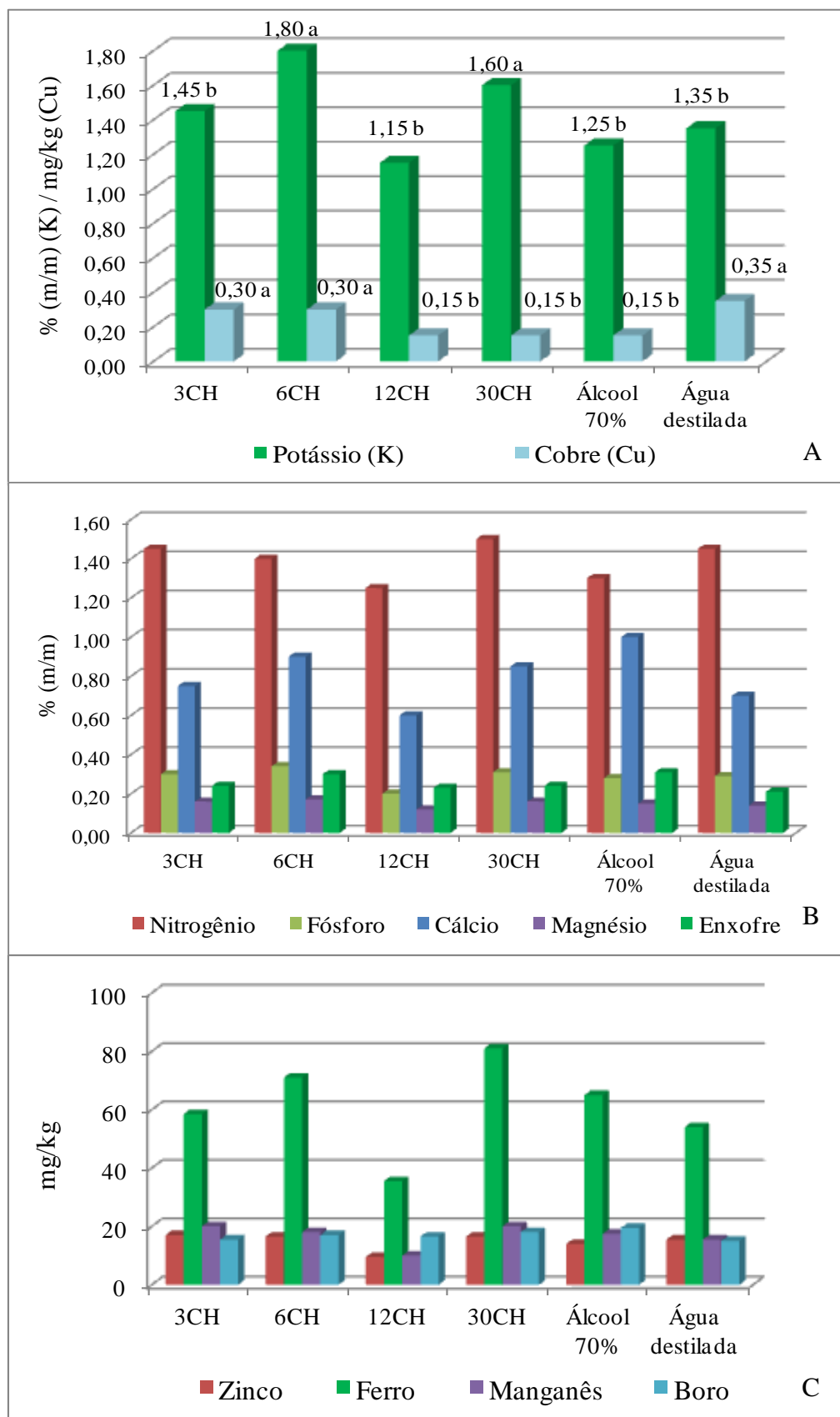
demonstrados em intervalos de quinze dias do início até o término do experimento. A temperatura apresentou uma oscilação de 13,4 °C até 30,5 °C durante o experimento, com uma média de 17 °C de mínima e 26 °C de máxima no decorrer de todo o experimento. O clima ideal para a camomila é o subtropical úmido, com temperaturas médias abaixo de 20 °C (CORRÊA JUNIOR et al., 2008), porém mesmo com temperaturas acima de 20 °C, a camomila apresentou elevada produtividade de flores, ou seja, a temperatura não interferiu na produção de camomila em ambiente protegido.

Figura 3. Temperatura mínima e máxima no cultivo de camomila em ambiente protegido.



Analisando a composição mineral do tecido vegetal de camomila houve diferença significativa apenas para os nutrientes potássio e cobre (Figura 4A). As maiores concentrações são encontradas nas dinamizações 6CH e 30CH para o potássio, enquanto que para o cobre não houve distinção entre 3CH, 6CH e água destilada e 12CH, 30CH e álcool. A dinamização 30CH proporcionou maior concentração de nitrogênio e ferro e a dinamização 12CH demonstrou baixos valores para os nutrientes zinco, ferro, manganês, fósforo e cálcio, em relação às demais dinamizações (Figura 4B e 4C). O acúmulo de nutrientes, independente do tratamento, seguiu a ordem decrescente para os macronutrientes: $K > N > Ca > P > S > Mg$, e para os micronutrientes: $Fe > B > Mn > Zn > Cu$. O acúmulo de nutrientes foi elaborado de acordo com as médias de cada nutriente em todos os tratamentos.

Figura 4. Composição mineral de camomila submetida a diferentes dinâmizações de Phosphorus.



3.4. DISCUSSÃO

O medicamento homeopático Phosphorus promoveu alterações nos parâmetros avaliados em camomila quando em comparação com as testemunhas que não receberam o medicamento. Essas alterações caracterizam os efeitos da aplicação de Phosphorus. A camomila é uma espécie que respondeu de forma positiva as diferentes dinamizações utilizadas, exceto em alguns caracteres morfológicos como número de flores planta⁻¹, massa seca planta⁻¹, massa seca hectare⁻¹, número de ramos e altura de planta. Isto está de acordo com a hipótese de que o tratamento homeopático é capaz de interferir significativamente no metabolismo da planta (SANTOS et al., 2011). A camomila demonstrou-se sensível ao medicamento homeopático Phosphorus por meio da alteração na resposta de alguns caracteres, principalmente, aqueles relacionados à inflorescência da espécie, como diâmetro e altura dos capítulos florais.

A pesquisa com plantas sadias é uma ferramenta útil para investigar a especificidade de medicamentos homeopáticos, especialmente a flutuação entre os níveis das dinamizações (JÄGER et al., 2015). Considerando a experimentação em uma planta sadia, o quadro sintomático, com incrementos ou decréscimos em determinados caracteres, configuram os efeitos promovidos pelos medicamentos homeopáticos nos vegetais. As alterações observadas na camomila são resultantes da ação do medicamento homeopático Phosphorus e dos sintomas provocados no vegetal, em que cada dinamização determinou uma resposta diferenciada conforme o caractere avaliado. Desta forma, observou-se que não há uma relação linear entre o aumento da dinamização e a resposta do vegetal. As mínimas alterações morfológicas em alguns dos caracteres analisados podem ser explicadas pelo cultivo em equilíbrio que as plantas foram submetidas, com condições ideais e satisfatórias para a produção e, também, pelo equilíbrio natural da própria planta em relação às características avaliadas. No entanto, os efeitos provocados são dependentes do medicamento homeopático, da dinamização e da espécie vegetal (KOLISKO; KOLISKO, 1978; CASALI et al., 2009; SANTOS et al., 2011), assim, essa resposta é aleatória e variável.

Os autores Vasconcelos et al. (2004) estudaram o efeito de Phosphorus em plantas de trigo (*Triticum aestivum*) com e sem adubação orgânica e verificaram que o medicamento nas dinamizações 3CH e 6CH reduziram os valores de massa fresca. Os melhores resultados foram correspondentes às dinamizações mais altas, acima de 12CH, corroborando com a resposta obtida para a camomila, para a qual a dinamização 30CH possibilitou melhores

resultados. Ao avaliar o efeito de Phosphorus 3CH em capim limão (*Cymbopogon citratus*), Casali et al. (2009) observaram que esta dinamização diminuiu a altura de planta e a massa foliar. Em camomila, esta mesma dinamização apresentou decréscimos apenas nos caracteres massa fresca planta⁻¹ e massa fresca hectare⁻¹, enquanto que 6CH demonstrou redução nas demais variáveis. Essa resposta negativa proporcionada pelas menores dinamizações pode estar relacionada ao fato da menor energia medicamentosa disponível em 3 e 6CH, em contraponto, 30CH apresenta maior energia e dessa forma, pode-se inferir que os caracteres massa fresca e seca respondem positivamente a maior energia em detrimento da quantia de moléculas, em maior número em 3 e 6CH. A resposta de Phosphorus também foi variável para os autores Scherr et al. (2007) ao avaliar diversas dinamizações em lentilha d'água (*Lemna gibba*). A espécie *Aloysia gratissima* também apresentou sensibilidade ao medicamento homeopático Phosphorus, com respostas positivas na germinação e no crescimento inicial das plântulas (SANTOS et al., 2011).

Observando a composição mineral de camomila, considerando os valores obtidos na água destilada e as ótimas condições de cultivo, é perceptível que a camomila é uma cultura que demanda em maior quantidade os nutrientes potássio, nitrogênio, cálcio e ferro. A alta concentração de potássio foi observada para outras espécies medicinais como relatado pelos autores Silveira et al. (2009), Olivier et al. (2012) e Pedro et al. (2016). O nitrogênio está relacionado ao crescimento vegetal, conseqüentemente, na dinamização 30CH com maior concentração deste elemento, também é observado elevada produção de massa fresca, assim como obtido para jambu (*Acmella oleracea*) (BORGES et al., 2013). O cálcio está associado ao poder transpiratório das plantas, por meio da participação no controle estomático (FUNK; AMATANGELO, 2013) e sua disponibilidade pode interferir na formação de flores, como em canola (*Brassica napus*) (SÜZER, 2014). Já o ferro é um dos principais componentes de enzimas e, assim como outros nutrientes, interfere na capacidade fotossintética da planta e também pode afetar o crescimento vegetal (YADEGARI; SHAKERIAN, 2014), visto que, é encontrado na dinamização 30CH, de maior produção de massa fresca. Cabe destacar que a heterogeneidade do perfil de composição centesimal pode estar associada à origem, a espécie e tipo de planta, as estruturas vegetais analisadas e também aos fatores como tipo de solo e cultivo, uso de fertilizantes e agroquímicos (BERTOL et al., 2015).

A resposta aos medicamentos homeopáticos pode se manifestar em várias partes ou em diferentes caminhos do metabolismo no organismo vegetal (JÄGER et al., 2015). É comum observar que o mesmo medicamento homeopático pode causar efeitos diversos e

distintos, aumentando ou diminuindo uma variável (SANTOS et al., 2011; ANDRADE et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013; CAPRA et al., 2014), isso caracteriza a importância da pesquisa agrônômica para elucidar quais efeitos cada medicamento homeopático pode causar nas plantas e assim, ampliar sua recomendação de uso. Além disso, as plantas são organismos que respondem a ação do medicamento homeopático, uma vez que reagem a estas substâncias.

3.5. CONCLUSÃO

As dinamizações de Phosphorus promoveram respostas diferenciadas no cultivo de camomila, caracterizando os efeitos proporcionados pela aplicação do medicamento homeopático.

A produtividade de flores hectare^{-1} pode ser incrementada com a aplicação da dinamização 30CH e o diâmetro e altura dos capítulos florais com o emprego da dinamização 3CH.

A dinamização 30CH eleva os teores dos nutrientes nitrogênio e ferro e a dinamização 6CH aumenta o acúmulo de potássio e fósforo no tecido vegetal.

3.6. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; MACHADO, M. P.; KOELER, H. S.; SCHEER, A. P.; CÔCCO, L. C. Desenvolvimento da camomila, rendimento e qualidade do óleo essencial em diferentes idades de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 237-242, 2014.

ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D.; CECON, P. R. C. Efeito de dinamizações de *Arnica montana* L. no metabolismo de chambá (*Justicia pectoralis* Jacq.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 159-162, 2012.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BERTOL, A.; ALMEIDA S. M. Z.; ALMEIDA, L. P.; Determinação de minerais em algumas plantas medicinais utilizadas em Xanxerê Oeste Catarinense. **Unoesc & Ciência**, v. 6, n. 1, p. 37-44, 2015.

BONATO, C. M. **Homeopatia simples: alternativa para a agricultura familiar**. (4^a ed.) Marechal Cândido Rondon: Gráfica Escala, 2014. 50 p.

BORGES, L. S.; GUERRERO, A. C.; GOTO, R.; LIMA, G. P. P. (2013). Produtividade e acúmulo de nutrientes em plantas de jambu sob adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 83-94, 2013.

BRASIL. **Instrução Normativa n. 64 de 18 de dezembro de 2008**. Ementa: Aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. Diário Oficial da União. Brasília, Seção 1, p. 21, 18 de dezembro 2008.

CAPRA, R. S.; GRATÃO, A. S.; FREITAS, G. B.; LEITE, M. N. Preparados homeopáticos e ambiente de cultivo na produção e rendimento de quercetina em carqueja (*Baccharis trimera* (Less) DC.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 566-573, 2014.

CASALI, V. W. D.; ANDRADE, F. M. C.; DUARTE, E. S. M. **Acológia de Altas Diluições: Resultados científicos e experiências sobre uso de preparados homeopáticos em sistemas vivos**. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia - Viçosa, MG, 2009. 537 p.

CASALI, V. W. D.; CASTRO, D. M.; ARMOND, C.; FONSECA, M. C. M.; ANDRADE, F. M. C.; DUARTE, E. S. M.; ARRUDA, V. M. Benefícios da homeopatia no cultivo de plantas medicinais. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 255, p. 79-84, 2010.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 376-376, 2014.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; BORSATO, A. V.; DRANKA, E. **O cultivo da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert)**. Curitiba: Emater, 2008. 44 p.

CRUZ, C. D. (2013) Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

FUNK, J. L.; AMATANGELO, K. L. Physiological mechanisms drive differing foliar calcium content in ferns and Angiosperms. **Oecologia**, v. 173, n. 1, p. 23-32, 2013.

GONÇALVES, P. A. S.; BOFF, P.; ARAÚJO, E. R. Altas diluições dinamizadas de nitrato de cálcio e sulfato de potássio no manejo de tripes, míldio e rendimento de cebola em sistema orgânico de produção. **Revista Thema**, v. 14, n. 4, p. 16-24, 2017.

JÄGER, T.; SCHERR, C.; SHAH, D.; MAJEWSKY, V.; WOLF, U.; BETTI, L.; BAUMGARTNER, S. The use of plant-based bioassays in homeopathic basic research. **Homeopathy**, v. 104, n. 04, p. 277-282, 2015.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente! **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713-1721, 2012.

KOLISKO, E.; KOLISKO, L. **Agriculture of tomorrow**. Acorn Press, (2ª ed.). Bournemouth, England, 1978. 322 p.

OLIVEIRA, J. S. B.; GOMES, S. M. T. P.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; MESQUINI, R. M.; BONATO, C. M.; ROMANO, E. D. B. Patogenesis do óleo essencial e homeopatia de *Eucalyptus citriodora* em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 734-41, 2013.

OLIVIER, J.; SYMINGTON, E. A.; JONKER, C. Z.; RAMPEDI, I. T.; EEDEN, T. S. V. Comparison of the mineral composition of leaves and infusions of traditional and herbal teas. **South African Journal of Science**, v. 108, n. 1, p. 1-7, 2012.

PEDRO, F. G. G.; ARRUDA, G. L.; OLIVEIRA, J. C.; SANTOS, A. D.; SIGARINI, K. S.; HERNANDES, T.; VILLA, R. D.; OLIVEIRA, A. P. Composição centesimal e mineral de plantas medicinais comercializadas no mercado do Porto de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 297-306, 2016.

PULIDO, E.; BOFF, P.; DUARTE, T.; BOFF, M. I. High dilution preparations for organic production system of broccoli. **Agronomía Colombiana**, v. 35, n. 1, p. 53-58, 2017.

QUEIROZ, R. L.; DUARTE, E. S. M.; MARQUES, M.; GOULART, V. A.; MARQUES, G. F. Formação de mudas de alface provenientes de sementes peletizadas com altas diluições. **Revista Fitos**, v. 9, n. 3, p. 177-184, 2015.

RAAL, A.; ORAV, A.; PUSSA, T.; VALNER, C.; MALMISTE, B.; ARAK, E. Content of essential oil, terpenoids and polyphenols in commercial chamomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert) teas from different countries. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 632-638, 2012.

RELTON, C.; COOPER, K.; VIKSVEEN, P.; FIBERT, P.; THOMAS, K. Prevalence of Homeopathy use by the general population worldwide: a systematic review. **Homeopathy**, v. 106, n. 02, p. 69-78, 2017.

RESENDE, J. M. **Caderno de homeopatia: instruções práticas geradas por agricultores sobre o uso da homeopatia no meio rural**. Viçosa, MG: UFV, 2014. 51 p.

SANTOS, F. M.; MONFORT, L. E. F.; CASTRO, D. M.; PINTO, J. E. B. P.; LEONARDIC, M.; PISTELLI, L. Characterization of essential oil and effects on growth of *Verbena gratissima* plants treated with homeopathic Phosphorus. **Natural Product Communications**, v. 6, n. 10, p. 1499-1504, 2011.

SCHERR, C.; SIMON, M.; SPRANGER, J.; BAUMGARTNER, S. Duckweed (*Lemna gibba* L.) as a test organism for homeopathic potencies. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 13, n. 9, p. 931-937, 2007.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, p. 507-512, 1974.

SHAH-ROSSI, D.; HEUSSER, P.; BAUMGARTNER, S. Homeopathic treatment of *Arabidopsis thaliana* plants infected with *Pseudomonas syringae*. **The Scientific World Journal**, v. 9, p. 320-330, 2009.

SILVEIRA, L. M. S.; OLEA, R. S. G.; AMARANTE JÚNIOR, O. P.; MARIZ, S. R. Extração de minerais em planta de uso medicinal através da infusão e digestão por micro-ondas. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 90, n. 2, p. 144-14, 2009.

SINGH, G.; MAURYA, S.; DELAMPASONA, M. P.; CATALAN, C. A. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. **Food and Chemical Toxicology**, v. 45, n. 9, p. 1650-1661, 2007.

SINGH, O.; KHANAM, Z.; MISRA, N.; SRIVASTAVA, M. K. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. **Pharmacognosy Reviews**, v. 5, n. 9, p. 82-95, 2011.

SÜZER, S. Effects of plant nutrition on canola (*Brassica napus* L.) growth. In: **Balkan Agriculture Congress**. p. 08-11, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. (5ª ed.) Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TICHAVSKY, M. R. **Manual de Agrohomeopatía**. (1ª ed.) Monte Rei, México, 2007. 40 p.

TOLEDO, M. V.; STANGARLIN, J. R.; BONATO, C. M. Controle da pinta preta e efeito sobre variáveis de crescimento em tomateiro por preparados homeopáticos. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 2, p. 126-132, 2015.

TREBBI, G.; NIPOTI, P.; BREGOLA, V.; BRIZZI, M.; DINELLI, G.; BETTI, L. Ultra high diluted arsenic reduces spore germination of *Alternaria brassicicola* and dark leaf spot in cauliflower. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 318-325, 2016.

VASCONCELOS, E. S.; BONATO, C. M.; PINTRO, J. C.; CHICATI, M. L.; MASSARIOL, D. M.; PRICINOTTO, L. F. Avaliação do crescimento de *Triticum aestivum* submetido a diferentes níveis de adubação e preparado homeopático Phosphorus. **Arquivos Apadec**, n. 8, p. 1261-1266, 2004.

VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H.; SANCHES, M. A. S.; NUNES, M. C.; BENDASSOLLI, F. Doses de nitrogênio e de cama de frango na produção da camomila “Mandirituba”. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, 2009.

WYSS, E.; TAMM, L.; SIEBENWIRTH, J.; BAUMGARTNET, S. Homeopathic preparations to control the Rosy Apple Aphid (*Dysaphis plantaginea* Pass.). **The Scientific World Journal**, v. 10, p. 38-48, 2010.

YADEGARI, M.; SHAKERIAN, A. Effects of micronutrients foliar application on essential oils of lemom balm (*Melissa officinalis* L.). **Advances in Environmental Biology**, v. 8, n. 4, p. 1063-1069, 2014.

4. ARTIGO 2: EFEITO DA APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS NA PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA

Effect of the application of ultra-diluted Phosphorus solutions on the productivity and composition of essential oil of chamomile

RESUMO: O uso de medicamentos homeopáticos pode promover uma oscilação na produção de princípios ativos no metabolismo secundário das plantas medicinais, alterando assim, a quantidade e os compostos produzidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação do medicamento homeopático Phosphorus no teor, produtividade e composição do óleo essencial de camomila. O medicamento homeopático Phosphorus foi aplicado na cultivar Mandirituba subdividido em quatro dinamizações: 3CH, 6CH, 12CH e 30CH, contendo dois tratamentos controles: água destilada e álcool 70% (veículo das soluções homeopáticas). A aplicação dos tratamentos consistiu a partir da emergência das plantas até a finalização do experimento, com pulverizações apenas na parte aérea e em intervalos semanais. Após a colheita das flores, o óleo essencial foi obtido por meio de hidrodestilação para a determinação do teor, produtividade e composição, realizada através de GC-FID e GC/MS. A dinamização de Phosphorus 3CH proporcionou maior teor e produtividade de óleo essencial, com um incremento de 33,4% por hectare. Em comparação ao tratamento controle com água destilada, é possível observar um aumento na concentração de analitos majoritários com a aplicação das dinamizações de Phosphorus. Com exceção do camazuleno, que apresentou um comportamento inverso, reduzindo a concentração com o aumento das dinamizações. No entanto, ao comparar os resultados para o camazuleno com os percentuais encontrados na literatura sem a aplicação de medicamentos homeopáticos, é possível afirmar que o Phosphorus elevou a concentração deste analito, independente da dinamização avaliada. O medicamento homeopático Phosphorus provoca alterações na concentração dos analitos presentes no óleo essencial de camomila e aumenta o teor a produtividade de óleo essencial dessa espécie.

Palavras-chave: *Chamomilla recutita*, dinamização, camazuleno, metabolismo secundário, PCA.

ABSTRACT: The use of homeopathic medicines can promote an oscillation in the production of active principles in the secondary metabolism of medicinal plants, thus altering the quantity and the compounds produced. The aim of this work was to evaluate the action of the homeopathic medicine Phosphorus on the content, productivity and composition of the essential oil of chamomile. The homeopathic medicine Phosphorus was applied to the cultivar Mandirituba subdivided in four dynamizations: 3CH, 6CH, 12CH and 30CH, containing two control treatments: distilled water and 70% alcohol (vehicle of homeopathic solutions). The application of the treatments consisted of the emergence of the plants until the end of the experiment, with sprays only in the aerial part and at weekly intervals. After the flowers were harvested, the essential oil was obtained by means of hydrodistillation to determine the content, productivity and composition, performed through GC-FID and GC/MS. The dynamization of Phosphorus 3CH provided a higher content and productivity of essential oil, with an increase of 33.4% per hectare. Compared to the control treatment with distilled water, it is possible to observe an increase in the concentration of major analytes with the application of Phosphorus dynamizations. With the exception of the camazulene, that presented an inverse behavior, reducing the concentration with the increase of dynamizations. However, when comparing the results for the camazulene with the percentages found in the literature without the application of homeopathic medicines, it is possible to affirm that Phosphorus increased the concentration of this analyte, independent of the dynamization evaluated. The homeopathic medicine Phosphorus causes changes in the concentration of the analytes present in the essential oil of chamomile and increases the content and productivity of essential oil of this species.

Keywords: *Chamomilla recutita*, dynamization, camazulene, secondary metabolism, PCA.

4.1. INTRODUÇÃO

A camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) é uma espécie anual pertencente à família Asteraceae, muito conhecida na medicina popular. Suas propriedades terapêuticas são encontradas unicamente nas inflorescências *in natura* ou seca, as quais são utilizadas para a extração do óleo essencial. Mundialmente, é a espécie medicinal mais consumida na forma de chá, óleo essencial ou em subprodutos das indústrias farmacêuticas, de cosméticos e de alimentos (ORAV et al., 2010; SINGH et al., 2011; RAAL et al., 2012). Os benefícios encontrados no chá ou infusões de camomila estão relacionados à presença de flavonoides

como a apigenina, luteolina, quercetina e seus derivados (SRIVASTAVA et al., 2010; CVETANOVIĆ et al., 2019). Já o óleo essencial, apresenta como principais analitos o α -bisabolol e seus óxidos de α -bisabolol A e B, e camazuleno (GUPTA et al., 2010). O camazuleno é o analito responsável pela coloração azul do óleo e é formado durante o processo de extração a partir do composto matricina (ORAV et al., 2010). No entanto, mais de 120 metabólitos secundários já foram identificados a partir do óleo essencial de camomila (ORAV et al., 2010; SRIVASTAVA et al., 2010; HADI et al., 2011; DAS, 2014), o qual é atribuído às propriedades medicinais anti-inflamatória, antimicrobiana e espasmolítica, além de componente de produtos cosméticos, pois tem efeito suavizante e cicatrizante na pele (GUPTA et al., 2010; SRIVASTAVA et al., 2010; PETRONILHO et al., 2011).

O óleo essencial é um dos produtos derivado do metabolismo secundário das plantas. Os metabólitos secundários são componentes bioativos, geralmente encontrados em plantas medicinais, tornando-os fontes de produtos farmacêuticos, aditivos alimentares e sabores (LU et al., 2017; SONG et al., 2017). Suas propriedades estimulam o cultivo e o consumo de plantas medicinais, corroboram para o crescimento do mercado econômico e incentivam diversas pesquisas que buscam retratar sua produção na planta e sua atuação enquanto medicamento. Apesar da existência de um controle genético, a expressão dos metabólitos secundários pode sofrer modificações resultantes das condições de cultivo, como temperatura, umidade, luz, disponibilidade de água e nutrientes (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; MOHAMMAD et al., 2010; PEREIRA; CARDOSO, 2012), e, também, com o uso de medicamentos homeopáticos durante o ciclo produtivo das plantas.

Na agricultura, os medicamentos homeopáticos destinam-se ao controle de pragas, doenças e amenização dos efeitos abióticos que promovem estresse no vegetal. No entanto, também é recorrente o uso na produção vegetal, com a finalidade de incrementar a produção. Nas plantas medicinais, geralmente, os medicamentos homeopáticos tem influência direta na produção de óleo essencial, como destacado para as espécies de picão (*Bidens pilosa*) (ARMOND et al., 2005), chambá (*Justicia pectoralis*) (ANDRADE et al., 2012), carqueja (*Baccharis trimera*) (CAPRA et al., 2014) e menta (*Mentha arvensis*) (BONATO et al., 2009). Entretanto, pelo grande número de medicamentos homeopáticos, apenas alguns foram elucidados e avaliados quanto aos seus efeitos durante o cultivo de espécies vegetais. Dentro desse contexto, cabe destacar o medicamento Phosphorus que na agricultura é indicado para solos com baixa disponibilidade do elemento químico fósforo (TICHAVSKY, 2007), mas não

apresenta descrições de seu potencial efeito no cultivo de plantas medicinais, como a camomila, principalmente em relação ao metabolismo secundário.

Tendo em vista a importância medicinal da camomila e a ausência na descrição de possíveis efeitos dos medicamentos homeopáticos sobre o óleo essencial desta espécie, este trabalho teve por objetivo avaliar a ação de dinamizações de Phosphorus quanto ao teor, produtividade e composição do óleo essencial de camomila cultivada em ambiente protegido.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Obtenção do material vegetal e organização experimental

O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, Brasil. A semeadura da cultivar Mandirituba foi efetuada em vasos com volume de 5 dm³ contendo substrato da marca comercial H.Decker[®]. As plantas foram cultivadas em ambiente protegido e cada bancada de cultivo representou um tratamento. Após a emergência foi mantido apenas uma planta por vaso. As plantas receberam solução nutritiva elaborada conforme a recomendação de cultivo para camomila (CORRÊA JUNIOR et al., 2008) e demais procedimentos experimentais foram realizados segundo Ubessi et al. (2018). As plantas de camomila receberam a aplicação do medicamento homeopático Phosphorus, preparado em álcool 70% (v v⁻¹), em quatro dinamizações 3CH, 6CH, 12CH e 30CH. Para a aplicação nas plantas, as dinamizações foram diluídas em água destilada na proporção de 0,5 mL L⁻¹, logo após a emergência até a finalização do experimento, totalizando 135 dias de cultivo. Cada planta de camomila foi pulverizada com 100 mL de cada tratamento. Os tratamentos controle receberam apenas água destilada e álcool 70% (v v⁻¹) (veículo das soluções homeopáticas) na mesma quantidade e proporção do medicamento homeopático.

4.2.2. Extração do óleo essencial e determinação do teor e produtividade

A colheita dos capítulos florais de camomila foi realizada manualmente, seguida da determinação da massa fresca de flores por planta e, após, acondicionadas em refrigerador (aproximadamente 4 °C) até o momento da extração do óleo (em torno de 100 dias de armazenamento refrigerado). A extração do óleo essencial foi realizada no Laboratório de

Citogenética Vegetal e Genotoxicidade/UFSM por meio de hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger, durante 2 horas e 30 minutos após o início da ebulição, utilizando 50 g de flores frescas. A partir da extração foi determinado o teor e a produtividade de óleo essencial em cada tratamento. O teor de óleo essencial foi calculado pela multiplicação da quantidade de óleo extraído (mL) por 100 e dividido pela quantidade de massa fresca usada para a extração (50 g), foi expresso em % g⁻¹ de massa fresca. Já a produtividade de óleo considera a produção de flores frescas por hectare, multiplicada pela quantidade de óleo extraído (mL) e dividida por 1000 para expressar o valor obtido em litros por hectare (L ha⁻¹). Posterior à extração, as amostras de óleo essencial foram armazenadas em refrigerador até a realização da análise cromatográfica.

4.2.3. Caracterização do óleo essencial

A caracterização do óleo essencial de camomila ocorreu por meio da análise cromatográfica, realizada em um cromatógrafo a gás (Varian Star 3400CX, CA, EUA) equipado com um detector de ionização de chama (GC-FID). 10 µL do óleo foi diluído em 1 mL de hexano onde uma alíquota de 1 µL da solução foi injetada na porta de injeção do sistema cromatográfico a uma temperatura de 270 °C, no modo *split* de razão 1:40. Os compostos foram separados numa coluna capilar apolar de sílica fundida EquityTM-5 (60 m × 0,20 mm × 0,20 µm) (Supelco, USA). O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste a uma pressão constante de 25 psi. A temperatura inicial da coluna foi ajustada para 40 °C e mantida durante 1 min. Em seguida, a temperatura foi aumentada a uma taxa de 8 °C min⁻¹ até 160 °C, seguido por um aumento a 1 °C min⁻¹ até 180 °C, seguido novamente por um aumento a 20 °C min⁻¹ até 300 °C e mantida em condições isotérmicas durante 10 minutos. A temperatura do detector foi mantida a 280 °C. Uma série de n-alcenos homólogos (C7 - C24) foi analisada sob as mesmas condições cromatográficas para calcular o índice de retenção linear (IRL). A quantificação foi realizada pela normalização das áreas dos picos cromatográficos e expressa em percentagem.

A análise qualitativa dos compostos foi efetuada por um cromatógrafo gasoso (Shimadzu QP2010 Ultra) acoplado a espectrômetro de massas (GC/MS, Shimadzu Corporation, Quioto, Japão). Para estas análises, foram utilizadas as mesmas condições cromatográficas acima descritas e hélio como gás de arraste. O detector foi operado no modo de ionização por impacto de elétrons com uma energia de ionização de 70 eV e um intervalo

de varredura de massas 35-350 m/z. Os compostos foram identificados com base na comparação com os espectros de massas disponível na biblioteca National Institute of Standards and Technology (NIST) e por comparação dos índices de retenção linear calculados com aqueles disponíveis na literatura científica. Cada tratamento foi avaliado em triplicata.

4.2.4. Análise estatística

O experimento foi realizado de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e duplo cego, com seis tratamentos: quatro dinamizações de Phosphorus (3CH, 6CH, 12CH e 30CH), água destilada e álcool 70%. Cada bancada de cultivo representou um tratamento e foi composta por 20 vasos espaçados 0,30 metros em duas fileiras, totalizando quatro repetições de cinco unidades experimentais. Os dados referentes à concentração dos compostos do óleo essencial foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e ao teste de comparação de médias por Scott & Knott (1974) em nível de 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). Além disso, o conjunto de dados referente ao teor, produtividade e composição do óleo essencial foram submetidos à análise multivariada de componentes principais (PCA) usando o software Pirouette 3.11 - InfoMetrix (Woodinville, EUA, 2003). Antes do PCA, a matriz de dados foi autoescalada para que cada variável assumisse o mesmo peso na análise.

4.3. RESULTADOS

4.3.1. Teor e produtividade do óleo essencial

A análise de variância mostrou diferença significativa entre as dinamizações para o teor e produtividade de óleo essencial. Para estas variáveis, a dinamização 3CH expressou médias superiores às demais, enquanto que a dinamização 6CH promoveu decréscimo (Tabela 1). Cabe destacar que a dinamização 3CH aumentou a produtividade de óleo essencial em $1,35 \text{ L ha}^{-1}$ quando comparado com o valor obtido para o controle água destilada, um incremento de 33,4% por hectare.

Tabela 1. Teor e produtividade de óleo essencial de camomila submetida a dinamizações de Phosphorus.

Tratamento	Teor	Produtividade
	% g ⁻¹ MF	L ha ⁻¹
3CH	0,56 a*	4,04 a*
6CH	0,36 c	2,17 d
12CH	0,49 b	3,57 b
30CH	0,38 c	3,00 c
Álcool 70%	0,39 c	3,28 b
Água destilada	0,39 c	2,69 c
Média Geral	0,43	3,13
CV (%)	12,77	12,05

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. MF: Massa Fresca. CV: Coeficiente de Variação.

4.3.2. Composição do óleo essencial

Os principais compostos encontrados no óleo essencial de camomila estão apresentados na Tabela 2. Foram identificados 28 compostos presentes no controle com água destilada. Os compostos majoritários foram o óxido de α -bisabolol B, óxido de bisabolol A, β -trans-farneseno, óxido de bisabolona e camazuleno em todos os tratamentos. Já em menor quantidade, cita-se o epimanol. De modo geral, mais de 65% dos constituintes do óleo essencial de camomila foram identificados. Ao comparar as dinamizações com o tratamento controle água destilada, três compostos não foram encontrados, como o trans-crisantemol na dinamização 6CH, o 4,8-dimetil-nona-3,8-dien-2-one na dinamização 12CH e 1-naftaleno propanol (epimanol) no álcool 70% e nas dinamizações 12CH e 30CH (Tabela 2).

A Tabela 2 também reporta o teste de médias entre os tratamentos para a concentração dos analitos. Em comparação ao tratamento controle com água destilada, é possível observar, para os compostos majoritários supracitados, um aumento na concentração com a aplicação das dinamizações. Com exceção do camazuleno, que apresentou um comportamento inverso, reduzindo a concentração com o aumento das dinamizações. Cada analito teve uma resposta diferenciada dentro de cada dinamização. No caso do epimanol houve um pequeno aumento na dinamização 6CH, no entanto, este analito não foi encontrado nas dinamizações seguintes.

Tabela 2. Composição do óleo essencial de camomila submetida a diferentes dinâmizações de Phosphorus.

	Analitos	IRL	% de composição						Média	CV (%)
			Água	3CH	6CH	12CH	30CH	Álcool		
1	2-Isopropil Tolueno	1073	0,18 C*	0,24 B	0,30 A	0,30 A	0,12 D	0,16 C	0,22	8,12
2	Eucaliptol	1077	0,08 D	0,19 A	0,15 B	0,14 B	0,11 C	0,13 B	0,13	9,19
3	β -Ocimene	1080	0,29 B	0,32 A	0,28 B	0,34 A	0,18 C	0,27 B	0,28	8,43
4	Artemesia Cetona	1086	0,89 B	1,17 A	1,05 A	1,04 A	1,07 A	0,61 C	0,97	8,64
5	γ -Terpineno	1086	0,15 C	0,22 B	0,23 B	0,31 A	0,16 C	0,25 B	0,22	9,67
6	Artemisia Álcool	1095	0,22 A	0,18 B	0,20 A	0,14 C	0,15 C	0,16 C	0,17	7,62
7	Trans-Crisantemol	1164	0,22 A	0,22 A	0,00 C	0,13 B	0,22 A	0,14 B	0,15	10,49
8	Nonenal	1171	0,10 A	0,08 B	0,10 A	0,07 B	0,08 B	0,11 A	0,09	7,39
9	α -Terpineol	1204	0,06 B	0,07 A	0,09 A	0,05 B	0,05 B	0,06 B	0,07	17,75
10	4,8-Dimetil-nona-3,8-dien-2-one	1284	0,08 C	0,27 A	0,14 B	0,00 E	0,03 D	0,01 E	0,08	10,82
11	Decanoato Etilico	1396	0,09 B	0,14 A	0,13 A	0,04 C	0,09 B	0,08 B	0,09	9,78
12	β -trans-Farneseno	1462	6,55 B	5,83 C	7,46 A	6,19 B	7,62 A	5,39 C	6,51	5,41
13	Dehidro Sesquicineol	1483	2,86 C	3,75 B	3,59 B	1,21 E	4,19 A	2,08 D	2,94	5,75
14	β -copaeno	1507	1,20 A	0,83 C	1,07 B	0,78 C	1,23 A	0,83 C	0,99	4,91
15	Farneseno	1513	0,28 B	0,23 C	0,33 A	0,21 D	0,27 B	0,27 B	0,27	4,37
16	Germacreno B	1520	0,94 C	1,10 B	0,94 C	0,77 D	1,29 A	1,27 A	1,05	6,37
17	Delta-Cadineno	1566	0,26 A	0,18 D	0,23 B	0,19 C	0,24 B	0,16 E	0,21	1,94
18	Nerolidol	1570	0,55 C	0,46 D	0,77 A	0,41 E	0,60 B	0,26 F	0,51	4,57
19	Nerolidol Isomer	1572	0,11 A	0,08 C	0,09 B	0,08 C	0,10 A	0,06 D	0,09	3,45
20	Espatulenol	1609	0,22 E	0,22 E	0,28 D	0,29 C	0,36 B	0,45 A	0,30	2,36
21	Óxido de α -Bisabolol B	1730	20,69 D	24,65 C	25,45 B	30,74 A	14,81 E	25,38 B	23,62	0,80
22	Óxido de Bisabolona	1748	6,51 D	6,41 E	7,65 C	6,56 D	7,96 B	8,36 A	7,24	0,86
23	Camazuleno	1794	4,93 A	4,54 B	4,33 C	3,58 E	3,88 D	2,54 F	3,96	1,22
24	Óxido de Bisabolol A	1807	16,80 D	22,03 A	15,99 E	17,63 C	19,96 B	22,54 A	19,16	2,33
25	Palmitato Metílico	1977	0,44 B	0,32 C	0,48 A	0,43 B	0,53 A	0,40 B	0,43	6,71
26	1-Naftaleno Propanol (Epimanol)	2090	0,05 B	0,05 B	0,07 A	0,00 C	0,00 C	0,00 C	0,03	14,71
27	Ácido Linolênico	2110	0,18 B	0,13 C	0,25 A	0,23 A	0,27 A	0,20 B	0,22	10,35
28	Ácido Linoleico	2171	0,38 A	0,40 A	0,37 A	0,26 B	0,43 A	0,31 B	0,36	8,59
Total identificado (%)			65,31	74,34	72,03	72,12	66,02	72,49	-	-

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. IRL: Índice de retenção linear experimental. Água: água destilada. Álcool: álcool 70%. CV: Coeficiente de Variação.

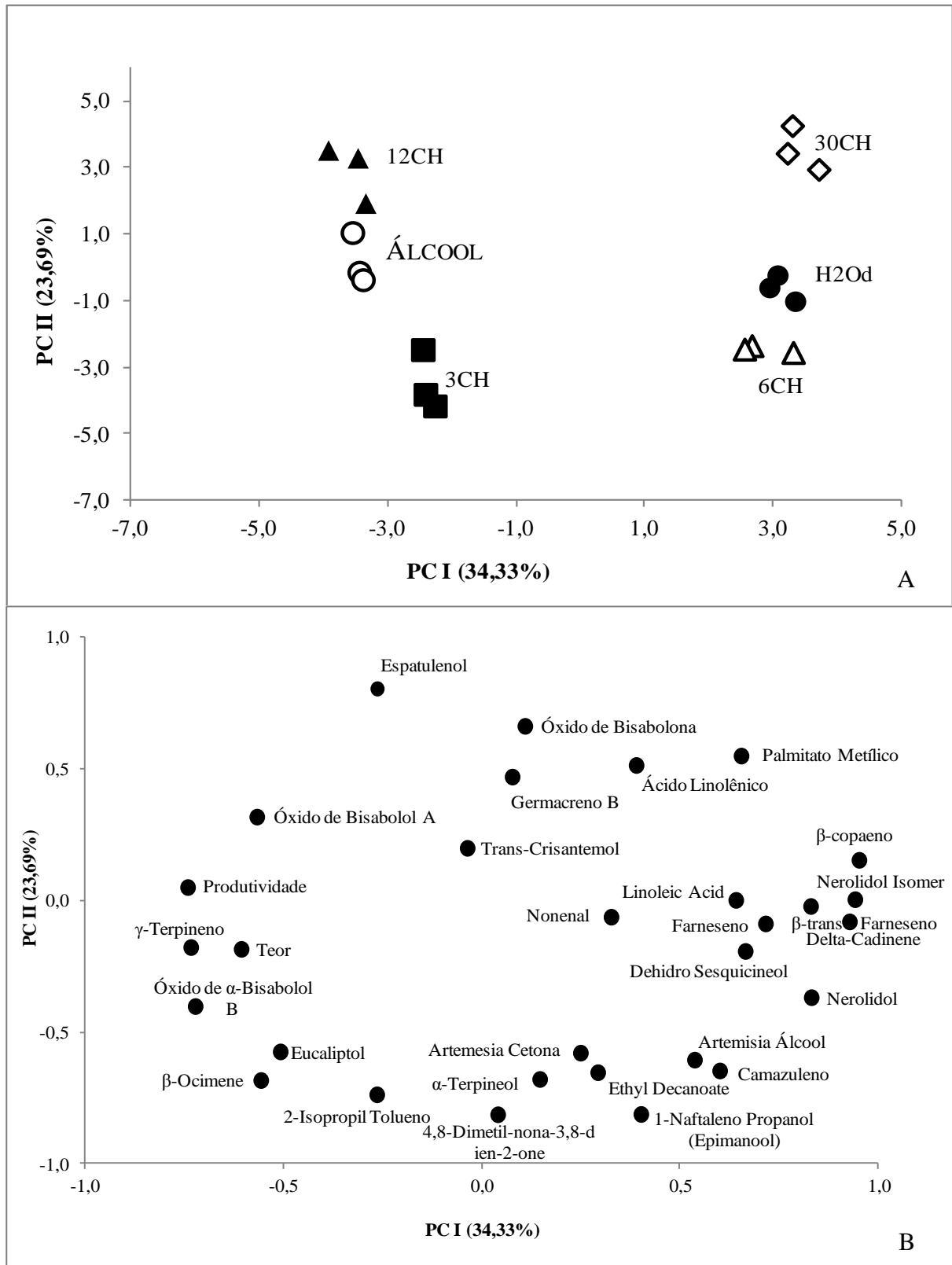
4.3.3. Análise de componentes principais

Uma análise exploratória multivariada, a análise de componentes principais (PCA), foi utilizada para visualizar a influência das dinamizações de Phosphorus sobre o teor, a produtividade e a composição do óleo essencial de camomila. Nos dois primeiros componentes principais foi possível visualizar a discriminação das amostras (Figura 1A) em função da correlação com as variáveis (Figura 1B), somando 58,02% da variação total dos dados.

O Componente Principal I (CPI) discriminou as dinamizações 6CH, 30CH e o controle água destilada das dinamizações 3CH, 12CH e álcool 70% (Figura 1A). Compostos como espatulenol, óxido de bisabolol A, produtividade, teor, γ -terpineno, óxido de α -bisabolol B, eucaliptol e β -ocimene foram correlacionados com as dinamizações de 3CH, 12CH e álcool 70% (Figura 1B), ou seja, o percentual de concentração desses compostos é positivamente influenciado por esses tratamentos. Por outro lado, as dinamizações 6CH, 30CH e água destilada foram associadas à intervenção no percentual de concentração principalmente dos compostos como artemesia álcool, camazuleno, ácido linoleico, β -trans-farneseno, nerolidol isomer, delta-cadieno, farneseno, nerolidol, dehidro sesquicineol, e β -copaeno (Figura 1B).

Em relação ao Componente Principal II (CPII), houve a distinção das menores dinamizações, 3CH e 6CH, das dinamizações 12CH e 30CH, como pode ser visto na Figura 1A. Assim, as dinamizações 12CH e 30CH foram correlacionadas com o maior percentual de concentração de espatulenol, enquanto as menores dinamizações estão relacionadas com a concentração dos compostos 4,8-dimetil-nona-3,8-dien-2-one, decanoato etílico, epimanol e α -terpineol (Figura 1B). Dessa forma, a análise de componentes principais permite claramente a visualização da relação existente entre os tratamentos avaliados e sua influência no percentual de concentração dos compostos presentes no óleo essencial de camomila.

Figura 1. Análise de Componentes Principais aplicada as dinâmizações de Phosphorus no cultivo de camomila. (A) Representação dos tratamentos; (B) Representação das variáveis (analitos, teor e produtividade do óleo essencial de camomila). Álcool: álcool 70%. H2Od: água destilada.



4.4. DISCUSSÃO

O teor e a produtividade de óleo essencial de camomila demonstraram respostas diferenciadas quanto às dinamizações de Phosphorus avaliadas. Os valores do teor de óleo encontrados para a camomila, na literatura, diferem conforme a condição de cultivo (convencional) e variam de 0,30 a 1,50% (NALEPA et al., 2007; BORSATO et al., 2008; HARTMANN; ONOFRE, 2010). Os teores obtidos para a camomila com o uso de Phosphorus atendem a exigência da Farmacopeia Brasileira (teor mínimo de 0,40%) apenas nas dinamizações 3CH e 12CH, que proporcionaram um teor de 0,56 e 0,49%, respectivamente (Tabela 1). Consequentemente, se há alterações no teor de óleo essencial, essas alterações repercutem diretamente na produtividade de óleo da espécie vegetal.

A produtividade de óleo essencial de camomila em cultivo convencional (a campo) e sem a aplicação de medicamentos homeopáticos, varia de 1,54 L ha⁻¹ (AMARAL et al., 2014) a 2,40 L ha⁻¹ (AMARAL et al., 2012), no entanto, com a aplicação de Phosphorus na dinamização 3CH a produtividade de óleo passou para 4,04 L ha⁻¹ (Tabela 1). Isso representa aumentos ao redor de 40,59% (2,40 L ha⁻¹) a 61,88% (1,54 L ha⁻¹). Com exceção da dinamização 6CH, todas as outras incrementaram a produtividade de óleo quando comparado com o controle água destilada. Outro fator a ser destacado, é a produtividade de óleo essencial em ambiente protegido quando observado o valor de 2,69 L ha⁻¹ obtido no cultivo com água destilada, produtividade superior ao cultivo de camomila a campo. O acréscimo na produtividade do óleo essencial de camomila, com o uso de Phosphorus, confirmam com os resultados obtidos em outras espécies como *Eucalyptus citriodora* (DUARTE, 2007), *Aloysia gratissima* (SANTOS et al., 2011a) e *Verbena gratissima* (SANTOS et al., 2011b).

As dinamizações do medicamento homeopático Phosphorus também promoveram alterações na composição do óleo essencial de camomila. Dentre os analitos predominantes, o óxido de α -bisabolol B, óxido de bisabolol A, β -trans-farneseno, óxido de bisabolona e camazuleno foram os principais compostos do óleo essencial de camomila identificados e corroboram com os resultados encontrados pelos autores Orav et al. (2010), Srivastava et al. (2010), Petronilho et al. (2011), Amaral et al. (2012) e Raal et al. (2012). No entanto, algumas dinamizações proporcionaram a ausência dos analitos trans-crisantemol, 4,8-dimetil-nona-3,8-dien-2-one e epimanol (Tabela 2). No referencial científico são poucos trabalhos que avaliam a interação entre a composição do óleo essencial e a aplicação de medicamentos homeopáticos em plantas medicinais, o enfoque se restringe apenas ao teor e a produtividade

de óleo essencial. Nesse contexto, cabe citar os autores Santos et al. (2011a) que avaliaram o efeito de Phosphorus sob a composição do óleo essencial de *Verbena gratissima* e, assim como observado neste trabalho com camomila, as dinamizações ocasionaram respostas diferenciadas a cada analito, inclusive com a ausência de alguns compostos nas dinamizações 12CH e 30CH. Sendo assim, os medicamentos homeopáticos foram capazes de promover alterações no metabolismo secundário de plantas medicinais, como a camomila, com variações desde o teor até a composição do óleo essencial.

A avaliação da composição do óleo essencial infere diretamente sob a qualidade e uso deste produto, pois há determinados compostos, em cada espécie medicinal, responsáveis pelas propriedades terapêuticas e padrão do óleo essencial. No caso da camomila, a atividade anti-inflamatória, antiespasmódica e calmante estão relacionadas aos analitos camazuleno, óxido de α -bisabolol B e óxido de bisabolol A (SZÖKE et al., 2004; ROCHA et al., 2011), que são os principais analitos do óleo essencial de camomila e correspondem, aproximadamente, a 75% da composição do óleo (BRASIL, 2015), caracterizando assim, o padrão de óleo essencial dessa espécie. Além das aplicações citadas, algumas análises reportam também propriedades antioxidantes para o camazuleno e de prevenção de úlceras para o analito bisabolol e seus derivados (HARTMANN; ONOFRE, 2010; ZAIDI et al., 2012; DAS, 2014). Igualmente, cita-se a capacidade antibacteriana, antisséptica e fúngica para esses compostos majoritários (ORAV et al., 2010; SINGH et al., 2011; RAAL et al., 2012).

O medicamento homeopático Phosphorus promoveu variações quanto à concentração dos analitos responsáveis pelo padrão de óleo essencial da camomila. A cultivar Mandirituba é caracterizada por apresentar 1,91% de camazuleno, 16,20% óxido de bisabolol A e 25,83% de óxido de α -bisabolol B (CORRÊA JÚNIOR, 1995; AMARAL et al., 2012). Comparando os resultados obtidos com o referencial supracitado, podemos afirmar que a dinamização 30CH reduziu o percentual de óxido de α -bisabolol B (14,81%), enquanto que a dinamização 12CH aumentou (30,74%) (Tabela 2). Para o analito óxido de bisabolol A apenas a dinamização 6CH diminuiu a sua concentração (15,99%). Entretanto, todas as dinamizações avaliadas elevaram a concentração de camazuleno, com uma variação de 2,54 a 4,54%, quando comparado aos valores citados. Dessa forma, o medicamento homeopático Phosphorus pode ser utilizado para incrementar o percentual de camazuleno no óleo essencial de camomila, visto que sua presença está relacionada à qualidade do óleo e as propriedades medicinais desta espécie, o mesmo efeito pode ser ampliado também ao bisabolol e seus derivados. No entanto, cabe ressaltar que os fatores ambientais do local de cultivo influenciam

diretamente a composição e a concentração dos metabólitos secundários (SINGH et al., 2011; GAWDE et al., 2014; FORMISANO et al., 2015; REZAEIH et al., 2015), bem como, o uso de outros medicamentos homeopáticos, ocorrendo assim, respostas diferenciadas.

O medicamento homeopático Phosphorus proporcionou efeitos diretos no metabolismo secundário de camomila, resultando em respostas distintas para a composição e incrementos na produtividade de óleo essencial. Esses resultados reafirmam a atuação dos medicamentos homeopáticos no metabolismo secundário de plantas medicinais, como um fator estimulante. Porém, a resposta do vegetal a aplicação de medicamentos homeopáticos é dependente da espécie, da dinamização, do medicamento e das condições ambientais do local de cultivo. Cabem ainda, pesquisas que visam à identificação do exato local ou rota metabólica de atuação do medicamento homeopático no vegetal.

4.5. CONCLUSÃO

O medicamento homeopático Phosphorus na dinamização 3CH mostrou-se o tratamento mais eficiente em aumentar o teor e a produtividade de óleo essencial em camomila.

As dinamizações de Phosphorus alteram o percentual de concentração dos analitos no óleo essencial de camomila. Especificamente, com incremento da concentração dos principais compostos, como camazuleno, óxido de α -bisabolol B e óxido de bisabolol A em relação aos valores referenciados sem a aplicação de medicamentos homeopáticos.

4.6. REFERÊNCIAS

AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; MACHADO, M. P.; KOEHLER, H. S.; SCHEER, A. P.; COCCO, L.; YAMAMOTO, C. Avaliação de germoplasma de camomila e densidade de semeadura na produção e composição do óleo essencial. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 195-200, 2012.

AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; MACHADO, M. P.; KOELER, H. S.; SCHEER, A. P.; CÔCCO, L. C. Desenvolvimento da camomila, rendimento e qualidade do óleo essencial em

diferentes idades de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 237-242, 2014.

ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D.; CECOM, P. R. C. Crescimento e produção de cumarina em plantas de chambá (*Justicia pectoralis* Jacq.) tratadas com isoterápico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 154-158, 2012.

ARMOND, C.; CASALI, V. W. D.; CECOM, P. R.; REIS FILHO, E. L.; LISBOA, S.; ARRUDA, V.; DUARTE, E. S. M.; MOREIRA, A. M.; SILVA, C. V.; BRANDÃO, M. G. L. Teor de óleo essencial e compostos antimaláricos em plantas de *Bidens pilosa* L. tratadas com a homeopatia China. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 7, n. 3, p. 18-24, 2005.

BONATO, C. M.; PROENÇA, G. T. D.; REIS, B. Homeopathic drugs Arsenicum album and Sulphur affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 101-105, 2009.

BORSATO, A. V.; DONI-FILHO, L.; CÔCCO, C. L.; PAGLIA, E. C. Rendimento e composição química do óleo essencial da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) extraído por arraste de vapor d'água, em escala comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 129-136, 2008.

BRASIL. **Monografia da espécie *Matricaria chamomilla* L. (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert, Camomila)**. Ministério da Saúde - Anvisa, Brasília, 2015. 221 p.

CAPRA, R. S.; GRATÃO, A. S.; FREITAS, G. B.; LEITE, M. N. Preparados homeopáticos e ambiente de cultivo na produção e rendimento de quercetina em carqueja (*Baccharis trimera* (Less) DC). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 566-573, 2014.

CORRÊA JÚNIOR, C. "Mandirituba": nova cultivar brasileira de camomila. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 61, 1995.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; BORSATO, A. V.; DRANKA, E. **O cultivo da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert)**. Curitiba: Emater, 2008. 44 p.

CVETANOVIĆ, A.; ZEKOVIĆ, Z.; ZENGIN, G.; MAŠKOVIĆ, P.; PETRONIJEVIĆ, M.; RADOJKOVIĆ, M. Multidirectional approaches on autofermented chamomile ligulate flowers: Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and enzyme inhibitory effects. **South African Journal of Botany**, v. 120, p. 112-118, 2019.

DAS, M. **Chamomile: medicinal, biochemical, and agricultural aspects**. CRC Press, 2014. 316 p.

DUARTE, E. S. M. **Crescimento e teor de óleo essencial em plantas de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus globulus* tratadas com homeopatia**. 2007. 188 p. Tese de Doutorado. (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FORMISANO, C.; DELFINE, S.; OLIVIERO, F.; TENORE, G. C.; RIGANO, D.; SENATORE, F. Correlation among environmental factors, chemical composition and antioxidative properties of essential oil and extracts of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) collected in Molise (South-central Italy). **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 256-263, 2015.

GAWDE, A.; CANTRELL, C. L.; ZHELJAZKOV, V. D.; ASTATKIE, T.; SCHLEGEL, V. Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 61-67, 2014.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GUPTA, V.; MITTAL, P.; BANSAL P.; KHOKRA, S. L.; KAUSHIK, D. Pharmacological Potential of *Matricaria recutita*: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research**, v. 2, n. 1, p. 12-16, 2010.

HADI, M. R. H. S.; DARZ, M. T.; GHANDEHARI, Z.; RIAZI, G. Effects of vermicompost and amino acids on the flower yield and essential oil production from *Matricaria chamomile* L. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 23, p. 5611-5617, 2011.

HARTMANN, K. C.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais da camomila (*Matricaria chamomilla* L.). **Saúde e Pesquisa**, v. 3, n. 3, p. 279-284, 2010.

LU, N.; BERNARDO, E. L.; TIPPAYADARAPANICH, C.; TAKAGAKI, M.; KAGAWA, N.; YAMORI, W. Growth and accumulation of secondary metabolites in *Perilla* as affected

by photosynthetic photon flux density and electrical conductivity of the nutrient solution. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 4, p. 708, 2017.

MOHAMMAD, R.; HAMID, S.; AN, A.; NORBERT, D. K.; PATRICK, V. D. Effects of planting date and seedling age on agro-morphological characteristics, essential oil content and composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) grown in Belgium. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 1, p. 145-152, 2010.

NALEPA, T.; CARVALHO, RUY. I. N. Produção de biomassa e rendimento de óleo essencial em camomila cultivada com diferentes doses de cama de aviário. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 161-167, 2007.

ORAV, A.; RAAL, A.; ARAK, E. Content and composition of the essential oil of *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert from some European countries. **Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters**, v. 24, n. 1, p. 48-55, 2010.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012.

PETRONILHO, S.; MARASCHIN, M.; DELGADILLO, I.; COIMBRA, M. A.; ROCHA, S. M. Sesquiterpenic composition of the inflorescences of Brazilian chamomile (*Matricaria recutita* L.): Impact of the agricultural practices. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 3, p. 1482-1490, 2011.

RAAL, A.; ORAV, A.; PÜSSA, T.; VALNER, C.; MALMISTE, B.; ARAK, E. Content of essential oil, terpenoids and polyphenols in commercial chamomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert) teas from different countries. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 632-638, 2012.

REZAEIH, K. A. P.; GURBUZ, B.; UYANIK, M.; RAHIMI, A.; ARSLAN, N. Volatile constituents variability in *Matricaria chamomilla* L. from Ankara, Turkey. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 18, n. 1, p. 255-260, 2015.

ROCHA, N. F.; RIOS, E. R.; CARVALHO, A. M.; CERQUEIRA, G. S.; LOPES, A. A.; LEAL, L. K.; DIAS, M. L.; SOUSA, D. P.; SOUSA, F. C. Anti-nociceptive and anti-inflammatory activities of (-)- α -bisabolol in rodents. **Naunyn Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 384, n. 6, p. 525-533, 2011.

SANTOS, F. M.; MONFORT, L. E. F.; CASTRO, D. M.; PINTO, J. E. B. P.; LEONARDIC, M.; PISTELLI, L. Characterization of essential oil and effects on growth of *Verbena gratissima* plants treated with homeopathic Phosphorus. **Natural Product Communications**, v. 6, n. 10, p. 1499-1504, 2011(a).

SANTOS, F. M.; MONFORT, L. E. F.; CASTRO, D. M.; SOUZA-JUNIOR, ERNANI A.; PINTO, J. E. B. P. Germinação e crescimento de plântulas de alfazema-brasileira tratadas com homeopatia Phosphorus. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 1-5, 2011(b).

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SINGH, O.; KHANAM, Z.; MISRA, N.; SRIVASTAVA, M. K. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. **Pharmacognosy Reviews**, v. 5, n. 9, p. 82-95, 2011.

SONG, W.; QIAO, X.; CHEN, K.; WANG, Y. J. I. S.; JI, S.; FENG, J.; LI, K.; LIN, Y.; YE, M. Biosynthesis-based quantitative analysis of 151 secondary metabolites of Licorice to differentiate medicinal *Glycyrrhiza* species and their hybrids. **Analytical Chemistry**, v. 89, n. 5, p. 3146-3153, 2017.

SRIVASTAVA, J. K.; SHANKAR, E.; GUPTA, S. Chamomile: a herbal medicine of the past with a bright future. **Molecular Medicine Reports**, v. 3, n. 6, p. 895-901, 2010.

SZÖKE, E.; MADAY, E.; TYIHAK, E.; KUZOVKINA, I. N.; LEMBERKOVICS, E. New terpenoids in cultivated and wild chamomile (*in vivo* and *in vitro*). **Journal of Chromatography B**, v. 800, n. 1-2, p. 231-238, 2004.

TICHAVSKY, M. R. **Manual de Agrohhomeopatía**. (1ª ed.) Monte Rei, México, 2007. 40 p.

UBESSI, C.; ROSA, V. S.; KRYSCZUN, D. K.; CARINI, F.; TEDESCO, S. B.; SILVA, C. B.; ANDRIOLO, J. L. Chamomile cultivation submitted to ultra-diluted Phosphorus solutions. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 305-313, 2018.

ZAIDI, S. F.; MUHAMMAD, J. S.; SHAHRYAR, S.; KHAN, U.; GILANI, A. H.; JAFRI, W.; SUGIYAMA, T. Anti-inflammatory and cytoprotective effects of selected Pakistani medicinal plants in *Helicobacter pylori* infected gastric epithelial cells. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 141, n. 1, p. 403-410, 2012.

5. ARTIGO 3²: POTENCIAL ANTIPROLIFERATIVO E COMPOSTOS FENÓLICOS DE INFUSÕES E ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA CULTIVADA COM HOMEOPATIA

Antiproliferative potential and phenolic compounds of infusions and essential oil of chamomile cultivated with homeopathy

RESUMO: A camomila é usada mundialmente como calmante, anti-inflamatória e na aromaterapia. No Brasil, é uma das espécies medicinais mais cultivadas. No entanto, a forma de cultivo, como a aplicação de medicamentos homeopáticos, pode alterar a produção de compostos no metabolismo secundário e comprometer a finalidade terapêutica desta espécie no consumo de chá ou utilização da planta medicinal. Desta forma, são necessárias avaliações do potencial genotóxico das espécies medicinais e seus subprodutos. Neste contexto, objetivou-se avaliar o potencial genotóxico de infusões e óleo essencial de camomila, cultivada com medicamento homeopático, sobre o ciclo celular de *Allium cepa*, como também, a determinação dos compostos fenólicos presentes nas infusões das inflorescências de camomila. Para o teste de *Allium cepa* utilizaram-se duas concentrações de 10 e 40 g L⁻¹ de inflorescências para o preparo das infusões e óleo essencial diluído a 0,10% (v v⁻¹), referentes aos seis tratamentos obtidos no cultivo a campo. A água destilada e o etanol foram utilizados como controle negativo e o glifosato a 2% como controle positivo. A determinação dos compostos fenólicos presentes nas infusões foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência. As infusões de camomila nas concentrações de 10 e 40 g L⁻¹ de inflorescência reduziram o índice mitótico e enfatizaram a atividade antiproliferativa no ciclo celular de *Allium cepa*. Entretanto, os tratamentos relacionados ao óleo essencial diluído a 0,10% apresentaram variação de resposta dependente da dinamização utilizada, bem como a concentração de apigenina, único composto fenólico encontrado nas infusões de camomila. Portanto, o cultivo com Phosphorus não induz um efeito genotóxico no uso de infusões e óleo

² Este artigo já foi publicado na íntegra: UBESSI, C.; TEDESCO, S. B.; SILVA, C. B.; BALDONI, M.; KRYSCZUN, D. K.; HEINZMANN, B. M.; ROSA, I. A.; MORI, N. C. Antiproliferative potential and phenolic compounds of infusions and essential oil of chamomile cultivated with homeopathy. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 239, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.111907>

essencial de camomila, favorecendo o cultivo sustentável e o uso seguro desta espécie medicinal quando cultivada com medicamento homeopático.

Palavras-chave: *Chamomilla recutita*, índice mitótico, alterações cromossômicas, dinamizações, apigenina.

ABSTRACT: Chamomile is used worldwide as a soothing, anti-inflammatory and aromatherapy. In Brazil, it is one of the most cultivated medicinal species. However, the cultivation form may alter the production of compounds in the secondary metabolism and compromise the therapeutic purpose of this species in the consumption of tea or use of the medicinal plant. In this way, assessments of the genotoxic potential of medicinal species and their by-products are required. In this context, the genotoxic potential of infusions and essential oil of chamomile, cultivated with homeopathic medicine, was evaluated on the cell cycle of *Allium cepa*, as well as the determination of the phenolic compounds present in the infusions of the chamomile inflorescences. For the *Allium cepa* test, two concentrations of 10 and 40 g L⁻¹ of inflorescences were used for the preparation of the infusions and 0.10% (v v⁻¹) diluted essential oil, referring to the six treatments obtained in field cultivation. Distilled water and ethanol were used as negative control and glyphosate 2% as a positive control. The determination of phenolic compounds present in the infusions was performed by high performance liquid chromatography. Chamomile infusions at concentrations of 10 and 40 g L⁻¹ of inflorescence reduced mitotic index and emphasized antiproliferative activity on the cell cycle of *Allium cepa*. However, the treatments related to 0.10% diluted essential oil showed a response variation dependent on the dynamization used, as well as the apigenin concentration, the only phenolic compound found in chamomile infusions. Therefore, cultivation with Phosphorus does not induce a genotoxic effect in the use of infusions and essential oil of chamomile, favoring the sustainable cultivation and the safe use of this medicinal species when cultivated with homeopathic medicine.

Keywords: *Chamomilla recutita*, mitotic index, chromosomal alterations, dynamizations, apigenin.

5.1. INTRODUÇÃO

A camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) é conhecida pelo seu poder curativo que foi observado e apropriado pela civilização Egípcia. É uma planta medicinal popular que passou por diversos povos e é atualmente a erva medicinal mais consumida mundialmente. A espécie pertencente à família Asteraceae, é uma planta anual com aproximadamente 60 centímetros de altura, inflorescência em capítulo e fruto tipo cipsela (CORRÊA JUNIOR et al., 2008). A espécie tem como principais funções terapêuticas a atividade anti-inflamatória, antisséptica, estimulante, carminativa, espasmolítica e sedativa (GUPTA et al., 2010; KHAKI et al., 2012; MURTI et al., 2012; RAAL et al., 2012). A camomila também é muito utilizada na aromaterapia e massagens (SINGH et al., 2011; MURTI et al., 2012; GAWDE et al., 2014), bem como, ajuda no controle de úlceras, gastrite e tem ação emenagoga (SRIVASTAVA et al., 2010; SHARAFZADEH; ALIZADEH, 2011). Tais benefícios são encontrados na flor *in natura* ou seca e no óleo essencial, que apresenta alto valor comercial. É amplamente usada nas indústrias farmacêuticas, de cosméticos e de alimentos em geral, também, em menor escala, como planta ornamental (ORAV et al., 2010; SINGH et al., 2011). O óleo essencial de camomila apresenta como constituintes principais o α -bisabolol e seus óxidos de α -bisabolol A e B, e camazuleno (GUPTA et al., 2010), responsável pela coloração azul do óleo. No chá encontram-se flavonoides como a apigenina, luteolina, quercetina e seus derivados (SRIVASTAVA et al., 2010; RAAL et al., 2012). No entanto, as condições de cultivo desta espécie vegetal podem interferir na produção dos constituintes presentes no chá e no óleo essencial, como por exemplo, a aplicação de medicamentos homeopáticos.

Os medicamentos homeopáticos são utilizados no controle de pragas e doenças, visando à sustentabilidade do sistema agrícola e menor impacto ambiental. Nos cultivos agrícolas também podem incrementar os caracteres de rendimento, como o aumento de massa fresca em brócolis com o uso de Carbo vegetabilis 6CH, Silicea terra 30CH e Sulphur 30CH (PULIDO et al., 2017), mesmo efeito encontrado no cultivo de cebolinha com Calcarea fluorica 30CH (LUIS; MORENO, 2007); Natrum muriaticum 12CH promoveu aumento no tamanho de bulbos em cebola (GONÇALVES et al., 2011) e Arnica montana 12DH proporcionou maior produção de tomates a campo (MODOLON et al., 2012). Nas plantas medicinais os efeitos compreendem tanto a produção de massa fresca como a de óleo essencial. Fato relatado por Ubessi et al. (2018) em que há variações na produção de massa fresca e seca no cultivo de camomila com Phosphorus e incrementos nos caracteres relacionados a inflorescência dessa espécie, sugerindo assim, possíveis alterações no

metabolismo secundário, que inferem diretamente na segurança de uso dos subprodutos oriundos de camomila. A espécie *Verbena gratissima* também apresentou alterações no ciclo de cultivo com o uso de Phosphorus (SANTOS et al., 2011), assim como a produção de menta (*Mentha arvensis*) usando Sulphur e Arsenicum álbum (BONATO et al., 2009).

Devido as suas propriedades curativas e a facilidade de acesso, a camomila é amplamente utilizada, tanto *in natura*, como na composição de inúmeros produtos. Apesar das vantagens terapêuticas das plantas medicinais, alguns constituintes presentes no chá ou no óleo essencial podem ser potencialmente tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (PING et al., 2012; FREITAS et al., 2014). Além disso, não há a elucidação de forma clara do potencial tóxico dessas substâncias, principalmente quando a espécie é submetida a diferentes formas de cultivo, tais como a aplicação de medicamentos homeopáticos. Deste modo, cabe o estudo dos efeitos antiproliferativos, genotóxicos, citotóxicos e mutagênicos das plantas medicinais, a fim de garantir seu uso seguro (LESSA et al., 2017). Sistemas testes vegetais, principalmente o de *Allium cepa*, têm sido utilizados de forma eficiente para avaliar o potencial de genotoxicidade de extratos vegetais (DIAS et al., 2014; SANTOS et al., 2017).

O teste de *A. cepa* é um excelente modelo *in vivo*, onde as raízes crescem em contato direto com a substância em análise, levando a possíveis danos ao DNA e resultando em alterações celulares (TEDESCO; LAUGHINGHOUSE, 2012). Consiste em um método eficaz devido ao rápido crescimento radicular, grandes cromossomos e em pequeno número ($2n = 16$), o que permite visualização clara de possíveis anormalidades cromossômicas (BAGATINI et al., 2007; HERRERO et al., 2012) como anáfases e metáfases irregulares, células binucleadas e células aderentes, quebras cromossômicas, pontes e cromossomos perdidos ou retardatários (TEDESCO; LAUGHINGHOUSE, 2012). Com a aplicação do teste *A. cepa* e observação da divisão celular na região meristemática das raízes é possível determinar o índice mitótico. Este parâmetro é um indicador da proliferação celular que mede a proporção de células na fase mitótica do ciclo celular (PING et al., 2012). Isso permite monitorar os efeitos dos extratos e óleo essencial das plantas medicinais, garantindo seu uso seguro pela população no tratamento de doenças e consumo esporádico.

Visto a importância terapêutica da camomila, seu amplo uso pela indústria e pela população e a carência de informações sobre seu potencial genotóxico quando em cultivo com medicamentos homeopáticos, avaliou-se o efeito de infusões e óleo essencial de camomila cultivada com Phosphorus sobre o ciclo celular de *Allium cepa*, como também, a

determinação dos compostos fenólicos presentes nas infusões das inflorescências de camomila.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Descrição do ambiente de cultivo e organização experimental

O cultivo de camomila para a obtenção das flores e óleo essencial foi conduzido em ambiente protegido, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - Rio Grande do Sul, Brasil (S: 29° 42' 23''; W: 53° 43' 15'' e 95 metros de altitude ao nível do mar). O clima da região é do tipo Cfa, conforme a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). As sementes de camomila para o plantio foram obtidas junto a Emater do Estado do Paraná (PR), Brasil.

O experimento foi conduzido com a cultivar de camomila “Mandirituba” no delineamento inteiramente casualizado, em duplo cego, com seis tratamentos: quatro dinamizações do medicamento homeopático Phosphorus (3CH, 6CH, 12CH e 30CH), água destilada e álcool 70%. Cada bancada de cultivo representou um tratamento e foi composta por 20 vasos preenchidos com substrato, totalizando quatro repetições de cinco unidades experimentais. Para a aplicação nas plantas, as dinamizações foram diluídas em água destilada na proporção de 0,5 mL L⁻¹. A aplicação foi realizada logo após a emergência das plantas até a finalização do experimento (totalizando 135 dias de cultivo). Cada planta de camomila foi pulverizada com 100 mL de cada tratamento. Os tratamentos controle receberam apenas água destilada e álcool 70% (veículo das soluções homeopáticas) na mesma quantidade e proporção do medicamento homeopático Phosphorus.

5.2.2. Obtenção do material de análise, infusões e diluição do óleo essencial

As flores de camomila foram colhidas manualmente e armazenadas em freezer (aproximadamente 4 °C) até o momento da extração do óleo essencial e preparo das infusões (em torno de 100 dias). Tanto o óleo essencial como as infusões foram obtidos exclusivamente das flores de camomila. A extração do óleo essencial foi realizada no Laboratório de Citogenética Vegetal e Genotoxicidade/UFSM por meio de hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger durante 2 horas e 30 minutos após o início da ebulição, utilizando 50

gramas de inflorescências. Posteriormente, diluiu-se o óleo essencial em etanol P. A. (99,8%) a uma concentração de 0,10% (v v⁻¹). Os extratos das inflorescências foram preparados por infusão de 10 minutos em 300 mL de água destilada, contendo 3 e 12 gramas de inflorescências de camomila correspondentes às concentrações de 10 g L⁻¹ e 40 g L⁻¹, respectivamente. Seguidamente, foram filtrados e mantidos a temperatura ambiente para o resfriamento. A concentração de 10 g L⁻¹ corresponde a recomendação da Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2011) e a de 40 g L⁻¹ está de acordo com a concentração que é geralmente utilizada pela população no preparo do chá.

5.2.3. Tratamentos e teste de *Allium cepa*

O teste de *Allium cepa* foi conduzido com duas concentrações de infusões, 10 g L⁻¹ e 40 g L⁻¹ de inflorescências, e uma concentração de 0,10% (v v⁻¹) de óleo essencial de camomila, referentes aos seis tratamentos obtidos no cultivo em ambiente protegido (Tabela 1). A água destilada e o etanol foram utilizados como controle negativo e o glifosato a 2% como controle positivo, pois é capaz de induzir alterações cromossômicas e inibir a divisão celular (ÇAVUŞOĞLU et al., 2011).

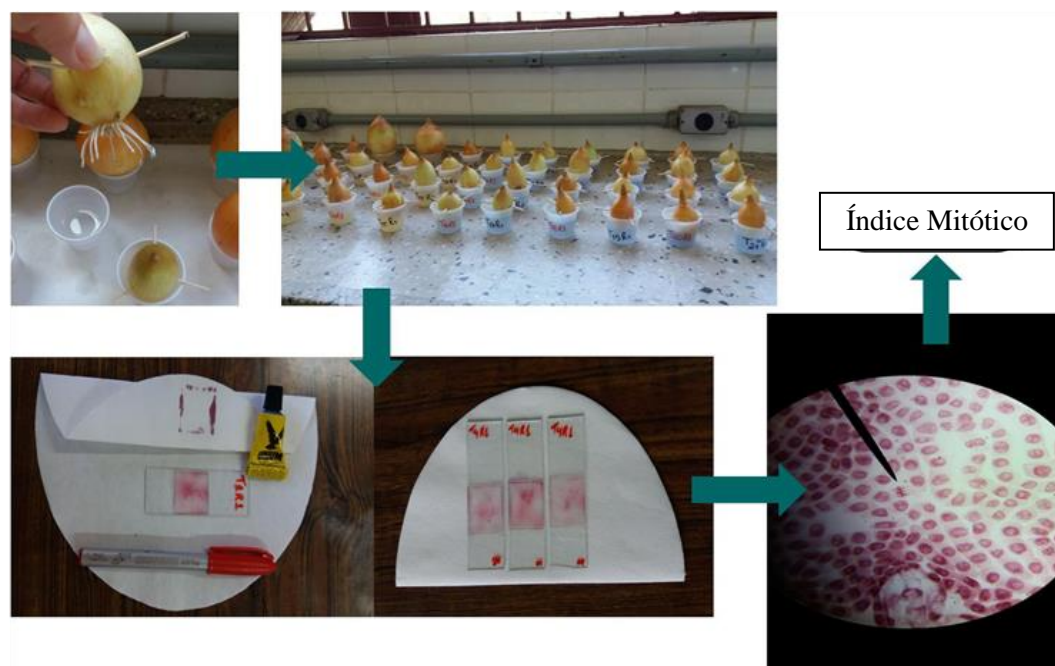
Tabela 1. Tratamentos avaliados no teste *Allium cepa*.

Tratamentos
T1. Água destilada – Controle negativo.
T2. Glifosato 2% – Controle positivo em relação aos extratos aquosos.
T3. Etanol P. A. – Controle negativo em relação ao óleo essencial.
T4. Camomila cultivada com Phosphorus 12CH – 10 g L ⁻¹ .
T5. Camomila cultivada com Phosphorus 30CH – 10 g L ⁻¹ .
T6. Camomila cultivada com álcool 70% – 10 g L ⁻¹ .
T7. Camomila cultivada com Phosphorus 6CH – 10 g L ⁻¹ .
T8. Camomila cultivada com Phosphorus 3CH – 10 g L ⁻¹ .
T9. Camomila cultivada com água destilada – 10 g L ⁻¹ .
T10. Camomila cultivada com Phosphorus 12CH – 40 g L ⁻¹ .
T11. Camomila cultivada com Phosphorus 30CH – 40 g L ⁻¹ .
T12. Camomila cultivada com álcool 70% – 40 g L ⁻¹ .
T13. Camomila cultivada com Phosphorus 6CH – 40 g L ⁻¹ .
T14. Camomila cultivada com Phosphorus 3CH – 40 g L ⁻¹ .
T15. Camomila cultivada com água destilada – 40 g L ⁻¹ .
T16. Óleo essencial 0,10% (Camomila cultivada com Phosphorus 12CH).
T17. Óleo essencial 0,10% (Camomila cultivada com Phosphorus 30CH).
T18. Óleo essencial 0,10% (Camomila cultivada com álcool 70%).
T19. Óleo essencial 0,10% (Camomila cultivada com Phosphorus 6CH)
T20. Óleo essencial 0,10% (Camomila cultivada com Phosphorus 3CH).
T21. Óleo essencial 0,10% (Camomila cultivada com água destilada).

Cada tratamento foi composto por quatro bulbos de cebola que foram colocados em copos plásticos com capacidade de 50 mL com água destilada e, após a emissão das raízes, foram transferidos para os respectivos tratamentos por 24 horas, exceto os bulbos que permaneceram em água destilada. Após esse período, as raízes foram coletadas e fixadas em etanol: ácido acético na proporção 3:1 durante 24 horas, logo após, foram transferidas para etanol 70% e armazenadas sob refrigeração a 4 °C até o preparo das lâminas, que foram feitas pela técnica de esmagamento, segundo Guerra & Souza (2002), e coradas com orceína acética a 2%.

A análise e contagem das células foram realizadas através de microscopia óptica, levando em consideração cada fase da divisão celular que a célula se encontra e, também, a possibilidade da ocorrência de alterações cromossômicas. Posteriormente, realizou-se o cálculo do índice mitótico (IM) referente à porcentagem de células em divisão e a porcentagem de alterações cromossômicas. Contou-se 1500 células por bulbo, totalizando 6000 células por tratamento. O índice mitótico foi calculado pelo somatório do número de células em divisão celular (prófase, metáfase, anáfase e telófase) dividido pelo número total de células analisadas (interfases e demais fases) e multiplicado por 100 para obtenção do resultado em percentual (SEHGAL et al., 2006). A sequência de elaboração do teste de *Allium cepa* até a determinação do índice mitótico está exemplificada na Figura 1.

Figura 1. Organização do teste de *Allium cepa*.



O teste *Allium cepa* é apenas um bioindicador de genotoxicidade, mas devido à sua eficácia e correlação com outros tipos de células, incluindo células humanas, os dados podem ser extrapolados para indicações do consumo humano de chás de camomila. Já que, no caso, os mais indicados são aqueles que não diferem da água ou que possuem capacidade antiproliferativa, pois provavelmente levará à redução do envelhecimento celular devido à presença de compostos como a apigenina.

5.2.4. Determinação dos compostos fenólicos

As amostras utilizadas para a determinação dos compostos fenólicos correspondem aos tratamentos T4 a T15 descritos na Tabela 1 e referem-se às infusões de camomila com 10 g L⁻¹ e 40 g L⁻¹ de inflorescência, totalizando 12 tratamentos.

As análises foram efetuadas em aparelho de UHPLC (Ultra High Performance Liquid Chromatography) acoplado a um detector DAD (Diode Array Detector) (Agilent 1200 infinity), equipado com bomba, injetor automático, e utilizando uma pré-coluna Poroshell 120 EC-C18 (3,0x 5 mm; 2,7 nm) e uma coluna cromatográfica de fase reversa Poroshell 120 EC-C18 (4,6 x 50 mm; 2,7 µm). O equipamento foi operado a uma temperatura ambiente (25 ± 1 °C) e os dados foram obtidos e processados usando o software ChemStation (Hewlett Packard, Alemanha).

O método cromatográfico empregado foi baseado na metodologia descrita por Evaristo e Leitão (2001) com adaptações. A fase móvel consistiu em 1% (v/v) de ácido acético grau HPLC (Sigma-Aldrich[®]) em água ultrapura, com pH igual 4 ajustado com hidróxido de amônio (Fase A), e metanol grau HPLC (Merck[®]) (Fase B). As amostras foram diluídas na Fase A (ácido acético 1%, pH = 4) (1 mg mL⁻¹) e os padrões na Fase B (metanol), em diferentes concentrações. Ambos foram injetados (5 µL) sob as seguintes condições cromatográficas: temperatura da coluna de 40 °C, fluxo de 1,2 mL por minuto, tempo total de análise de 45 min e pressão máxima de 400 bar. O comprimento de onda para a detecção da análise foi de 320 nm. Todas as amostras foram analisadas em duplicata.

Os polifenóis foram identificados comparando seus espectros de fragmentação MS/MS com os espectros de fragmentação dos respectivos padrões comerciais ou com dados da literatura (STALMACH et al., 2006) e foram quantificados usando as alturas de pico cromatográficas nos comprimentos de onda de 370 nm (glicérides de quercetina e luteolina),

306 nm (glicosídeo de ácido ferúlico) e 330 nm (glicosídeos de apigenina, ácidos clorogênico e dicafoilquínico). Os padrões comerciais de ácido clorogênico, ácido ferúlico, glicosídeo de quercetina e galactosídeo, luteolina e apigenina foram estabelecidos segundo Sigma-Aldrich®.

As infusões de camomila foram testadas quanto à presença dos seguintes compostos fenólicos: ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido elágico, ácido gálico, ácido rosmarínico, apigenina, catequina, luteolina, quercetina e rutina (Sigma-Aldrich®, pureza $\geq 95\%$). A identificação dos picos da amostra foi realizada utilizando os cromatogramas obtidos em cada injeção e comparados com os espectros de absorção e tempos de retenção dos padrões. A quantificação dos compostos identificados foi realizada a partir de curvas analíticas, obtidas utilizando produtos comerciais sob condições cromatográficas idênticas.

5.2.5. Estatística e delineamento experimental

O experimento relativo ao teste de *Allium cepa* foi conduzido de acordo com o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Dentro de cada repetição foram realizadas leituras em triplicatas. Os dados referentes ao índice mitótico foram submetidos ao teste não paramétrico Qui-Quadrado (χ^2) para avaliar a dependência ou independência entre os tratamentos, com o auxílio do programa estatístico BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007).

Os dados relacionados à determinação dos compostos fenólicos foram submetidos à estatística multivariada, com análise de agrupamento hierárquico e representação bidimensional por meio de dendrograma, com o objetivo de observar a semelhança entre os tratamentos. A matriz dos dados foi gerada com base na distância de Mahalanobis e o dendrograma de dissimilaridade pelo método aglomerativo da distância média (UPGMA). A validação do agrupamento foi avaliada através do coeficiente de correlação cofenética. Os dados foram processados mediante programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Teste *Allium cepa*

Considerando o ciclo celular dividido em interfase e divisão celular propriamente dita (prófase, metáfase, anáfase e telófase) observou-se que a maioria das células analisadas estavam no estágio de interfase (96,25%). Entre as células em divisão mitótica, a fase com

maior frequência foi prófase (1,15%) e a menor foi telófase (0,61%) (Tabela 2). O controle negativo (T1) não diferiu do óleo essencial 0,10% proveniente da Camomila cultivada com Phosphorus 3CH e água destilada (T20 e T21). As infusões de camomila na concentração 10 g L⁻¹ (T4 - T9) apresentaram redução do índice mitótico (IM) em comparação ao controle negativo, com exceção do tratamento Camomila cultivada com Phosphorus 30CH (T5). Os extratos na concentração de 40 g L⁻¹ (T10 a T15) evidenciaram redução no IM em comparação ao controle negativo, indicando capacidade antiproliferativa. Os tratamentos referentes ao óleo essencial 0,10% oriundos de Camomila cultivada com Phosphorus 12CH (T16), 30CH (T17), álcool 70% (T18) e 6CH (T19) demonstraram IM superior ao controle negativo, induzindo a proliferação celular. Apenas há decréscimo do IM quando em comparação ao etanol (T3) que, entre todos os tratamentos, expressou a maior proliferação celular (Tabela 2).

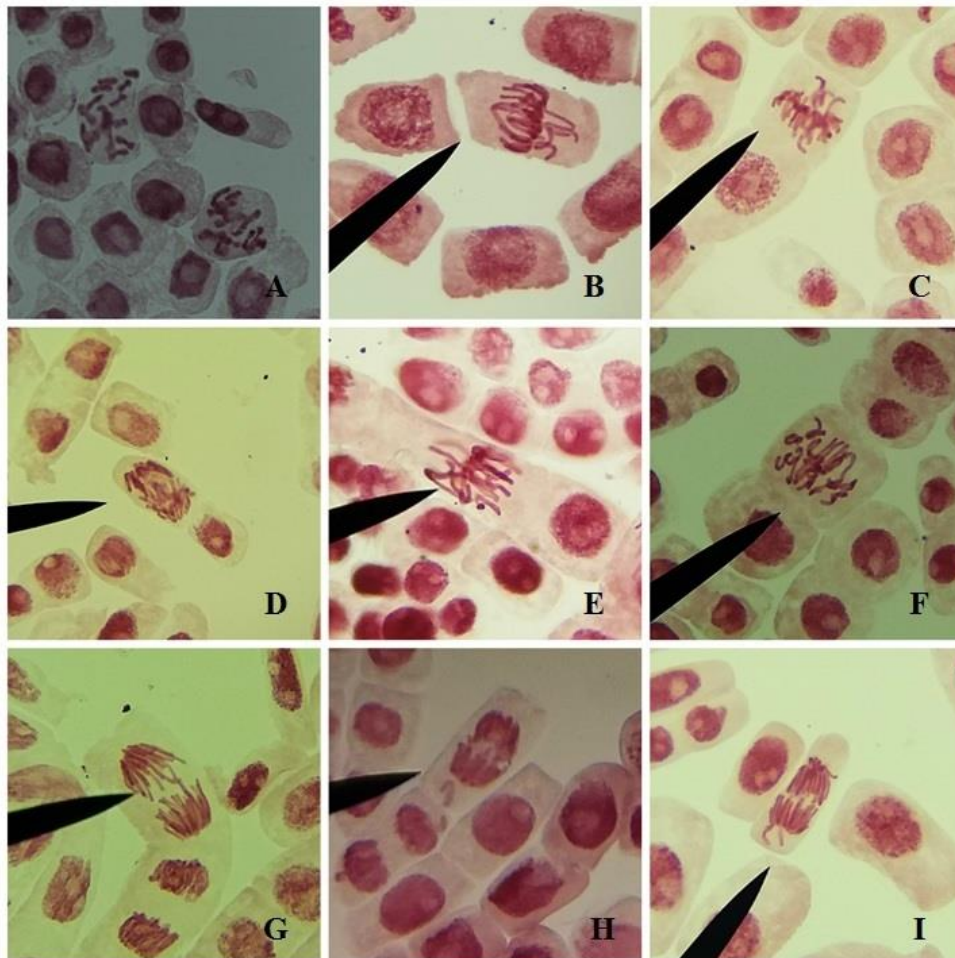
Tabela 2. Índice Mitótico (IM) de células de *Allium cepa* em mitose (interfase e divisão celular) e irregularidades.

Tratamentos	Células analisadas	Interfase	Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase	Irregulares	IM (%)	
T1	Água	6000	5759	144	39	30	28	0	4,02 hg*
T2	Glifosato	6000	5764	92	16	9	8	111	3,93 j
T3	Etanol	6000	5258	198	137	122	140	145	12,37 a
T4	10 g L ⁻¹	6000	5856	64	32	20	19	9	2,40 pj
T5		6000	5712	78	70	64	54	22	4,80 f
T6		6000	5800	66	53	37	25	19	3,33 m
T7		6000	5827	57	52	42	22	0	2,88 nm
T8		6000	5794	67	59	37	43	0	3,43 l
T9	6000	5827	39	62	27	41	4	2,88 omn	
T10	40 g L ⁻¹	6000	5926	11	13	7	15	28	1,23 r
T11		6000	5906	22	29	16	27	0	1,57 q
T12		6000	5967	13	4	3	1	12	0,55 ts
T13		6000	5926	13	4	3	1	53	1,23 s
T14		6000	5970	1	0	0	0	29	0,50 u
T15	6000	5996	0	0	0	1	3	0,07 vu	
T16	OE 0,10%	6000	5634	97	96	82	80	11	6,10 d
T17		6000	5549	147	116	80	104	4	7,52 b
T18		6000	5587	120	137	85	67	4	6,88 c
T19		6000	5702	83	94	68	33	20	4,97 e
T20		6000	5760	83	78	41	33	5	4,00 ifg
T21	6000	5758	59	93	58	30	2	4,03 g	
Total	126000	121278	1454	1184	831	772	481	-	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste χ^2 em nível de 5% de probabilidade de erro. OE= Óleo Essencial. IM= Índice Mitótico.

As irregularidades compreendem as alterações cromossômicas encontradas e, em maior número, estão expressas no etanol (T3) e no glifosato 2% (T2), com valores de 145 e 111, respectivamente. À medida que se aumentou a concentração da infusão, de 10 g L^{-1} para 40 g L^{-1} , também houve aumento das alterações. Já nos tratamentos compostos pelo óleo essencial a 0,10% a variação ficou entre duas a 20 alterações (Tabela 2). Anáfase e metáfase foram as fases da divisão celular onde houve as irregularidades, que foram encontradas nos tratamentos supracitados e que compreendem pontes anafásicas, C-metáfase, cromossomo perdido e quebra cromossômica (Figura 2).

Figura 2. Células meristemáticas de *Allium cepa* em divisão celular. A, B, C, E, F: metáfases irregulares. D, G, H, I: anáfases irregulares. A: C-metáfase. B: metáfase com quebra cromossômica. C e E: metáfase com cromossomo perdido. D: anáfase com ponte e divisão desigual. F: metáfase com cromossomos desorganizados. G: anáfase com ponte. H: anáfase com cromossomo perdido. I: anáfase com quebra cromossômica. Escala $10 \mu\text{m}$.



5.3.2. Compostos fenólicos

As infusões das inflorescências de camomila foram testadas quanto à presença dos seguintes compostos fenólicos: ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido gálico, apigenina, catequina, luteolina, quercetina e rutina (Sigma-Aldrich[®], pureza $\geq 95\%$). No entanto, o único composto fenólico encontrado nas infusões de camomila foi a apigenina. A concentração de apigenina foi expressa em mg/g de infusão liofilizada de camomila e está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Tempo de retenção médio e concentração de apigenina presente em infusões das inflorescências de camomila, com detecção em 320 nm.

Tratamentos	Tempo de retenção médio \pm DPM	Apigenina (mg/g)
T4	20,94 \pm 0,000	0,962
T5	20,94 \pm 0,001	0,542
T6	20,94 \pm 0,001	1,534
T7	20,94 \pm 0,000	1,137
T8	20,94 \pm 0,001	1,266
T9	20,95 \pm 0,002	0,827
T10	20,94 \pm 0,003	0,557
T11	20,94 \pm 0,003	0,677
T12	20,94 \pm 0,006	0,647
T13	20,94 \pm 0,003	0,953
T14	20,93 \pm 0,001	1,217
T15	20,93 \pm 0,008	0,471

Com base na concentração de apigenina encontrada nas infusões de camomila (Tabela 3) foi elaborado um dendrograma (Figura 3), que permite a visualização da semelhança entre os tratamentos quanto ao teor de apigenina. Deste modo, é possível agrupar os tratamentos referentes às infusões de camomila 10 g L⁻¹ e 40 g L⁻¹ de inflorescências em quatro grupos distintos entre si quanto à concentração de apigenina, considerando um corte de 10% de dissimilaridade (Figura 3). Apenas T6, Camomila cultivada com álcool 70% – 10 g L⁻¹, apresentou a maior concentração de apigenina e formou um grupo isolado dos demais.

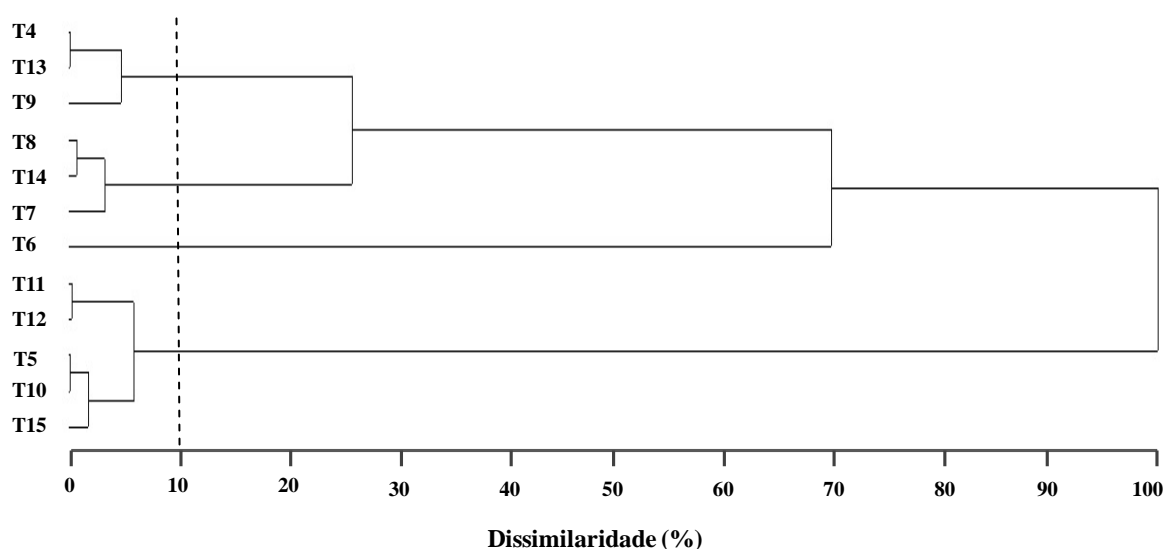
Grupo I: T4, T13, T9 – Camomila cultivada com Phosphorus 12CH (10 g L⁻¹), 6CH (40 g L⁻¹) e água destilada (10 g L⁻¹).

Grupo II: T8, T14, T7 – Camomila cultivada com Phosphorus 3CH (40 g L⁻¹), 6CH (10 g L⁻¹) e 3CH (10 g L⁻¹).

Grupo III: o T6 (Camomila cultivada com álcool 70% – 10 g L⁻¹) formou um cluster monofilético, mostrando-se distinto dos demais tratamentos.

Grupo IV: T11, T12, T5, T10, T15 – Camomila cultivada com Phosphorus 30CH (40 g L⁻¹), com álcool 70% (40 g L⁻¹), com Phosphorus 30CH (10 g L⁻¹), 12CH (40 g L⁻¹) e água destilada (40 g L⁻¹).

Figura 3. Dendrograma de dissimilaridade obtido a partir da concentração de apigenina presente nas infusões de camomila. Coeficiente de correlação cofenética (r) = 0,60.



5.4. DISCUSSÃO

As infusões tanto na concentração 10 g L⁻¹ como 40 g L⁻¹ de inflorescência de camomila, apresentaram capacidade antiproliferativa. A capacidade antiproliferativa das infusões de camomila pode ser relacionada com a presença de flavonoides como a apigenina, reduzindo assim, a divisão celular das células meristemáticas. Os principais flavonoides presentes nas flores de camomila além da apigenina são a quercetina e luteína, tanto na forma de glicosídeos e vários derivados acetilados (SRIVASTAVA et al., 2010; RAAL et al., 2012; CVETANOVIĆ et al., 2019). Os flavonoides são componentes constituintes das infusões e contribuem para as propriedades medicinais desta espécie. Neste trabalho, foi possível apenas a determinação da concentração de apigenina, com o agrupamento dos tratamentos com

concentrações semelhantes. Neste caso, cabe destacar o controle Camomila cultivada com álcool 70% – 10 g L⁻¹ (T6) que apresentou a maior concentração deste composto e, inclusive, também apresentou redução do IM no teste de *Allium cepa*. Outro grupo de destaque é o Grupo IV (T11, T12, T5, T10, T15) que compreendeu cinco tratamentos e é possível perceber que a Camomila cultivada com Phosphorus 30CH não diferiu na concentração de apigenina dos tratamentos controles água destilada e álcool 70%. Quanto aos tratamentos com 10 g L⁻¹ de inflorescência, não apresentaram similaridade entre si, comparecendo nos quatro grupos formados, assim como os tratamentos com 40 g L⁻¹, demonstrando um comportamento sigmoide independente da concentração das infusões e dinamizações de Phosphorus. A presença de apigenina nas infusões de camomila coincide com os resultados encontrados por Srivastava & Gupta (2009), Nováková et al. (2010) e Raal et al. (2012) no cultivo convencional de camomila. A aplicação de Phosphorus apenas proporcionou alteração na concentração de apigenina em virtude das dinamizações utilizadas.

Entre todos os flavonoides a apigenina é considerada uma das mais importantes moléculas bioativas e apresenta o menor nível de toxicidade para células normais (CVETANOVIĆ et al., 2019). Portanto, têm-se relatos de que é capaz de reduzir o dano genotóxico, induzido por drogas anticancerígenas, restringindo as chances de desenvolvimento de tumores secundários durante a terapia contra o câncer (SIDDIQUE et al., 2008), caracterizando assim, a importância da determinação de sua composição nas infusões de camomila cultivada com diferentes tratamentos. Além disso, o glicosídeo de apigenina (apigenina 7 - O - β - glicosídeo) tem potencial de inibição no crescimento de células cancerígenas, fato observado na diminuição significativa da viabilidade celular em várias linhagens celulares de câncer humano, quando consumido o chá de camomila (SRIVASTAVA; GUPTA, 2007; 2009). Juntamente com a apigenina, a luteína, também apresenta efeitos antiproliferativos em células cancerígenas (SHUKLA; GUPTA, 2010; XU et al., 2015; KASALA et al., 2016).

Neste contexto, os flavonoides exercem um amplo espectro de atividades biológicas benéficas à saúde, incluindo o efeito antiproliferativo em células cancerígenas (TSAI et al., 2016), que pode ser associado a resultados provenientes do teste de *Allium cepa*. Assim, neste trabalho foi possível demonstrar a ação antiproliferativa das infusões de camomila em células vegetais, cuja ação foi variável e dependente do tipo de tratamento realizado durante o cultivo das plantas. Outros autores, também encontraram atividade antiproliferativa em extratos aquosos de outras espécies de plantas da família Asteraceae, mas sem a aplicação de

medicamento homeopático. Do mesmo modo que a camomila, infusões de carqueja (*Baccharis trimera* (PINHO et al., 2010)), arnica (*Solidago microglossa* (BAGATINI et al., 2009)), guaco (*Mikania glomerata* (DALLA NORA et al., 2010)) e marcela (*Achyrocline satureioides* (SOUZA et al., 2018)) demonstraram atividade antiproliferativa, geralmente nas concentrações mais elevadas, com significativa redução do índice mitótico nas células meristemáticas de *Allium cepa*. As espécies *Mikania cordifolia* e *Baccharis trimera* além do efeito antiproliferativo também apresentam efeito mutagênico nas concentrações estudadas (DALLA NORA et al., 2010; DIAS et al., 2014).

Os demais tratamentos relacionados ao óleo essencial (T16, T17, T18) na concentração de 0,10% induziram a proliferação celular, com valores superiores ao controle negativo, devido aos maiores índices mitóticos apresentados. Esses três tratamentos, na caracterização do óleo essencial por cromatografia (dados não apresentados), apresentaram percentuais superiores aos demais referentes aos terpenos óxido de bisabolona e óxido de bisabolol A e menores valores em relação ao camazuleno. Esse percentual superior relacionado aos óxidos de bisabolol pode ter induzido a uma divisão celular acentuada, desregulando o ciclo celular. Porém, sem efeito mutagênico, pois nestes tratamentos as irregularidades foram baixas em relação aos outros. Os autores Petronilho et al. (2012) citam, no uso de óxido de bisabolol, que o mesmo possui efeito citotóxico, mas não expressa atividade mutagênica. Os resultados obtidos referentes ao óleo essencial e associados aos óxidos de bisabolol são contraditórios ao serem descrito por alguns autores, que vinculam um efeito benéfico ao óleo essencial de camomila. O óxido de bisabolol A usado de forma isolada ou por meio do óleo essencial configura-se como um agente antiproliferativo nas células cancerígenas, não promovendo efeitos em células normais (OGATA et al., 2010). Associando também o extrato aquoso de camomila, podem ser utilizados como quimiopreventivo ou agente quimioterápico (SRIVASTAVA; GUPTA, 2007; MAZZIO; SOLIMAN, 2009).

As irregularidades compreendem as aberrações cromossômicas, isto é, alterações no número ou na estrutura dos cromossomos, e ocorrem de forma espontânea ou quando em contato a algum agente capaz de desorganizar a divisão celular. São avaliadas nas fases de prófase, metáfase, anáfase e telófase. A ocorrência de alterações cromossômicas compreendeu quase todos os tratamentos, exceto o controle negativo (T1) e os tratamentos T7, T8 e T11. Segundo Leme & Marin-Morales (2009), as alterações cromossômicas como pontes e quebras cromossômicas, são indicadores de uma ação clastogênica, enquanto que as perdas cromossômicas, atrasos, aderência, multipolaridade e C-metáfases resultam de efeitos

aneugênicos (alteração no conjunto cromossômico). O controle positivo (glifosato 2%), com base nos resultados, confirmou seu potencial de induzir aberrações cromossômicas e inibir a divisão celular em relação ao controle positivo (água destilada), com redução no índice mitótico. Em relação ao etanol, as alterações cromossômicas estão associadas à desnaturação ou modificação estrutural de proteínas necessárias a síntese de DNA (RIEGER; MICHAELIS, 1960).

5.5. CONCLUSÃO

O cultivo com Phosphorus não induz um efeito genotóxico no uso de infusões e óleo essencial de camomila e evidencia atividade antiproliferativa sobre o ciclo celular de *Allium cepa* e o efeito positivo do uso de medicamentos homeopáticos nos cultivos agrícolas.

5.6. REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **Bioestat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém, Brasil, 2007. 364 p.

BAGATINI, M. D.; FACHINETTO, J. M.; SILVA, A. C. F. D.; TEDESCO, S. B. Cytotoxic effects of infusions (tea) of *Solidago microglossa* DC. (Asteraceae) on the cell cycle of *Allium cepa*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2B, p. 632-636, 2009.

BAGATINI, M. D.; SILVA, A. C. F.; TEDESCO, S. B. The use of *Allium cepa* test as a bioindicator of genotoxicity of medicinal plants infusions. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 3, p. 444-447, 2007.

BONATO, C. M.; PROENÇA, G. T. D.; REIS, B. Homeopathic drugs Arsenicum album and Sulphur affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 101-105, 2009.

BRASIL. **Farmacopeia Homeopática Brasileira**. 3. ed., Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2011. 364 p.

ÇAVUŞOĞLU, K.; YALÇIN, E.; TÜRKMEN, Z.; YAPAR, K.; ÇAVUŞOĞLU, K.; ÇIÇEK, F. Investigation of toxic effects of the glyphosate on *Allium cepa*. **Tarım Bilimleri Dergisi**, v. 17, p. 131-142, 2011.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; BORSATO, A. V.; DRANKA, E. **O cultivo da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert)**. Curitiba: Emater, 2008. 44 p.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CVETANOVIĆ, A.; ZEKOVIĆ, Z.; ZENGIN, G.; MAŠKOVIĆ, P.; PETRONIJEVIĆ, M.; RADOJKOVIĆ, M. Multidirectional approaches on autofermented chamomile ligulate flowers: Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and enzyme inhibitory effects. **South African Journal of Botany**, v. 120, p. 112-118, 2019.

DALLA NORA, G.; PASTORI, T.; LAUGHINGHOUSE IV, H. D.; CANTO-DOROW, T. S.; TEDESCO, S. B. Antiproliferative and genotoxic effects of *Mikania glomerata* (Asteraceae). **Biocell**, v. 34, n. 3, p. 95-101, 2010.

DIAS, M. G.; CANTO-DOROW, T. S.; COELHO, A. P. D.; TEDESCO, S. B. Efeito genotóxico e antiproliferativo de *Mikania cordifolia* (L.f.) Willd. (Asteraceae) sobre o ciclo celular de *Allium cepa* L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 2, p. 202-208, 2014.

EVARISTO, I. M.; LEITÃO, M. C. Identificação e quantificação por DAD-HPLC, da fracção fenólica contida em folhas de *Quercus suber* L. **Lusitana**, v. 9, n. 2, p. 135-141, 2001.

FREITAS, J. V.; CARMO, P. B. M.; ANDRADE, M. A.; SANTOS, F. S.; LUZ, A. C.; PEREIRA, U. J. Phytochemical screening and evaluation of the cytotoxicity and genotoxicity of *Helenium cf. amarum* (Raf.) H. Rock. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 19, n. 4, p. 338-348, 2014.

GAWDE, A.; CANTRELL, C. L.; ZHELJAZKOV, V. D.; ASTATKIE, T.; SCHLEGEL, V. Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield,

composition, and bioactivity of chamomile oil. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 61-67, 2014.

GONÇALVES, P. A. S.; BOFF, P.; BOFF, M. I. C.; NESI, C. N. Efeito da aplicação de preparado homeopático de Natrum muriaticum na incidência de *Thrips tabaci* na produtividade e na armazenagem de cebola em sistema orgânico. **Agropecuária Catarinense**, v. 24, p. 76-78, 2011.

GUERRA, M.; SOUZA, M. J. Como observar cromossomos: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana. **Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, SP**, 2002.

GUPTA, V.; MITTAL, P.; BANSAL, P.; KHOKRA, S. L.; KAUSHIK, D. Pharmacological potential of *Matricaria recutita*: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research**, v. 2, n. 1, p. 12-16, 2010.

HERRERO, O.; PÉREZ MARTÍN, J. M.; FERNÁNDEZ, F. P.; CARVAJAL, L. L.; PEROPADRE, A.; HAZEN, M. J. Toxicological evaluation of three contaminants of emerging concern by use of the *Allium cepa* test. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 743, n. 1-2, p. 20-24, 2012.

KASALA, E. R.; BODDULURU, L. N.; BARUA, C. C.; GOGOI, R. Antioxidant and antitumor efficacy of Luteolin, a dietary flavone on benzo(a)pyrene-induced experimental lung carcinogenesis. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 82, p. 568-577, 2016.

KHAKI, M.; SAHARI, M. A.; BARZEGAR, M.; Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) essential oil on cake shelf life. **Journal of Medicinal Plants**, v. 3, n. 43, p. 9-18, 2012.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 682, n. 1, p. 71-81, 2009.

LESSA, L. R.; SILVA, M. C. C.; CARIELLO, F. M. R. Fundamentos e aplicações do *Allium cepa* como bioindicador de mutagenicidade e citotoxicidade de plantas medicinais. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 10, n. 3, p. 39-48, 2017.

LUIS, S. J.; MORENO, N. M. **Efecto de cinco medicamentos homeopáticos en la producción de peso fresco, em cebollín (*Allium fistulosum*)**. 2007. 4 p.

MAZZIO, E. A.; SOLIMAN, K. F. A. *In vitro* screening for the tumoricidal properties of international medicinal herbs. **Phytotherapy Research**, v. 23, n. 3, p. 385-398, 2009.

MODOLON, T. A.; BOFF, P.; BOFF, M. I. C.; MIQUELLUTI, D. J. Homeopathic and high dilution preparations for pest management to tomato crop under organic production system. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 51-57, 2012.

MURTI, K.; PANCHAL, M. A.; GAJERA, V.; SOLANKI, J. Pharmacological properties of *Matricaria recutita*: A review. **Pharmacologia**, v. 3, n. 8, p. 348-351, 2012.

NOVÁKOVÁ, L.; VILDOVÁ, A.; MATEUS, J. P.; GONÇALVES, T.; SOLICH, P. Development and application of UHPLC-MS/MS method for the determination of phenolic compounds in Chamomile flowers and Chamomile tea extracts. **Talanta**, v. 82, n. 4, p. 1271-1280, 2010.

OGATA, I.; KAWANAI, T.; HASHIMOTO, E.; NISHIMURA, Y.; OYAMA, Y.; SEO, H. Bisabolol oxide A, one of the main constituents in German chamomile extract, induces apoptosis in rat thymocytes. **Archives of Toxicology**, v. 84, n. 1, p. 45, 2010.

ORAV, A.; RAAL, A.; ARAK, E. Content and composition of the essential oil of *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert from some European countries. **Natural Product Research**, v. 24, n. 1, p. 48-55, 2010.

PETRONILHO, S.; MARASCHIN, M.; COIMBRA, M.; ROCHA, S. M. *In vitro* and *in vivo* studies of natural products: A challenge for their valuation. The case study of chamomile (*Matricaria recutita* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 40, n.1, p. 1-12, 2012.

PING, K. Y.; DARAH, I.; YUSUF, U. K.; YENG, C.; SASIDHARAN, S. Genotoxicity of *Euphorbia hirta*: An *Allium cepa* assay. **Molecules**, v. 17, n. 7, p. 7782-7791, 2012.

PINHO, D. S.; STURBELLE, R. T.; MARTINO-ROTH, M. G.; GARCIA, G. L. Avaliação da atividade mutagênica da infusão de *Baccharis trimera* (Less.) DC. em teste de *Allium cepa* e teste de aberrações cromossômicas em linfócitos humanos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 165-170, 2010.

PULIDO, E.; BOFF, P.; DUARTE, T.; BOFF, M. I. High dilution preparations for organic production system of broccoli. **Agronomía Colombiana**, v. 35, n. 1, p. 53-58, 2017.

RAAL, A.; ORAV, A.; PÜSSA, T.; VALNER, C.; MALMISTE, B.; ARAK, E. Content of essential oil, terpenoids and polyphenols in commercial chamomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert) teas from different countries. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 632-638, 2012.

RIEGER, R.; MICHAELIS, A. Chromosomen aberrationen nach Einwirkung von Acetaldehyd auf Primärwurzeln von *Vicia faba*. **Biol. Zbl.**, v. 79, p. 1-5, 1960.

SANTOS, F. M.; MONFORT, L. E. F.; CASTRO, D. M.; PINTO, J. E. B. P.; LEONARDIC, M.; PISTELLI, L. Characterization of essential oil and effects on growth of *Verbena gratissima* plants treated with homeopathic Phosphorus. **Natural Product Communications**, v. 6, n. 10, p. 1499-1504, 2011.

SANTOS, R.; SANTOS, R.; MARISCO, G. Avaliação da atividade genotóxica, citotóxica e antimicrobiana da infusão das folhas de *Spondias purpurea* L. **Scientia Plena**, v. 13, n. 3, 2017.

SEHGAL, R.; ROY, S.; KUMAR, V. L. Evaluation of cytotoxic potential of latex of *Calotropis procera* and *Podophyllotoxin* in *Allium cepa* root model. **Biocell**, v. 30, n. 1, p. 9-13, 2006.

SHARAFZADEH, S.; ALIZADEH, O. German and Roman Chamomile. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 1, n. 10, p. 01-05, 2011.

SHUKLA, S.; GUPTA, S. Apigenin and cancer chemoprevention. In: **Bioactive Foods in Promoting Health**, p. 663-689, 2010.

SIDDIQUE, Y. H.; BEG, T.; AFZAL, M. Antigenotoxic effect of apigenin against anti-cancerous drugs. **Toxicology in Vitro**, v. 22, n. 3, p. 625-631, 2008.

SINGH, O.; KHANAM, Z.; MISRA, N.; SRIVASTAVA, M. K. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. **Pharmacognosy Reviews**, v. 5, n. 9, p. 82-95, 2011.

SOUZA, P. O.; BIANCHI, S. E.; FIGUEIRÓ, F.; HEIMFARTH, L.; MORESCO, K. S.; GONÇALVES, R. M.; HOPPE, J. B.; KLEIN, C. P.; SALBEGO, C. G.; GELAIN, D. P.; BASSANI, V. L.; ZANOTTO FILHO, A.; MOREIRA, J. C. F. Anticancer activity of

flavonoids isolated from *Achyrocline satureioides* in gliomas cell lines. **Toxicology in Vitro**, v. 51, p. 23-33, 2018.

SRIVASTAVA, J. K.; GUPTA, S. Antiproliferative and apoptotic effects of chamomile extract in various human cancer cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 23, p. 9470-9478, 2007.

SRIVASTAVA, J. K.; GUPTA, S. Extraction, characterization, stability and biological activity of flavonoids isolated from chamomile flowers. **Molecular and Cellular Pharmacology**, v. 1, n. 3, p. 138, 2009.

SRIVASTAVA, J. K.; SHANKAR, E.; GUPTA, S. Chamomile: a herbal medicine of the past with a bright future. **Molecular Medicine Reports**, v. 3, n. 6, p. 895-901, 2010.

STALMACH, A.; MULLEN, W.; NAGAI, C.; CROZIER, A. On-line HPLC analysis of the antioxidant activity of phenolic compounds in brewed, paper-filtered coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 253-262, 2006.

TEDESCO, S. B.; LAUGHINGHOUSE, IV H. D. Bioindicator of genotoxicity: the *Allium cepa* test. In: **Environmental Contamination**, InTech Publisher, p. 137-156, 2012.

TSAI, P. H.; CHENG, C. H.; LIN, C. Y.; HUANG, Y. T.; LEE, L. T.; KANDASWAMI, C. C.; LIN Y. C.; LEE, K. P.; HUNG, C. C.; HWANG, J. J.; KE, F. C.; CHANG, G. D.; LEE, M. T. Dietary flavonoids luteolin and quercetin suppressed cancer stem cell properties and metastatic potential of isolated prostate cancer cells. **Anticancer Research**, v. 36, n. 12, p. 6367-6380, 2016.

UBESSI, C.; ROSA, V. S.; KRYSCZUN, D. K.; CARINI, F.; TEDESCO, S. B.; SILVA, C. B.; ANDRIOLO, J. L. Chamomile cultivation submitted to ultra-diluted Phosphorus solutions. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 305-313, 2018.

XU, H.; YANG, T.; LIU, X.; TIAN, Y.; CHEN, X.; YUAN, R.; SU, S.; LIN, X.; DU, G. Luteolin synergizes the antitumor effects of 5-fluorouracil against human hepatocellular carcinoma cells through apoptosis induction and metabolism. **Life Sciences**, v. 144, p. 138-147, 2016.

6. ARTIGO 4: PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO MINERAL DE CAMOMILA CULTIVADA SOB RESTRIÇÃO DE FÓSFORO E UTILIZAÇÃO DE MEDICAMENTO HOMEOPÁTICO

Productivity and mineral composition of chamomile cultivated under phosphorus restriction and use of homeopathic medicine

RESUMO: A camomila é amplamente consumida na forma de chá, preparado por meio das flores, as quais também são utilizadas para a extração de óleo essencial. A produtividade de camomila é dependente de uma adubação equilibrada, visto que, a restrição de um nutriente, como o fósforo, pode reduzir a produção de flores e a absorção dos demais nutrientes. Deste modo, nessas condições adversas de cultivo é passível o uso de medicamentos homeopáticos que permitem a adaptação e o reequilíbrio da planta. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do medicamento homeopático Phosphorus no cultivo de camomila sob restrição do elemento químico fósforo quanto à produtividade e à composição mineral das plantas. Foram avaliados quatro tratamentos: 1) Solução nutritiva padrão; 2) Solução nutritiva padrão e aplicação de Phosphorus 3CH; 3) Solução nutritiva com restrição de fósforo; e 4) Solução nutritiva com restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH, no cultivo de camomila em ambiente protegido. Em cada tratamento foram mensuradas as variáveis relacionadas ao desenvolvimento vegetal e produção de flores e também a determinação da composição mineral de camomila. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e ao teste de comparação de médias por Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Apenas as variáveis número de flores por planta, massa de flores por planta, produtividade de flores frescas e secas, massa fresca por planta e por hectare, diâmetro e altura de flor demonstraram diferença significativa entre os tratamentos avaliados e somente a solução nutritiva padrão proporcionou os melhores resultados nas variáveis citadas. A associação da solução nutritiva padrão com a aplicação de Phosphorus 3CH proporcionou maior acúmulo de manganês e potássio. A aplicação de Phosphorus 3CH não potencializa a produtividade de flores e massa fresca no cultivo de camomila sob restrição do elemento químico fósforo.

Palavras-chave: *Chamomilla recutita*, Phosphorus, nutrição mineral, homeopatia.

ABSTRACT: Chamomile is widely consumed in the form of tea, prepared by means of flowers, which are also used for the extraction of essential oil. Chamomile productivity is dependent on balanced fertilization, since restricting a nutrient such as phosphorus can reduce flower production and the absorption of other nutrients. Thus, under these adverse conditions of cultivation it is possible to use homeopathic medicines that allow the adaptation and rebalancing of the plant. The aim of this work was to evaluate the effect of the Phosphorus homeopathic medicine on the cultivation of chamomile under restriction of the chemical element phosphorus in relation to the productivity and the mineral composition of the plants. Four treatments were evaluated: 1) Standard nutrient solution; 2) Standard nutrient solution and Phosphorus 3CH application; 3) Nutrient solution with phosphorus restriction; and 4) Nutrient solution with phosphorus restriction and Phosphorus 3CH application, in the cultivation of chamomile in a protected environment. In each treatment the variables related to plant development and flower production were measured, as well as the determination of the mineral composition of chamomile. The data were submitted to analysis of variance ($p < 0.05$) and to the means comparison test by Scott & Knott at a 5% error probability level. Only the variables number of flowers per plant, flower mass per plant, productivity of fresh and dried flowers, fresh mass per plant and per hectare, flower diameter and height showed a significant difference between the evaluated treatments and only the standard nutrient solution provided the best results in the cited variables. The association of the standard nutrient solution with the application of Phosphorus 3CH provided greater accumulation of manganese and potassium. The application of Phosphorus 3CH does not potentiate flower productivity and fresh mass in the cultivation of chamomile under restriction of the chemical element phosphorus.

Keywords: *Chamomilla recutita*, Phosphorus, mineral nutrition, homeopathy.

6.1. INTRODUÇÃO

A camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) é uma espécie medicinal com inflorescências aromáticas que pertence à família Asteraceae e é amplamente consumida na forma de chá, devido as suas propriedades terapêuticas. As inflorescências são utilizadas para a preparação de infusões e para a extração de óleo essencial, ambos com propriedades aromatizante e calmante. Também é matéria-prima para produtos farmacêuticos e cosméticos, pela ação anti-inflamatória, antisséptica, carminativa, sedativa e potencial anticâncer que a

espécie promove (RAAL et al., 2012; SEBAI et al., 2014; AL-DABBAGH et al., 2019; CVETANOVIĆ et al., 2019). Seus extratos, além da função medicinal, também podem ser utilizados em alimentos e bebidas e como repelente de insetos (TSIVELIKA et al., 2018). A bioatividade e os benefícios da camomila para a saúde estão associados ao óleo essencial, constituído por terpenos, como o α -bisabolol e seus derivados e camazuleno, bem como, no chá são encontrados compostos fenólicos incluindo apigenina, quercetina, luteolina e seus glicosídeos (CVETANOVIĆ et al., 2019; KHAYYAL et al., 2019). No entanto, a produção de flores depende das condições ambientais e das diversas práticas agrícolas, como a adubação mineral, que reflete diretamente nas características morfológicas e de rendimento desta cultura.

A adubação mineral pode ser definida como a adição de elementos (nutrientes) necessários para cobrir a diferença entre a quantidade de um determinado nutriente exigido pela planta e o fornecimento pelo solo, visando o aumento da produtividade dos cultivos agrícolas (FAQUIN, 2005; MIKHAK et al., 2017). Deste modo, uma adubação equilibrada favorece a produtividade de biomassa das plantas (MOHAMMADREZA et al., 2012), bem como, a tolerância a estresses ambientais. A demanda nutricional de uma espécie pode ser estabelecida por meio da determinação da composição mineral do vegetal, servindo como subsídio para estimar quais nutrientes devem ser fornecidos às plantas no momento da adubação e quais nutrientes são limitantes a produção. Pois, cada nutriente possui funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas e são classificados em dois grupos, os macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e os micronutrientes (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco) (FAQUIN, 2005; KIRKBY; RÖMHELD, 2007; MARSCHNER, 2012). As diferenças entre estes dois grupos é a concentração exigida pelas plantas, que é variável entre espécies e a disponibilidade encontrada nos solos, dado que os macronutrientes estão disponíveis no solo em maiores concentrações em relação aos micronutrientes.

Dentre os macronutrientes, o fósforo total é encontrado em grandes quantidades no solo, mas sua disponibilidade para as plantas é muito baixa devido a sua forte interação com o solo, pois é adsorvido por óxidos de ferro e alumínio (SMITH et al., 2011; MAHANTA et al., 2014; MOORE et al., 2014), interferindo diretamente no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, bem como, na absorção de outros nutrientes. Nas plantas o fósforo é um elemento químico constituinte dos ácidos nucleicos, coenzimas, é a peça fundamental no armazenamento de energia por meio do ATP (adenosina trifosfato), participa de reações na

respiração e fotossíntese, e é componente de nucleotídeos utilizados na formação do RNA e DNA (SORREANO et al., 2011; HAWKESFORD et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013; VIEIRA et al., 2015). Também participa de rotas metabólicas relacionadas ao metabolismo secundário das plantas medicinais (SHARAFZADEH et al., 2011; OMER et al., 2014).

Nesse contexto uma adubação equilibrada com fósforo foi capaz de promover aumento no teor de óleo essencial em coentro (*Coriandrum sativum*), funcho (*Foeniculum vulgare*) (MORAIS, 2009) e *Lippia origanoides* (TELES et al., 2014), aumento significativo da matéria seca em hortelã pimenta (*Mentha piperita*) e capim-limão (*Cymbopogon citratus*) (AMARANTE et al., 2012), maior número de inflorescências em calêndula (*Calendula officinalis*) (BARBOZA et al., 2009) e camomila (MAPELI et al., 2005; MOHAMMADREZA et al., 2012; JESHNI et al., 2017). No entanto, a deficiência de fósforo em plantas medicinais interfere diretamente na produção de biomassa e no metabolismo secundário, como relatado para as espécies jambu (*Acmella oleracea*) (RODRIGUES et al., 2014), orégano (*Origanum vulgare*) (CORRÊA et al., 2010), hortelã pimenta (*Mentha piperita*), melissa (*Melissa officinalis*) (BLANK et al., 2006), camapu (*Physalis angulata*) (CRUZ et al., 2015) e ipeca (*Psychotria ipecacuanha*) (VIEGAS et al., 2014). Dessa forma, a adubação fosfatada deve ser planejada para atender as necessidades da planta e, quando este nutriente encontra-se em baixa disponibilidade, pode-se utilizar medicamentos homeopáticos na tentativa de suprir esta carência ou potencializar a produção das plantas submetidas a esta condição de restrição nutricional.

Os medicamentos homeopáticos acessam o sistema de reação do organismo, estimulando as defesas e proporcionando o equilíbrio do ser. Na agricultura, destinam-se ao controle de pragas, como pulgões (WYSS et al., 2010), fungos (TREBBI et al., 2016), incremento no teor de óleo essencial em menta (*Mentha arvensis*) (BONATO et al., 2009), acréscimo na massa fresca de brócolis (PULIDO et al., 2017) e aumento no diâmetro e altura dos capítulos florais em camomila (UBESSI et al., 2018), além da amenização dos efeitos abióticos que promovem estresse no vegetal. Nas plantas medicinais podem atuar na adaptação ao ambiente de cultivo e no desequilíbrio promovido pela domesticação. Existem inúmeros medicamentos homeopáticos, como o Phosphorus, que é indicado para o cultivo em solos com baixa disponibilidade do nutriente fósforo, quando a espécie apresenta excesso de transpiração por intolerância ao calor e quando há redução na taxa fotossintética (TICHAVSKY, 2007; BONATO, 2014; RESENDE, 2014). Dessa forma, o medicamento

homeopático auxilia o vegetal no seu ciclo produtivo, como um estímulo para a recuperação, manutenção da produção e equilíbrio em condições ambientais adversas.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do medicamento homeopático Phosphorus no cultivo de camomila sob restrição do elemento químico fósforo quanto a produtividade de flores e a composição mineral das plantas.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1. Local de cultivo e organização experimental

O cultivo de camomila foi efetivado em ambiente protegido, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, Brasil (S: 29° 42' 23''; W: 53° 43' 15'' e 95 metros de altitude ao nível do mar), com a cultivar Mandirituba. A semeadura foi realizada em vasos de polietileno (5 dm³) preenchidos com areia (substrato inerte) e distribuídos em quatro bancadas de telhas de fibrocimento. Cada bancada representou um tratamento e foi composta por 20 vasos, contendo apenas uma planta por vaso. Foram avaliados quatro tratamentos: 1) Solução nutritiva padrão (SNP); 2) Solução nutritiva padrão e aplicação de Phosphorus 3CH (SNPH); 3) Solução nutritiva com restrição de fósforo (RF); e, 4) Solução nutritiva com restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH (RF/H). O experimento foi conduzido de agosto a novembro, totalizando 100 dias de cultivo.

Foram elaboradas duas soluções nutritivas, uma padrão (sem nenhuma restrição) e uma com restrição do elemento químico fósforo (Tabela 1). A fórmula da solução padrão levou em consideração a recomendação de cultivo para camomila (CORRÊA JUNIOR et al., 2008). Com base na solução padrão foi elaborada a solução com restrição de fósforo, reduzindo a quantidade deste elemento químico em 80% do valor encontrado na solução padrão e mantendo os demais princípios de formulação de uma solução nutritiva segundo Andriolo (2017) e Manual de Calagem e Adubação para os Estados do RS/SC (2016).

Tabela 1. Proporção de macro e micronutrientes das soluções nutritivas padrão e com restrição de fósforo para o cultivo de camomila.

Solução Nutritiva Padrão	
Macronutrientes (m mol L ⁻¹)	Micronutrientes (mg L ⁻¹)
9,60 NO ₃	0,03 Mo
0,40 NH ₄	0,26 B
1,00 H ₂ PO ₄	0,06 Cu
6,20 K	0,50 Mn
4,00 Ca ²⁺	0,22 Zn
2,50 Mg ²⁺	
2,50 (SO ²⁻) ₄	
1,00 mg L ⁻¹ Fe	
Condutividade Elétrica (CE) 1,15 dS/m	
pH 6,10	
Solução Nutritiva com Restrição de Fósforo	
Macronutrientes (m mol L ⁻¹)	Micronutrientes (mg L ⁻¹)
9,66 NO ₃	0,03 Mo
0,33 NH ₄	0,26 B
0,20 H ₂ PO ₄	0,06 Cu
6,20 K	0,50 Mn
3,33 Ca ²⁺	0,22 Zn
2,90 Mg ²⁺	
2,90 (SO ²⁻) ₄	
1,00 mg L ⁻¹ Fe	
Condutividade Elétrica (CE) 1,54 dS/m	
pH 6,20	

NO₃: nitrato; NH₄: amônio; H₂PO₄: fosfato; K: potássio; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; (SO²⁻)₄: sulfato; Mo: molibdênio; B: boro; Cu: cobre; Mn: manganês; Zn: zinco; Fe: ferro.

A solução nutritiva foi fornecida de acordo com a necessidade da cultura e os fertilizantes utilizados como fonte para os macronutrientes foram nitrato de potássio, monofosfato de potássio (MKP), sulfato de magnésio e Calcinit[®], e para os micronutrientes foram o molibdato de sódio, ácido bórico, sulfato de cobre, sulfato de manganês e sulfato de zinco. A solução nutritiva de cada tratamento foi disponibilizada por meio de mangueira gotejadora disposta em cada fileira de vasos, de modo que cada gotejador coincidia com um vaso, em sistema fechado.

Ao longo do experimento também foi monitorada a temperatura no interior da estufa com o auxílio do aparelho manual Datalogger modelo Akso[®] 170, com oito medições diárias de temperatura às 1h, 4h, 7h, 10h, 13h, 16h, 19h e 22h.

6.2.2. Aplicação do medicamento homeopático Phosphorus

O medicamento homeopático Phosphorus na dinamização 3CH foi adquirido em farmácia homeopática na cidade de Santa Maria - RS, preparado em álcool 5% (v v⁻¹). Para a aplicação nas plantas, o Phosphorus foi diluído em água destilada na proporção de 0,5 mL L⁻¹. A aplicação foi realizada duas vezes por semana, apenas na parte aérea das plantas por meio de pulverização, na quantidade de 100 mL por planta, logo após a emergência até término do experimento.

6.2.3. Mensuração das variáveis relacionadas ao desenvolvimento vegetal e produção de flores

A colheita das inflorescências foi realizada manualmente e a partir da colheita foram estimadas as demais variáveis. Como forma de padronização as inflorescências serão mencionadas pelo termo flor(es) ao longo do texto.

Número de flores planta⁻¹: número de flores colhidas em todo o experimento em cada planta (número (n)).

Massa de flores planta⁻¹: massa das flores coletadas ao longo do experimento em cada planta (gramas (g)).

Produtividade de flores frescas: massa das flores colhidas ao final do experimento transformada para hectares (quilogramas por hectare (kg ha⁻¹)).

Produtividade de flores secas: determinação realizada por meio do desconto de 20% de perda de massa fresca da produção de flores frescas (quilogramas por hectare (kg ha⁻¹)), ou seja, a cada quilo de flores frescas resulta em 800 gramas de flores secas.

Massa fresca planta⁻¹: ao final do experimento as plantas foram colhidas e pesadas em balança analítica de precisão (gramas (g)).

Massa seca planta⁻¹: determinada com o acondicionamento das plantas em estufa de secagem, com circulação forçada de ar, a temperatura de 60 °C, até atingir massa constante.

Massa fresca hectare⁻¹: obtida por meio do valor de massa fresca por planta transformada para hectares (quilogramas por hectare (kg ha⁻¹)).

Massa seca hectare⁻¹: definida pelo valor de massa seca por planta transformada para hectare (quilogramas por hectare (kg ha⁻¹)).

Número de ramos: contado ao final do experimento todos os ramos na base da planta (número (n)).

Altura de planta: avaliada no término do experimento no ramo central da planta (centímetros (cm)).

Diâmetro de flor: diâmetro da estrutura floral incluindo o centro e as flores liguladas (milímetros (mm)).

Altura de flor: valor da estrutura floral medida verticalmente da base ao ápice da estrutura floral (milímetros (mm)).

6.2.4. Determinação da composição mineral de camomila

Para a determinação da composição mineral no tecido vegetal de camomila foram sorteadas três plantas de cada tratamento. As plantas selecionadas foram coletadas, exceto a raiz, e acondicionadas em estufa com fluxo de ar contínuo na temperatura de 60 °C, até atingir uma massa constante. Posteriormente, foi realizada a trituração do tecido vegetal e encaminhamento das amostras para o Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre/RS. Segundo protocolos do laboratório o nitrogênio foi determinado pela metodologia Kjeldahl, o boro por digestão seca e os demais minerais pela metodologia de digestão úmida nítrico-perclórica.

6.2.5. Estatística e delineamento experimental

O experimento foi conduzido de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e duplo cego, com 4 tratamentos: 1) Solução nutritiva padrão (SNP); 2) Solução nutritiva

padrão e aplicação de Phosphorus 3CH (SNPH); 3) Solução nutritiva com restrição de fósforo (RF); 4) Solução nutritiva com restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH (RF/H). Cada bancada representou um tratamento e foi composta por 20 vasos espaçados 0,30 metros em duas fileiras, totalizando 4 repetições de 5 unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e ao teste de comparação de médias por Scott & Knott (1974) em nível de 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

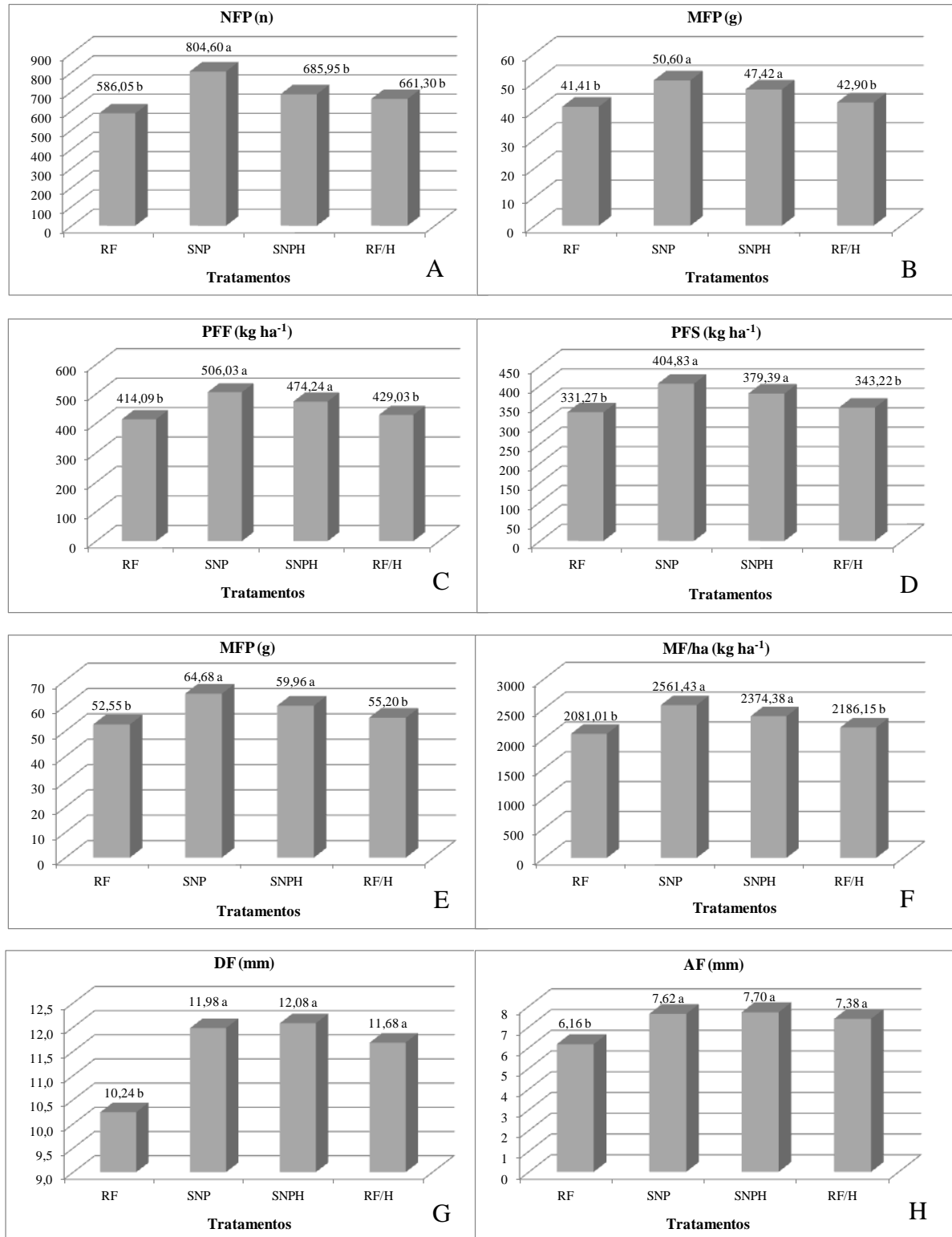
6.3. RESULTADOS

6.3.1. Variáveis de desenvolvimento vegetal e produção de flores

Apenas as variáveis número de flores por planta (NFP), massa de flores por planta (MFP), produtividade de flores frescas (PFF) e secas (PFS), massa fresca por planta (MFP) e por hectare (MF/ha), diâmetro (DF) e altura de flor (AF) demonstraram diferença significativa entre os tratamentos avaliados. Já os caracteres massa seca por planta e por hectare, número de ramos e altura de planta não apresentaram diferenças entre as soluções nutritivas (Figura 1).

A SNP proporcionou maior produtividade de flores (NFP) e com maior massa (MFP), juntamente com a SNPH. As soluções com RF e RF/H não diferiram as médias entre si e evidenciaram baixos valores para a produtividade e massa de flores (Figura 1A e 1B). Aproximadamente, uma redução de 72,84% na produtividade de flores quando a RF é comparada a SNP. A PFF e PFS apresentaram médias similares entre a SNP e SNPH, diferindo das soluções com RF e RF/H, que não divergiram as médias entre si (Figura 1C e 1D). O mesmo comportamento também é observado para as variáveis massa fresca por planta (MFP) e por hectare (MF/ha) (Figura 1E e 1F). Analisando os caracteres relacionados diretamente ao tamanho das inflorescências, é perceptível que a RF proporcionou menor diâmetro e altura de flor (Figura 1G e 1H), um decréscimo em torno de 87,67% e 83,45%, respectivamente, quando estas variáveis são comparadas com a SNPH, que apresentou a maior médias entre os tratamentos, porém não evidenciou diferenças entre as médias de SNP e RF/H.

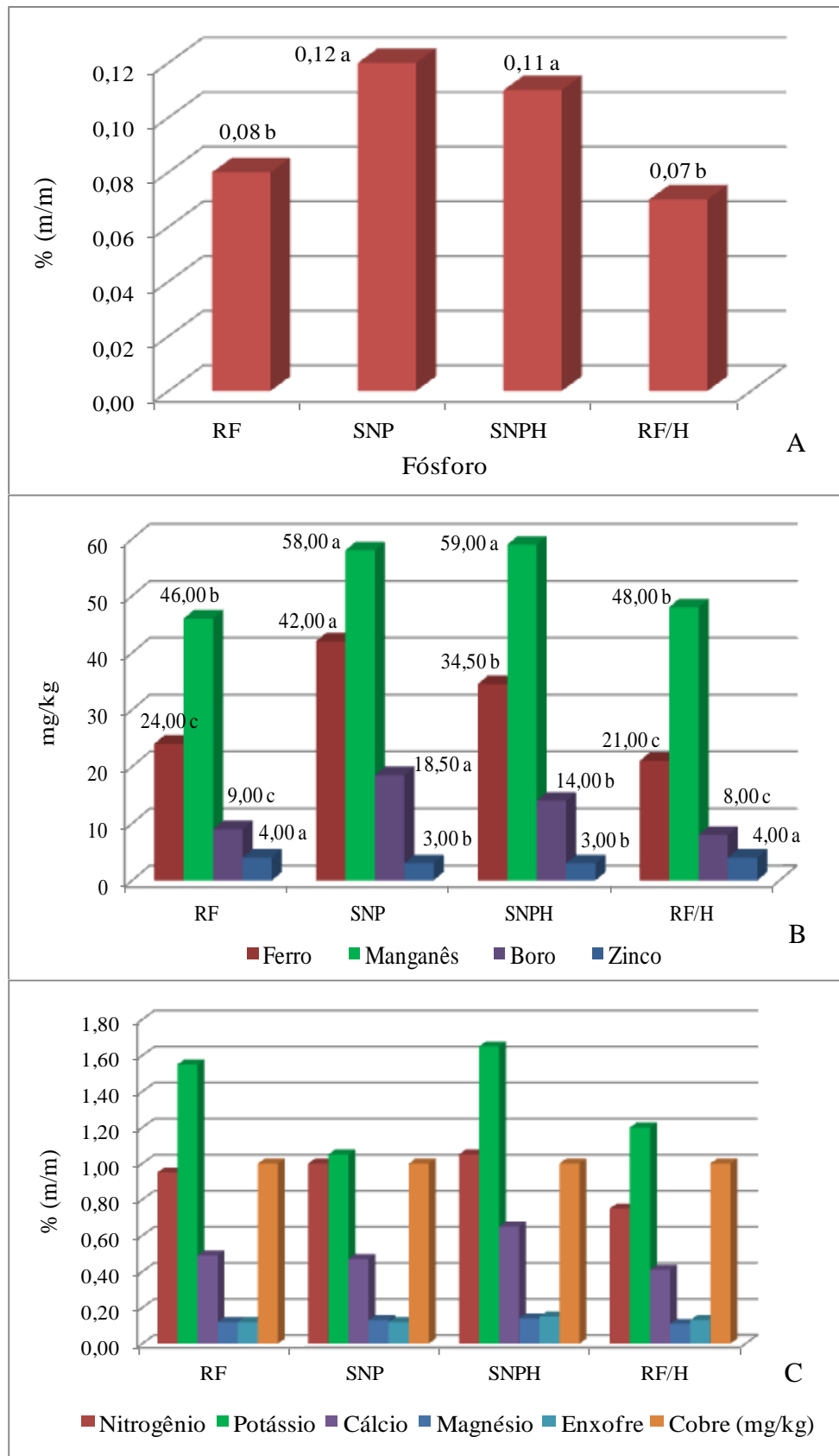
Figura 1. Variáveis de desenvolvimento vegetal e produção de flores de camomila sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH. (A) Número de flores por planta (NFP); (B) massa de flores por planta (MFP); (C) produtividade de flores frescas (PFF); (D) produtividade de flores secas (PFS); (E) massa fresca por planta (MFP); (F) massa fresca por hectare (MF/ha); (G) diâmetro de flor (DF); (H) altura de flor (AF).



6.3.2. Composição mineral de camomila

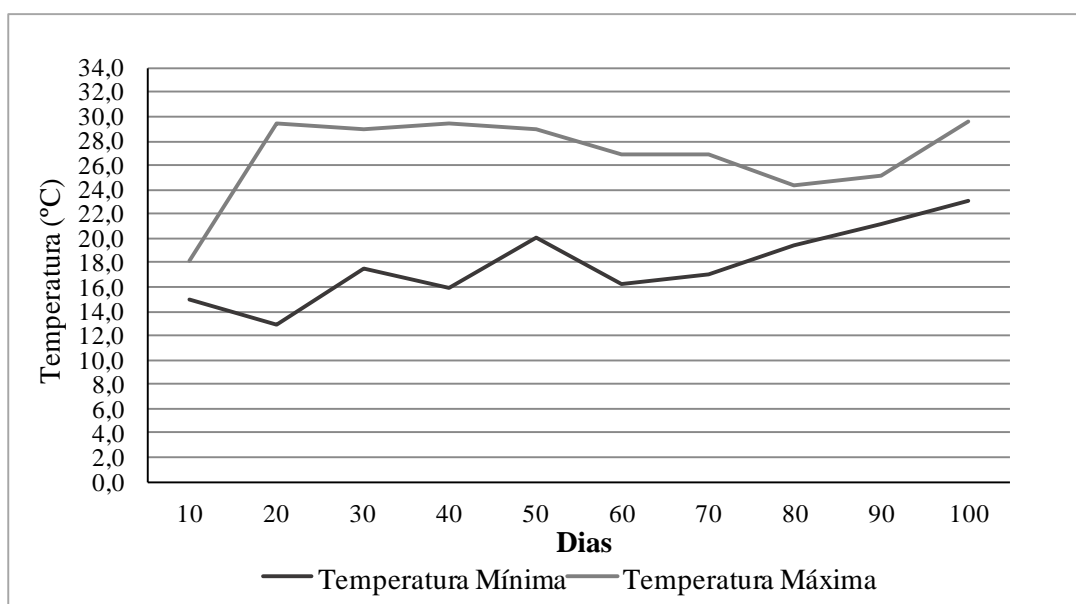
A análise da composição mineral de camomila referiu-se à determinação da concentração de 11 nutrientes no tecido vegetal de camomila. Somente alguns nutrientes como o fósforo, ferro, manganês, boro e zinco demonstraram diferença significativa entre as soluções nutritivas avaliadas (Figura 2A e 2B). Os maiores percentuais foram encontrados na SNP e SNPH, exceto para o zinco, que apesar da mínima diferença, teve um percentual máximo nas soluções com RF e RF/H. Os demais nutrientes como nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e cobre não diferiram os percentuais entre as soluções nutritivas (Figura 2C). No entanto, cabe destacar que a SNPH manifestou os maiores valores destes nutrientes no tecido vegetal e, a SNP apresentou as menores concentrações (Figura 2C). Independente da solução nutritiva, o acúmulo de macronutrientes na planta seguiu a seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > Mg \geq S > P$, e para os micronutrientes a ordem foi $Mn > Fe > B > Zn > Cu$. Essa sequência foi elaborada segundo a concentração média de cada nutriente nas respectivas soluções nutritivas.

Figura 2. Composição mineral de camomila sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH.



Ao longo do experimento houve o monitoramento da temperatura dentro do ambiente protegido onde foi realizado o cultivo de camomila (Figura 3). A temperatura está expressa em intervalos de 10 dias do início ao fim do experimento, aos 100 dias. Houve uma oscilação de temperatura entre 12,8 °C até 29,6 °C, com a média de 17,8 °C de mínima e 26,8 °C de máxima no decorrer do cultivo. Também é perceptível o aumento da temperatura mínima ao longo dos meses e um declínio da temperatura máxima no final do experimento, bem como, uma faixa de temperaturas que não comprometeram o desenvolvimento do cultivo de camomila em ambiente protegido.

Figura 3. Temperatura mínima e máxima no cultivo de camomila em ambiente protegido sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH.



6.4. DISCUSSÃO

Os caracteres relacionados à produção vegetal, como número e massa de flores, produtividade de flores frescas e secas, massa fresca por planta e por hectare, tiveram uma resposta negativa em condições de restrição de fósforo em comparação ao desempenho destes caracteres quando observado na solução nutritiva padrão. A restrição de fósforo à planta, seja no solo ou na solução nutritiva, compromete a taxa de crescimento total e, conseqüentemente, limita a produção de flores e parte aérea no vegetal, segmentos comumente usados para a comercialização de plantas medicinais. Essa limitação no desenvolvimento vegetal ocorre em

virtude do fósforo participar de rotas metabólicas relacionadas à fotossíntese, produção de proteínas e divisão celular (SILVA JUNIOR et al., 2007; COELHO et al., 2011; TAIZ; ZEIGER, 2013). Em outras espécies medicinais a baixa disponibilidade de fósforo também limitou a produção, restringindo a quantidade de massa fresca e altura de planta em chambá (*Justicia pectoralis* var *stenophylla*) (MORAIS, 2009) e hortelã pimenta (*Mentha piperita*) (SOUZA et al., 2007), além de sintomas pontuais de deficiência no limbo foliar, restrição na absorção de outros nutrientes e no crescimento vegetal nas espécies de pimenta-longa (*Piper hispidinervum*) (VIEGAS et al., 2013), ipeca (*Psychotria ipecacuanha*) (VIEGAS et al., 2014) e fáfia (*Pfaffia glomerata*) (SKREBSKY et al., 2008).

Uma adubação equilibrada que forneça a quantidade necessária de fósforo à planta proporciona produções superiores em comparação a um cultivo sob restrição deste elemento químico. Fato observado em todas as variáveis no cultivo de camomila com solução nutritiva padrão, ou seja, o fósforo supriu a necessidade da planta e favoreceu a produtividade de flores e parte aérea, como já relatado por Mapeli et al. (2005) e Moraes et al. (2006) no cultivo de camomila em função da adubação fosfatada. Isso também coincide com os resultados encontrados para outras espécies medicinais, nas quais a adubação fosfatada contribuiu para maior produção de massa fresca e de inflorescência em marcela (*Achyrocline satureioides*) (VIEIRA et al., 2015), calêndula (*Calendula officinalis*) (BARBOZA et al., 2009) e jambu (*Acmella oleracea*) (RODRIGUES et al., 2014), e aumento no número de folhas em bardana (*Arctium lappa*) (GASSI et al., 2009) e capim limão (*Cymbopogon citratus*) (AMARANTE et al., 2012).

A aplicação de Phosphorus 3CH não proporcionou diferença entre as médias no cultivo de camomila sob restrição de fósforo, ou seja, a aplicação do medicamento homeopático não incrementou a produtividade de flores e massa fresca. O efeito do medicamento homeopático é potencializado em uma condição favorável de cultivo, como observado para os caracteres diâmetro e altura de flor e corroborando com o resultado obtido por Ubessi et al. (2018) no estudo dos efeitos da aplicação de Phosphorus no cultivo de camomila em ambiente protegido. Efeito equivalente mencionado nas espécies *Verbena gratissima* (SANTOS et al., 2011) e carqueja (*Baccharis trimera*) (CAPRA et al., 2014), quando cultivadas em condições favoráveis. Em um ambiente de cultivo o qual apresenta um fator limitante no desenvolvimento vegetal, como no caso, a restrição de fósforo, o medicamento homeopático busca reestabelecer o equilíbrio da planta com o ambiente para que a mesma complete seu ciclo e mantenha a produção, porém não promove ganhos em

rendimento como constatado nos resultados obtidos. O medicamento homeopático Phosphorus na dinamização 3CH não supriu a demanda de fósforo pela planta ou forneceu este nutriente a planta, mas sim, funcionou como um estímulo para a manutenção da produção em uma condição adversa, não sendo substitutivo a adubação fosfatada. Visto que, os medicamentos homeopáticos podem atuar em diversas partes ou rotas metabólicas no organismo vegetal (JÄGER et al., 2015) e isso resulta em respostas distintas e dependentes da espécie avaliada.

A solução nutritiva padrão e com aplicação de Phosphorus 3CH potencializaram o acúmulo do macronutriente fósforo e dos micronutrientes ferro, manganês e boro. No entanto, nas soluções com restrição, o zinco teve maior percentual de acúmulo. O fósforo e o zinco exercem uma relação antagônica como descrito por Scalco et al. (2014) e Watts-Williams et al. (2014), pois o fósforo é capaz de insolubilizar o zinco nas raízes e isso acaba diminuindo sua absorção pelas plantas (MARSCHNER, 2012). Ou seja, a presença de fósforo na solução nutritiva pode reduzir a absorção e o acúmulo de zinco, como observado. Essa mesma relação antagônica também pode ocorrer entre potássio e magnésio (WALLAU et al., 2008; VIEGAS et al., 2013), em que altas taxas de absorção de potássio acabam diminuindo a absorção de magnésio pelas plantas. Pois, o potássio compete com alguns cátions, como o magnésio, pelos sítios de absorção na membrana plasmática (ERNANI et al., 2007), e isso resulta na alteração da taxa de absorção e acúmulo na planta. Além disso, o potássio foi o macronutriente que apresentou maior concentração de acúmulo, coincidindo com os resultados obtidos pelos autores Olivier et al. (2012), Randelović et al. (2013) e Pedro et al. (2016). Também, é o elemento mineral mais abundante nos vegetais (SILVEIRA et al., 2009).

O manganês foi o micronutriente que apresentou maior taxa de acúmulo pelas plantas de camomila. Em comparação com outros elementos, o manganês é rapidamente absorvido pelas culturas e depositado em maiores concentrações no tecido vegetal (INOSTROZA-BLANCHETEAU et al., 2017). Entretanto, na literatura não se encontra de forma objetiva, a interação deste nutriente com os demais no processo de absorção pelas plantas, uma vez que o enfoque é direcionado a sua toxidez, excesso ou deficiência no solo. As pesquisas apontam que a taxa de absorção e demanda é dependente do estágio fisiológico da planta (NAZARI et al., 2018), do pH da solução nutritiva ou do solo (LEAKE, 2015), das diferenças genotípicas entre as espécies e da disponibilidade de manganês (SCHMIDT et al., 2016). Mas, alguns autores mencionam a interação antagônica do manganês com o ferro (MOOSAVI; RONAGHI, 2010) e fósforo (FAGERIA et al., 2015) e também um sinergismo com o zinco

(SOLTANGHEISI et al., 2014). No entanto, as interações mencionadas são contraditórias ao que foi obtido no cultivo de camomila, pois nas maiores concentrações de manganês foram observadas também altas taxas de acúmulo de ferro e fósforo, e menores proporções de zinco.

6.5. CONCLUSÃO

A aplicação de Phosphorus 3CH não potencializa a produtividade de flores e massa fresca no cultivo de camomila sob restrição do elemento químico fósforo em ambiente protegido.

A associação da solução nutritiva padrão com a aplicação de Phosphorus 3CH proporciona maior acúmulo de manganês e potássio no cultivo de camomila em ambiente protegido.

A restrição de fósforo não minimiza a produtividade de flores em camomila em ambiente protegido, atingindo a média nacional de 400 kg ha⁻¹.

6.6. REFERÊNCIAS

AL-DABBAGH, B.; ISMAIL, A. ELHATY, I. A.; ELHAW, M.; MURALI, C.; AL MANSOORI, A.; AWAD, B.; AMIN, A. Antioxidant and anticancer activities of chamomile (*Matricaria recutita* L.). **BMC Research Notes**, v. 12, n. 1, p. 1-8, 2019.

AMARANTE, C. V. T.; ERNANI, P. R.; SOUZA, A. G.; STEFFENS, C. A. Calagem e adubação fosfatada favorecem o crescimento do capim-limão, *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p. 92-96, 2012.

ANDRIOLO, J. A. **Olericultura Geral**. 3ª ed. Santa Maria, Editora UFSM, 2017. 96 p.

BARBOZA, V. C.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, A. H.; BOTEAGA, S. P.; PADILHA, N. S.; PAES, C. L. Produção de biomassa de *Calendula officinalis* L. adubada com fósforo e cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 478-483, 2009.

BLANK, A. F.; OLIVEIRA, A. D. S.; ARRIGONI-BLANK, M. D. F.; FAQUIN, V. Efeitos da adubação química e da calagem na nutrição de melissa e hortelã-pimenta. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2006.

BONATO, C. M. **Homeopatia simples: alternativa para a agricultura familiar**. (4^a ed.) Marechal Cândido Rondon: Gráfica Escala, 2014. 50 p.

BONATO, C. M.; PROENÇA, G. T.; REIS, B. Homeopathic drugs Arsenicum album and Sulphur affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 101-105, 2009.

CAPRA, R. S.; GRATÃO, A. S.; FREITAS, G. B.; LEITE, M. N. Preparados homeopáticos e ambiente de cultivo na produção e rendimento de quercetina em carqueja (*Baccharis trimera* (Less) DC.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 566-573, 2014.

COELHO, L. C.; KAWAMOTO, L. S.; RODAS, C. L.; SOUZA, G. A.; PINHO, P. J.; CARVALHO, J. G. Caracterização de sintomas visuais, parâmetros de crescimento e desenvolvimento de *Tagetes erecta* sob deficiências nutricionais. **Agrarian**, v. 4, n. 12, p. 113-122, 2011.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2016. 376 p.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; BORSATO, A. V.; DRANKA, E. **O cultivo da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert)**. Curitiba: Emater, 2008. 44 p.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; COSTA, L. C. B.; ALVES, P. B.; NICULAN, E. S.; BRANT, R. S. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 1, p. 80-89, 2010.

CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L. F. S.; PELACANI, C. R. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 360-366, 2015.

CVETANOVIĆ, A.; ZEKOVIĆ, Z.; ZENGIN, G.; MAŠKOVIĆ, P.; PETRONIJEVIĆ, M.; RADOJKOVIĆ, M. Multidirectional approaches on autofermented chamomile ligulate flowers: antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and enzyme inhibitory effects. **South African Journal of Botany**, v. 120, p. 112-118, 2019.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. D.; CASSOL, P. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 393-402, 2007.

FAGERIA, N. K.; FERREIRA, E. P. B.; KNUPP, A. M. Micronutrient use efficiency in tropical cover crops as influenced by phosphorus fertilization. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 130-137, 2015.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. 2005. 186 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GASSI, R. P.; ZÁRATE, N. A. H.; VIEIRA, M. D. C.; SCALON, S. D. P. Q.; MATTOS, J. K. D. A. Doses de fósforo e de cama de frango na produção de bardana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 692-697, 2009.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (ed). **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. Elsevier, p. 135-189, 2012.

INOSTROZA-BLANCHETEAU, C. I.; DÍAZ, M. R.; BERRÍOS, G.; SALVADOR, A. R.; NESI, A. N.; DEPPE, M.; DEMANET, R.; RENGEL, Z.; ALBERDI, M. Physiological and biochemical responses to manganese toxicity in ryegrass (*Lolium perenne* L.) genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 113, p. 89-97, 2017.

JÄGER, T.; SCHERR, C.; SHAH, D.; MAJEWSKY, V.; WOLF, U.; BETTL, L.; BAUMGARTNER, S. The use of plant-based bioassays in homeopathic basic research. **Homeopathy**, v. 104, n. 04, p. 277-282, 2015.

JESHNI, M. G.; MOUSAVINIK, M.; KHAMMARI, I.; RAHIMI, M. The changes of yield and essential oil components of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.) under application of phosphorus and zinc fertilizers and drought stress conditions. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 1, p. 60-65, 2017.

KHAYYAL, M. T.; KREUTER, M. H.; KEMMLER, M.; ALTMANN, P.; ABDEL-NABY, D. H.; EL-GHAZALY, M. A. Effect of a chamomile extract in protecting against radiation-induced intestinal mucositis. **Phytotherapy Research**, p. 1-9, 2019.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações Agrônomicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

LEAKE, S. Observations on manganese deficiency and toxicity in some Australian native species. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, n. 1, p. 176-187, 2015.

MAHANTA, D.; RAI, R. K.; MISHRA, S. D.; RAJA, A.; PURAKAYASTHA, T. J.; VARGHESE, E. Influence of phosphorus and biofertilizers on soybean and wheat root growth and properties. **Field Crops Research**, v. 166, p. 1-9, 2014.

MAPELI, N. C.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA, Z. N. A.; SIQUEIRA, J. M. Produção de biomassa e de óleo essencial os capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 32-37, 2005.

MARSCHNER, H. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3^a ed. London, Academic Press, 2012. 643 p.

MIKHAK, A.; SOHRABI, A.; KASSAEE, M. Z.; FEIZIAN, M.; Synthetic nanozeolite/nanohydroxyapatite as a phosphorus fertilizer for German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 95, p. 444-452, 2017.

MOHAMMADREZA, N.; MOHAMMAD, M. S.; HOUSEYN, Z.; BAHARI, B. Effects of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on some agro morphological and biochemical traits of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 6, n. 2, p. 277-283, 2012.

MOORE, A.; HINES, S.; BROWN, D.; FALEN, C.; MARTI, M. H.; CHAHINE, M.; NORELL, R.; IPPOLITO, J.; PARKINSON, S.; SATTERWHITE, M. Soil - plant nutrient interactions on manure-enriched calcareous soils. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 1, p. 73-19, 2014.

MOOSAVI, A. A.; RONAGHI, A. Growth and iron-manganese relationships in dry bean as affected by foliar and soil applications of iron and manganese in a calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 9, p. 1353-1365, 2010.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. In: **Embrapa Meio Ambiente - Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Horticultura Brasileira, v. 27, n. 2, p. S3299-S3302, 2009.

MORAIS, T. C.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA, Z. N. A.; TEIXEIRA, I. R.; RAMOS, M. B. M. Produção de biomassa e teor de óleos essenciais da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rausschert) em função das adubações com fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 4, p. 120-125, 2006.

NAZARI, M.; ZARINKAMAR, F.; SOLTANI, B. M.; NIKNAM, V. Manganese-induced changes in glandular trichomes density and essential oils production of *Mentha aquatica* L. at different growth stages. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 50, p. 57-66, 2018.

OLIVIER, J.; SYMINGTON, E. A.; JONKER, C. Z.; RAMPEDI, I. T.; EEDEN, T. S. V. Comparison of the mineral composition of leaves and infusions of traditional and herbal teas. **South African Journal of Science**, v. 108, n. 1, p. 1-7, 2012.

OMER, E. A.; HUSSEIN, E. A.; HENDAWY, S. F.; AZZA, A. E. E.; EL-GENDY, A. G. Effect of nitrogen and potassium fertilizers on growth, yield, essential oil and artemisinin of *Artemisia annua* L. plant. **International Research Journal of Horticulture**, v. 2, n. 2, p. 11-20, 2014.

PEDRO, F. G. G.; ARRUDA, G. L.; OLIVEIRA, J. C.; SANTOS, A. D.; SIGARINI, K. S.; HERNANDES, T.; VILLA, R. D.; OLIVEIRA, A. P. Composição centesimal e mineral de plantas medicinais comercializadas no mercado do Porto de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 297-306, 2016.

PULIDO, E.; BOFF, P.; DUARTE, T.; BOFF, M. I. High dilution preparations for organic production system of broccoli. **Agronomía Colombiana**, v. 35, n. 1, p. 53-58, 2017.

RAAL, A.; ORAV, A.; PÜSSA, T.; VALNER, C.; MALMISTE, B.; ARAK, E. Content of essential oil, terpenoids and polyphenols in commercial chamomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert) teas from different countries. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 632-638, 2012.

RANDELOVIĆ, S. S.; KOSTIĆ, D. A.; ZARUBICA, A. R.; MITIĆ, S. S.; MITIĆ, M. N. The correlation of metal content in medicinal plants and their water extracts. **Hemijska Industrija**, v. 67, n. 4, p. 585-591, 2013.

RESENDE, J. M. **Caderno de homeopatia: instruções práticas geradas por agricultores sobre o uso da homeopatia no meio rural**. Viçosa, MG: UFV, 2014.

RODRIGUES, D. S.; CAMARGO, M. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A.; CORREA, J. N.; VIDAL, T. C. M. Influência da adubação com nitrogênio e fósforo na produção de Jambu, *Acmella oleracea* (L) RK Jansen. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 1 p. 71-76, 2014.

SANTOS, F. M.; MONFORT, L. E. F.; CASTRO, D. M.; PINTO, J. E. B. P.; LEONARDIC, M.; PISTELLI, L. Characterization of essential oil and effects on growth of *Verbena gratissima* plants treated with homeopathic Phosphorus. **Natural Product Communications**, v. 6, n. 10, p. 1499-1504, 2011.

SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; DOMINGHETTI, A. W.; COLOMBO, A.; ASSIS, G. A.; ABREU, G. F. Teores foliares de fósforo e zinco, produtividade e crescimento de café irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 2, p. 95-101, 2014.

SCHMIDT, S. B.; JENSEN, P. E.; HUSTED, S. Manganese deficiency in plants: the impact on photosystem II. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 7, p. 622-632, 2016.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, 30, 507-512, 1974.

SEBAI, H.; JABRI, M. A.; SOULI, A.; RTIBI, K.; SELMI, S.; TEBOURBI, O.; EL-BENNA, J.; SAKLY, M. Antidiarrheal and antioxidant activities of chamomile (*Matricaria recutita* L.) decoction extract in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 152, n. 2, p. 327-332, 2014.

SHARAFZADEH, S.; ESMAEILLI, M.; MOHAMMADI, A. H. Interaction effects of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, essential oil and total phenolic content of sweet basil. **Advances in Environmental Biology**, p. 1285-1290, 2011.

SILVA JÚNIOR, M. L.; SEABRA, D. A.; MELO, V. S.; SANTOS, M. M. D. L. S.; SANTOS, P. C. T. C. Crescimento, composição mineral e sintomas de deficiências de pariri cultivado sob omissão de macronutrientes. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 48, n. 2, p. 85-98, 2007.

SILVEIRA, L. M. S.; OLEA, R. S. G.; AMARANTE JÚNIOR, O. P.; MARIZ, S. R. Extração de minerais em planta de uso medicinal através da infusão e digestão por micro-ondas. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 90, n. 2, p. 144-147, 2009.

SKREBSKY, E. C.; NICOLOSO, F. T., MALDANER, J.; RAUBER, R.; CASTRO, G. Y.; OLIVEIRA JUCOSKI, G.; SANTOS, D. R. Caracterização das exigências nutricionais de mudas de *Pfaffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica do nutriente faltante. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 989-997, 2008.

SMITH, S. E.; JAKOBSEN, I.; GRØNLUND, M.; SMITH, F. A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. **Plant Physiology**, v. 156, n. 3, p. 1050-1057, 2011.

SOLTANGHEISI, A.; RAHMAN, Z. A.; ISHAK, C. F.; MUSA, H. M.; ZAKIKHANI, H. Interaction effects of zinc and manganese on growth, uptake response and chlorophyll content of sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*). **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 13, n. 1, p. 26-33, 2014.

SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana* Baill.). **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 347-352, 2011.

SOUZA, M. A. A.; ARAÚJO, O. J. L.; FERREIRA, M. A.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TELES, S.; PEREIRA, J. A.; OLIVEIRA, L. M.; MALHEIRO, R.; LUCCHESI, A. M.; SILVA, F. *Lippia origanoides* H. B. K. essential oil production, composition, and antioxidant activity under organic and mineral fertilization: effect of harvest moment. **Industrial Crops and Products**, v.60, p. 217-225, 2014.

TICHAVSKY, M. R. **Manual de Agrohomenopatía**. (1ª ed.) Monte Rei, México, 2007.

TREBBI, G.; NIPOTI, P.; BREGOLA, V.; BRIZZI, M.; DINELLI, G.; BETTI, L. Ultra high diluted arsenic reduces spore germination of *Alternaria brassicicola* and dark leaf spot in cauliflower. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 318-325, 2016.

TSIVELIKA, N.; SARROU, E.; GUSHEVA, K.; PANKOU, C.; KOUTSOS, T.; CHATZOPOULOU, P.; MAVROMATIS, A. Phenotypic variation of wild Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) populations and their evaluation for medicinally important essential oil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 80, p. 21-28, 2018.

UBESSI, C.; ROSA, V. S.; KRYSCZUN, D. K.; CARINI, F. TEDESCO, S. B.; SILVA, C. B.; ANDRIOLO, J. L. Chamomile cultivation submitted to ultra-diluted Phosphorus solutions. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 305-313, 2018.

VIEGAS, I. D. J. M.; GALVÃO, J. R.; SILVA JÚNIOR, M. L.; MELO, N. C.; OLIVEIRA, M. S. Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiência nutricional em ipeca. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 141-147, 2014.

VIEGAS, I. D. J. M.; SOUSA, G. O.; SILVA, A. F.; CARVALHO, J. G.; LIMA, M. M. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). **Acta Amazônica**, v. 43, n. 1, p. 43-50, 2013.

VIEIRA, M. C.; RAMOS, M. B. M.; HEREDIA, Z.; LUCIANO, A. T.; GONÇALVES, W. V.; RODRIGUES, W. B.; TABALDI, L. A.; CARVALHO, T. M.; SOARES, L. F.; SIQUEIRA, J. M. Adubação fosfatada associada à cama de frango e sua influência na produtividade e no teor de flavonoides da Marcela (*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.) em duas épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, p. 246-253, 2015.

WALLAU, R. L. R.; SOARES, A. P.; CAMARGOS, S. L. Concentração e acúmulo de macronutrientes em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. **Revista de Ciências Agro - Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2008.

WATTS-WILLIAMS, S. J.; TURNEY, T. W.; PATTI, A. F.; CAVAGNARO, T. R. Uptake of zinc and phosphorus by plants is affected by zinc fertilizer material and arbuscular mycorrhizas. **Plant and Soil**, v. 376, p. 165-175, 2014.

WYSS, E.; TAMM, L.; SIEBENWIRTH, J.; BAUMGARTNET, S. Homeopathic preparations to control the Rosy Apple Aphid (*Dysaphis plantaginea* Pass.). **The Scientific World Journal**, v. 10, p. 38-48, 2010.

7. ARTIGO 5: COMPOSIÇÃO MINERAL E PRODUTIVIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL DE CAMOMILA CULTIVADA SOB RESTRIÇÃO DE FÓSFORO E USO DE SOLUÇÕES ULTRA-DILUÍDAS DE PHOSPHORUS

Mineral composition and productivity of essential oil of chamomile cultivated under phosphorus restriction and use of ultra-diluted Phosphorus solutions

RESUMO: Os metabólitos secundários são os responsáveis pelas propriedades terapêuticas das espécies medicinais e sofrem influência das condições de cultivo, como a nutrição mineral e a aplicação de medicamentos homeopáticos. Neste contexto, objetivou-se avaliar a ação do medicamento homeopático Phosphorus 3CH e a restrição de fósforo no cultivo de camomila quanto ao teor, produtividade e composição do óleo essencial, bem como, correlacionar a composição mineral do tecido vegetal de camomila com a produtividade de óleo essencial. Foram avaliados quatro tratamentos: 1) Solução nutritiva padrão; 2) Solução nutritiva padrão e aplicação de Phosphorus 3CH; 3) Solução nutritiva com restrição de fósforo; e 4) Solução nutritiva com restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH, no cultivo de camomila em ambiente protegido. A partir da extração do óleo essencial de camomila, por meio de hidrodestilação, foi determinado o teor e a produtividade de óleo. A composição e quantificação dos compostos do óleo essencial foram realizadas através de GC-FID e GC/MS. Também, houve a mensuração da composição mineral do tecido vegetal de camomila. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias por Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro e, também, a análise de agrupamento hierárquico. Não houve diferenças entre os tratamentos para o teor, enquanto que a solução nutritiva padrão apresentou a maior produção de óleo essencial. A aplicação do medicamento homeopático Phosphorus 3CH não proporcionou aumento no teor e na produtividade de óleo essencial de camomila cultivada sob restrição de fósforo. Os analitos majoritários apresentaram elevados percentuais de concentração no tratamento referente a solução nutritiva com restrição de fósforo. O estresse promovido pela restrição de fósforo aumenta a concentração dos analitos presentes no óleo essencial de camomila e não eleva o teor a produtividade de óleo essencial.

Palavras-chave: *Chamomilla recutita*, homeopatia, β -trans-farneseno, metabólitos secundários.

ABSTRACT: Secondary metabolites are responsible for the therapeutic properties of medicinal species and are influenced by cultivation conditions, such as mineral nutrition and the application of homeopathic medicines. In this context, the aim of this study was to evaluate the action of the Phosphorus homeopathic medicine and the restriction of phosphorus in the cultivation of chamomile regarding the content, productivity and composition of the essential oil, as well as the mineral composition in the plant tissue of chamomile. Four treatments were evaluated: 1) Standard nutrient solution; 2) Standard nutrient solution and Phosphorus 3CH application; 3) Nutrient solution with phosphorus restriction; and 4) Nutrient solution with phosphorus restriction and Phosphorus 3CH application, in the cultivation of chamomile in a protected environment. From the extraction of chamomile essential oil by hydrodistillation, oil content and productivity were determined. The composition and quantification of the essential oil compounds were performed by GC-FID and GC/MS. Also, there was the measurement of the mineral composition of chamomile of the plant tissue of chamomile. The data were submitted to analysis of variance and to the means comparison test by Scott & Knott at 5% error probability level and also hierarchical cluster analysis. There were no differences between treatments for the content, while the standard nutrient solution presented the highest production of essential oil. The application of the Phosphorus 3CH homeopathic medicine did not provide an increase in the content and productivity of chamomile essential oil cultivated under phosphorus restriction. The majority of analytes presented high concentration percentages in the treatment of nutrient solution with phosphorus restriction. Potassium and manganese were the nutrients with the highest concentrations accumulated in plant tissue. The stress promoted by the restriction of phosphorus increases the concentration of the analytes present in the essential oil of chamomile and does not raise the content and the productivity of essential oil.

Keywords: *Chamomilla recutita*, homeopathy, β -trans-farnesene, secondary metabolites.

7.1. INTRODUÇÃO

A busca pelo alívio e cura de doenças, por meio da ingestão de ervas e partes vegetais, foi uma das primeiras formas de uso das plantas medicinais (PEREIRA; CARDOSO, 2012). Essa atividade curativa das espécies é devido às substâncias produzidas no metabolismo secundário e está relacionada à produção de princípios ativos ou metabólitos secundários. O metabolismo secundário produz uma diversidade de compostos que não possuem uma função

direta no crescimento e desenvolvimento da planta, como o metabolismo primário. Dessa forma, apresentam uma distribuição restrita no reino vegetal, sendo específicos a uma espécie ou grupo de espécies relacionadas (BRAZ FILHO, 2010; PEREIRA; CARDOSO, 2012).

A expressão dos metabólitos secundários é gerida pelo controle genético, mas pode sofrer modificações resultantes da interação de processos bioquímicos, fisiológicos e evolutivos. Fatores ambientais como a temperatura, a umidade, a luz, a disponibilidade de água e a nutrição mineral influenciam o crescimento das plantas e têm um impacto direto nas vias bioquímicas que afetam a produtividade dos metabólitos secundários (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; ARBOS et al., 2010; SANTOS et al., 2010; AZHAR et al., 2011). Portanto, o conhecimento da nutrição mineral de espécies medicinais é essencial, pois as plantas medicinais não são apenas recursos terapêuticos, mas também uma fonte de recursos econômicos (RODRIGUES et al., 2014), que atende diversos mercados exigentes na qualidade do produto ofertado.

A prática da adubação consiste em conhecer as características morfofisiológicas da planta, a disponibilidade de nutrientes no solo e o comportamento de cada nutriente na planta (SOUSA et al., 2013). Pois, a adição de nutrientes nos cultivos agrícolas visa o incremento da produtividade vegetal e o atendimento da essencialidade, inferindo em vários caracteres relacionados à produção de parte aérea, raiz, flores e óleo essencial nas plantas medicinais, como descrito no cultivo de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) (TOUNEKTI et al., 2011), *Lippia origanoides* (TELES et al., 2014), menta (*Mentha spicata x suaveolens*) (PICHI et al., 2012), capim-citronela (*Cymbopogon nardus*) (SEIXAS et al., 2013), orégano (*Origanum vulgare*) (CORRÊA et al., 2010), espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*) (BENEDETTI et al., 2009), e camapu (*Physalis angulata*) (CRUZ et al., 2015). Dessa forma, os nutrientes são classificados em dois grupos, os macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e os micronutrientes (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco) (MARSCHNER, 2012). Cada nutriente tem uma função específica na planta, no entanto, cabe destacar o macronutriente fósforo que tem relação direta com as vias metabólicas relacionadas ao metabolismo secundário, pois é componente de rotas envolvidas na biossíntese dos metabólitos secundários (terpenos, compostos fenólicos e nitrogenados), constituinte de ácidos nucleicos, armazenamento de energia por meio do ATP (adenosina trifosfato) e essencial para os processos de fotossíntese e respiração (SANTOS et al., 2010; SORREANO et al., 2011; HAWKESFORD et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013; VIEGAS et al., 2013; VIEIRA et al., 2015).

Nesse contexto, a restrição ou a deficiência de fósforo na adubação das plantas promove crescimento retardado, má formação, coloração arroxeadada e atraso na maturação ou senescência (FAQUIN, 2005; TRINDADE et al., 2010; HENRY et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013), inferindo diretamente na produção de biomassa, que resulta, conseqüentemente, na variação da quantidade de óleo essencial produzido, como observado nas espécies de jambu (*Acmella oleracea*) (RODRIGUES et al., 2014), mil folhas (*Achillea millefolium*) (ALVARENGA et al., 2015), coentro (*Coriandrum sativum*) (DAFLON et al., 2014) e marcela (*Achyrocline satureioides*) (LEITE et al., 2009). No entanto, ainda não há esclarecimentos para muitas espécies medicinais quanto ao tipo de nutriente e sua atuação no metabolismo secundário, como é o caso da camomila. Há tendências de interferências, mas não são claras e carecem de mais pesquisas para elucidação, visto que, tais tendências estão suportadas principalmente pela resposta do metabolismo primário, seja para macro ou micronutrientes.

A camomila é uma das plantas medicinais mais consumidas mundialmente (RAAL et al., 2012; UPADHYAYA et al., 2016) devido a sua ação anti-inflamatória, calmante e amenização de úlceras e gastrite (GUPTA et al., 2010; SRIVASTAVA et al., 2010; SHARAFZADEH; ALIZADEH, 2011), e estas propriedades são encontradas exclusivamente nas flores e no óleo essencial. Não é uma espécie exigente em adubação e, quando realizada, foca exclusivamente a produtividade de flores. Algumas pesquisas já avaliaram o cultivo de camomila com cama de frango, que apresenta elevados teores de fósforo (RAMOS et al., 2004; BERTOLINO et al., 2006; NAPELA; CARVALHO, 2007; VIEIRA et al., 2009), o efeito do uso de fósforo e de nitrogênio, e a associação de ambos (MAPELI et al., 2005; BERTOLINO et al., 2006; AMARAL et al., 2008). As respostas são de incrementos para a produção de flores nas maiores doses avaliadas, independente do tratamento referido, e para o óleo essencial, não observaram influência destes tratamentos. Os trabalhos supracitados avaliaram a produção de camomila em condições ótimas no fornecimento de nutrientes, no entanto, cabe a busca de respostas quando há a restrição de um nutriente, como no caso o fósforo. Também, em uma condição adversa de ambiente que resulta em estresse a planta, é passível o uso de medicamentos homeopáticos visando o equilíbrio da planta àquela condição.

Na agricultura os medicamentos homeopáticos têm inúmeras funções desde o controle de pragas e doenças (WYSS et al., 2010; TOLEDO et al., 2015; TREBBI et al., 2016), melhoria da qualidade do solo (FELIPPE et al., 2011) e tolerância a condições adversas (BONFIM; CASALI, 2011; JÄGER et al., 2011), como é o caso do medicamento

homeopático Phosphorus recomendado para solos com baixa disponibilidade do nutriente fósforo e quando há excesso de transpiração e redução da taxa fotossintética nas plantas (TICHAVSKY, 2007; BONATO, 2014; RESENDE, 2014). Além disso, alguns medicamentos homeopáticos promoveram a variação da produção de biomassa e óleo essencial em menta (*Mentha arvensis*) (BONATO et al., 2009), chambá (*Justicia pectoralis*) (ANDRADE et al., 2012), *Verbena gratissima* (SANTOS et al., 2011), camomila (*Chamomilla recutita*) (UBESSI et al., 2018) e carqueja (*Baccharis trimera*) (CAPRA et al., 2014). Ou seja, os medicamentos homeopáticos atuam no metabolismo vegetal, no crescimento e desenvolvimento, permitindo que as plantas interajam em equilíbrio com o ambiente (BONFIM; CASALI, 2011) e isso resulta em ganhos na produção de compostos no metabolismo secundário, aumentando o valor terapêutico e comercial da espécie medicinal.

Visto a influencia dos nutrientes no metabolismo secundário das plantas medicinais, a carência de informações quanto o efeito da restrição de fósforo no cultivo de camomila e a importância dos medicamentos homeopáticos em situações de estresse, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a ação do medicamento homeopático Phosphorus 3CH e a restrição de fósforo no cultivo de camomila quanto ao teor, produtividade e composição do óleo essencial, bem como, correlacionar a composição mineral do tecido vegetal de camomila com a produtividade de óleo essencial.

7.2. MATERIAL E MÉTODOS

7.2.1. Local de cultivo e organização experimental

A camomila cv. Mandirituba foi cultivada em ambiente protegido, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, Brasil (S: 29° 42' 23''; W: 53° 43' 15'' e 95 metros de altitude ao nível do mar). A semeadura foi realizada em vasos de polietileno (5 dm³) preenchidos com areia, caracterizada como um substrato inerte para avaliação da restrição de nutriente no cultivo em ambiente protegido. Cada bancada representou um tratamento e foi composta por 20 vasos, contendo apenas uma planta por vaso. Foram avaliados quatro tratamentos: 1) Solução nutritiva padrão (SNP); 2) Solução nutritiva padrão e aplicação de Phosphorus 3CH (SNPH); 3) Solução nutritiva com restrição de fósforo (RF); e 4) Solução nutritiva com restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus

3CH (RF/H). O experimento foi conduzido de agosto a novembro, totalizando 100 dias de cultivo.

Foram elaboradas duas soluções nutritivas, uma padrão (sem nenhuma restrição) e uma com restrição do elemento químico fósforo (Tabela 1). A fórmula da solução padrão levou em consideração a recomendação de cultivo para camomila (CORRÊA JUNIOR et al., 2008). Com base na solução padrão foi elaborada a solução com restrição de fósforo, reduzindo apenas a quantidade deste elemento químico em 80% do valor encontrado na solução padrão e mantendo os demais princípios de formulação de uma solução nutritiva segundo Andriolo (2017) e Manual de Calagem e Adubação para os Estados do RS/SC (2016). A solução nutritiva de cada tratamento foi disponibilizada por meio de mangueira gotejadora de acordo com a necessidade da cultura.

Tabela 1. Proporção de macro e micronutrientes das soluções nutritivas padrão e com restrição de fósforo para o cultivo de camomila.

Solução Nutritiva Padrão	
Macronutrientes (m mol L ⁻¹)	Micronutrientes (mg L ⁻¹)
9,60 NO ₃	0,03 Mo
0,40 NH ₄	0,26 B
1,00 H ₂ PO ₄	0,06 Cu
6,20 K	0,50 Mn
4,00 Ca ²⁺	0,22 Zn
2,50 Mg ²⁺	
2,50 (SO ²⁻) ₄	
1,00 mg L ⁻¹ Fe	
Condutividade Elétrica (CE) 1,15 dS/m	
pH 6,10	
Solução Nutritiva com Restrição de Fósforo	
Macronutrientes (m mol L ⁻¹)	Micronutrientes (mg L ⁻¹)
9,66 NO ₃	0,03 Mo
0,33 NH ₄	0,26 B
0,20 H ₂ PO ₄	0,06 Cu
6,20 K	0,50 Mn
3,33 Ca ²⁺	0,22 Zn
2,90 Mg ²⁺	
2,90 (SO ²⁻) ₄	
1,00 mg L ⁻¹ Fe	
Condutividade Elétrica (CE) 1,54 dS/m	
pH 6,20	

NO₃: nitrato; NH₄: amônio; H₂PO₄: fosfato; K: potássio; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; (SO²⁻)₄: sulfato; Mo: molibdênio; B: boro; Cu: cobre; Mn: manganês; Zn: zinco; Fe: ferro.

7.2.2. Aplicação do medicamento homeopático Phosphorus

O medicamento homeopático Phosphorus na dinamização 3CH foi adquirido em farmácia homeopática na cidade de Santa Maria - RS, preparado em álcool 5% (v v⁻¹). Para a aplicação nas plantas, o Phosphorus foi diluído em água destilada na proporção de 0,5 mL L⁻¹. A aplicação foi realizada duas vezes por semana, apenas na parte aérea das plantas por meio

de pulverização, na quantidade de 100 mL por planta, logo após a emergência até término do experimento.

7.2.3. Colheita das flores, extração e caracterização do óleo essencial por cromatografia

A colheita das flores foi realizada por tratamento e manualmente, posteriormente, foram pesadas e armazenadas em refrigerador (aproximadamente 4 °C e 100 dias de armazenamento) até a extração do óleo. A extração do óleo essencial foi por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger, durante 2 horas e 30 minutos após o início da ebulição, utilizando 50 g de flores frescas. A partir da extração foi determinado o teor e a produtividade de óleo essencial em cada tratamento.

A caracterização do óleo essencial de camomila ocorreu por meio da análise cromatográfica, realizada em um cromatógrafo a gás (Varian Star 3400CX (CA, EUA)) equipado com um detector de ionização de chama (GC-FID). 10 µL do óleo foi diluído em 1 mL de hexano onde uma alíquota de 1 µL da solução foi injetada na porta de injeção do sistema cromatográfico a uma temperatura de 270 °C no modo *split* de razão 1:40. Os compostos foram separados numa coluna capilar apolar de sílica fundida EquityTM-5 (60 m × 0,20 mm × 0,20 µm) (Supelco, USA). O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste a uma pressão constante de 25 psi. A temperatura inicial da coluna foi ajustada para 40 °C e mantida durante 1 min. Em seguida, a temperatura foi aumentada a uma taxa de 8 °C min⁻¹ até 160 °C, seguido por um aumento a 1 °C min⁻¹ até 180 °C, seguido novamente por um aumento a 20 °C min⁻¹ até 300 °C e mantida em condições isotérmicas durante 10 min. A temperatura do detector foi mantida a 280 °C. Uma série de n-alcenos homólogos foram analisados sob as mesmas condições cromatográficas para calcular o índice de retenção linear (IRL).

A análise qualitativa dos compostos foi efetuada por um cromatógrafo gasoso (Shimadzu QP2010 Ultra) acoplado a espectrômetro de massas (GC/MS, Shimadzu Corporation, Quioto, Japão). Para estas análises, foram utilizadas as mesmas condições cromatográficas acima descritas e hélio como gás de arraste. O detector foi operado no modo de ionização por impacto de elétrons com uma energia de ionização de 70 eV e um intervalo de varredura de massas 35-350 m/z. Os compostos foram identificados com base na comparação com os espectros de massas disponível na biblioteca National Institute of Standards and Technology (NIST) e por comparação dos índices de retenção linear calculados

com aqueles disponíveis na literatura científica. A quantidade percentual relativa de cada composto identificado foi obtida a partir da área do pico obtida no FID.

7.2.4. Determinação da composição mineral de camomila

A determinação da composição mineral em cada tratamento teve como finalidade relacionar o teor, a produtividade e composição do óleo essencial com os nutrientes encontrados no tecido vegetal e a possível influência destes para os resultados obtidos, bem como, quantificar o acúmulo de nutrientes. As amostras para a determinação da composição mineral no tecido vegetal de camomila foram compostas por três plantas de cada tratamento, secas a temperatura de 60 °C e trituradas. Seguidamente, houve o encaminhamento dessas amostras para o Laboratório de Análises de Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre/RS, para a determinação dos seguintes nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco.

7.2.5. Estatística e delineamento experimental

O experimento em ambiente protegido foi conduzido de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e duplo cego, com 4 tratamentos: 1) Solução nutritiva padrão (SNP); 2) Solução nutritiva padrão e aplicação de Phosphorus 3CH (SNPH); 3) Solução nutritiva com restrição de fósforo (RF); 4) Solução nutritiva com restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH (RF/H). A extração de óleo essencial foi realizada em seis repetições de cada tratamento e as determinações cromatográficas foram em triplicatas. Os dados referentes ao teor, produção e composição do óleo essencial foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$) e ao teste de comparação de médias por Scott & Knott (1974) em nível de 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

A análise de agrupamento hierárquico foi realizada para averiguar as possíveis semelhanças entre os tratamentos com base no percentual de concentração dos analitos presentes no óleo essencial de camomila. A matriz dos dados foi gerada por meio da distância de Mahalanobis e o dendrograma de dissimilaridade pelo método aglomerativo da distância média (UPGMA). A validação do agrupamento foi avaliada através do coeficiente de correlação cofenética. Também houve a determinação da contribuição relativa de cada analito

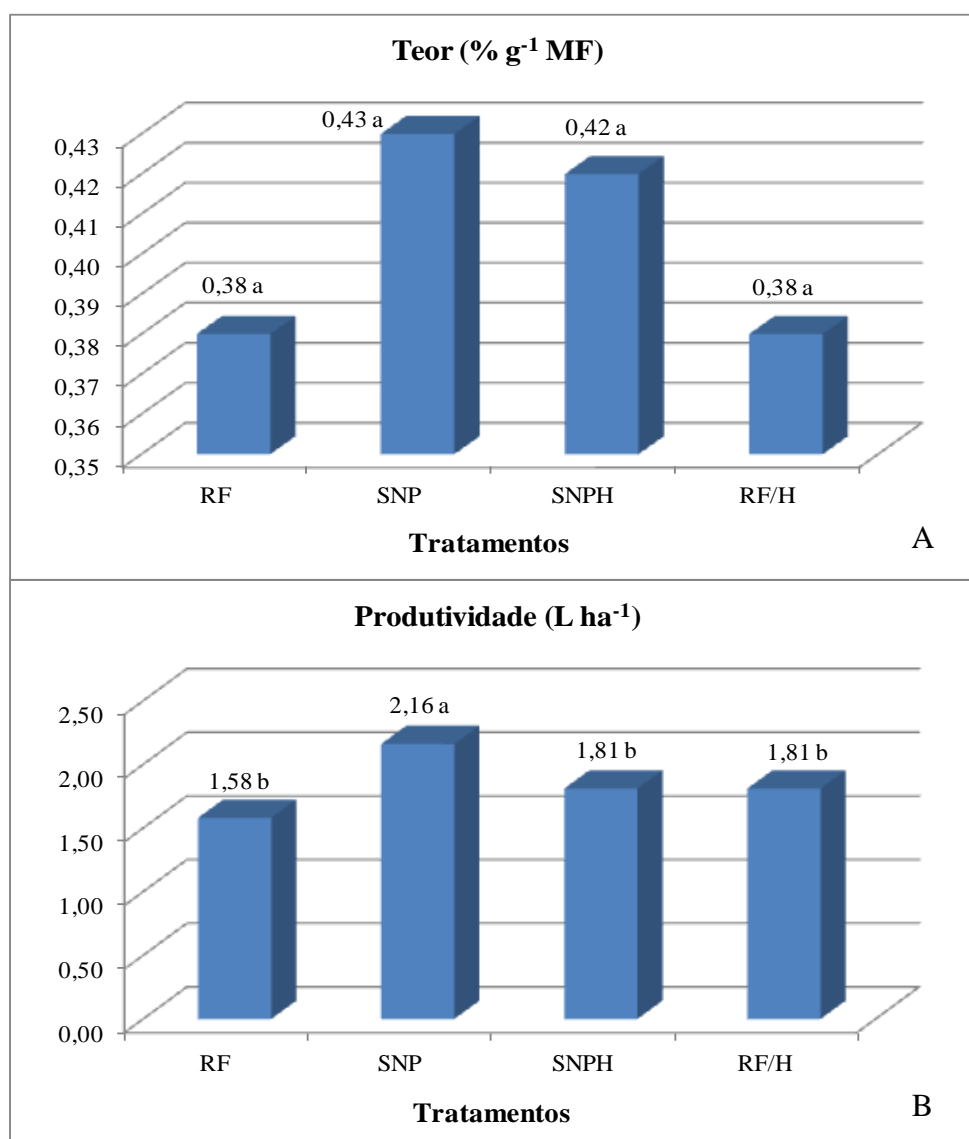
para divergência estimada pelo método proposto por Singh (1981). Para estes procedimentos, os dados foram processados mediante o programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

7.3. RESULTADOS

7.3.1. Teor e produtividade de óleo essencial

Não houve diferença significativa para o teor de óleo essencial (Figura 1A), apenas para a produtividade de óleo. Somente a solução nutritiva padrão (SNP) diferiu dos demais tratamentos com a maior produção de óleo essencial por hectare (Figura 1B), além de apresentar valor superior no teor de óleo. Em sequência de produção, a solução nutritiva padrão com aplicação de Phosphorus 3CH (SNPH) apresentou o mesmo valor para a restrição de fósforo e uso do medicamento homeopático (RF/H), uma redução de, aproximadamente, 80% quando comparado à solução nutritiva sem aplicação de Phosphorus (SNP). Já a restrição de fósforo (RF) demonstrou o menor valor de produtividade de óleo essencial.

Figura 1. Teor e produtividade de óleo essencial de camomila cultivada sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH.



7.3.2. Composição do óleo essencial de camomila

A Tabela 2 reporta a composição do óleo essencial de camomila, na qual foram observados 15 analitos, correspondente a cerca de 90% de identificação em ambos os tratamentos. Os compostos majoritários foram β -trans-farneseno, óxido de α -bisabolol B, camazuleno e β -copaeno. Já o trans-crisantemol apresentou o menor percentual entre os analitos. Houve a ausência do α -terpineol na solução nutritiva padrão (SNP) e com aplicação de Phosphorus 3CH (SNPH). Quanto aos tratamentos, à restrição de fósforo sem e com

aplicação do medicamento homeopático (RF; RF/H) apresentaram os maiores percentuais de 2-isopropil tolueno, artemesia cetona, trans-crisantemol, α -terpineol, β -trans-farneseno, dehidro sesquicineol e camazuleno. A solução nutritiva padrão com a aplicação do medicamento homeopático (SNPH) demonstrou maior percentual para β -copaeno e óxido de bisabolol A, enquanto que na solução nutritiva padrão (SNP) os analitos eucaliptol, β -ocimene e óxido de α -bisabolol B apresentaram elevado percentual de concentração no óleo essencial de camomila. Óxido de bisabolona e germacreno B se destacaram no cultivo com restrição de fósforo e farneseno na solução nutritiva padrão sem e com aplicação de Phosphorus (SNP/SNPH).

Tabela 2. Composição do óleo essencial de camomila sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH.

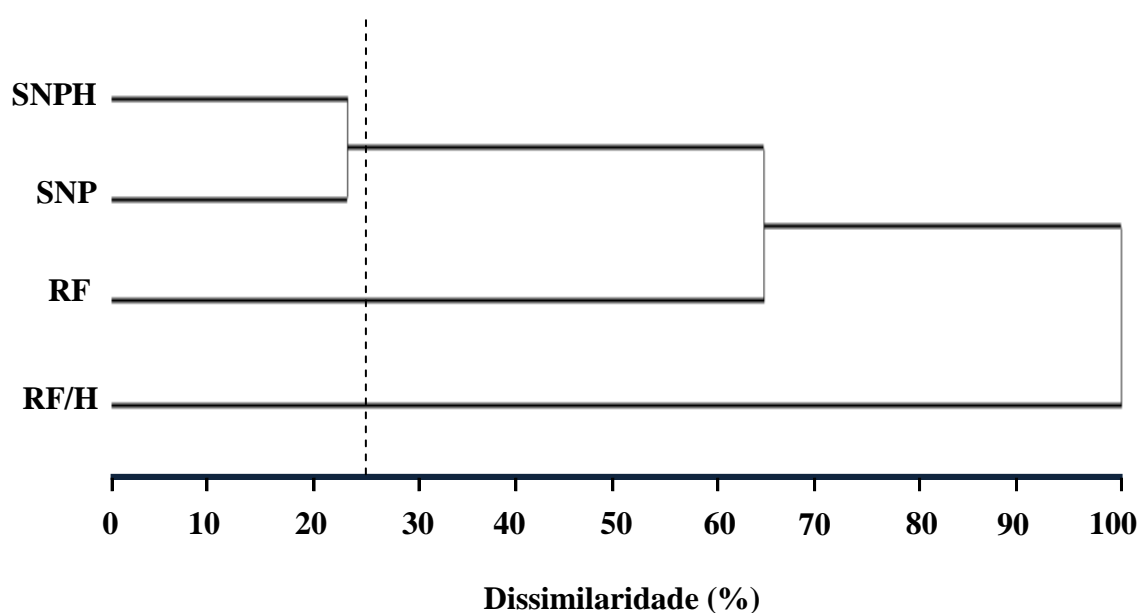
	Analitos	IRL	% de composição				Média	CV (%)
			RF	SNP	SNPH	RF/H		
1	2-Isopropil Tolueno	1034	0,77 A*	0,31 B	0,33 B	0,41 B	0,46	8,70
2	Eucaliptol	1067	0,11 A	0,17 A	0,11 A	0,18 A	0,14	8,41
3	β -Ocimene	1073	0,22 A	0,24 A	0,18 A	0,24 A	0,22	12,52
4	Artemesia Cetona	1079	2,78 B	1,60 C	1,22 D	3,61 A	2,30	6,03
5	Trans-Crisantemol	1162	0,19 A	0,05 B	0,04 B	0,17 A	0,11	5,72
6	α -Terpineol	1197	1,47 B	0,00 C	0,00 C	1,99 A	0,86	12,42
7	β -trans-Farneseno	1453	41,15 A	31,36 B	29,91 B	37,44 A	34,97	10,39
8	Dehidro Sesquicineol	1467	7,57 A	1,28 C	3,82 B	4,73 B	4,35	5,50
9	β -Copaeno	1468	8,47 A	8,74 A	8,91 A	10,72 A	9,21	12,93
10	Farneseno	1507	0,40 A	0,44 A	0,44 A	0,35 A	0,40	9,02
11	Germacreno B	1518	6,63 A	6,11 A	4,60 B	4,18 B	5,38	6,39
12	Óxido de α -Bisabolol B	1735	20,73 A	24,35 A	20,81 A	22,18 A	22,02	6,62
13	Óxido de Bisabolona	1742	0,74 A	0,58 A	0,65 A	0,43 A	0,60	8,89
14	Camazuleno	1774	12,57 A	9,86 A	11,15 A	11,26 A	11,21	8,38
15	Óxido de Bisabolol A	1794	0,40 B	0,39 B	0,52 A	0,38 B	0,42	11,76
Total identificado (%)			92,97	91,56	93,94	92,18	-	-

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. IRL: Índice de retenção linear experimental. CV: Coeficiente de Variação.

Com base no percentual de concentração dos analitos presentes no óleo essencial de camomila foi elaborado o dendrograma (Figura 2) para a visualização dos tratamentos semelhantes entre si. Dessa forma, é possível observar a formação de três grupos distintos entre si quanto à concentração de analitos no óleo essencial, considerando um corte de 25% de dissimilaridade (Figura 2). Pelo dendrograma, as soluções nutritivas padrão sem e com

aplicação de Phosphorus 3CH (SNP; SNPH) são semelhantes entre si e diferem das soluções nutritivas com restrição de fósforo sem e com aplicação de Phosphorus 3CH (RF; RF/H). Entre as soluções com restrição há diferenças quanto à aplicação ou não do medicamento homeopático, visto que esses dois tratamentos apresentaram elevadas concentrações de diversos analitos, com ressaltado para a restrição de fósforo sem aplicação do medicamento homeopático que proporcionou maior influência na concentração dos analitos presentes no óleo essencial de camomila. Por meio da contribuição relativa é possível observar quais os analitos que mais contribuíram para a formação do cluster. O composto α -terpineol (58,84%) foi o que mais contribuiu para divergência, seguido de artemesia cetona (10,04%), camazuleno (8,82%), germacreno B (6,84%), 2-isopropil tolueno (5,12%), dehidro sesquicineol (3,39%), β -copaeno (2,80%) e trans-crisantemol (1,10%). Os demais compostos contabilizaram mínimos percentuais para a divergência e agrupamento dos tratamentos.

Figura 2. Dendrograma de dissimilaridade entre as soluções nutritivas no cultivo de camomila com base no percentual de composição do óleo essencial de camomila. Coeficiente de correlação cofenética (r) = 0,69.



7.3.3. Composição mineral de camomila

A análise da composição mineral de camomila demonstrou que, independente da solução nutritiva, o acúmulo de macronutrientes na planta seguiu a seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > Mg \geq S > P$, e para os micronutrientes a ordem decrescente foi Mn

> Fe > B > Zn > Cu (Tabela 3). Os maiores percentuais de potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio, enxofre e manganês foram observados na solução nutritiva padrão com a aplicação de Phosphorus 3CH (SNPH), enquanto que os nutrientes fósforo, ferro e boro tiveram elevadas proporções na solução nutritiva padrão sem a aplicação de medicamento homeopático (SNP). Nas soluções com restrição de fósforo sem e com aplicação de Phosphorus 3CH (RF; RF/H), apenas o zinco teve maior concentração. Já o micronutriente cobre não evidenciou variações entre as soluções nutritivas (Tabela 3).

Tabela 3. Composição mineral de camomila sob restrição de fósforo e aplicação de Phosphorus 3CH.

Nutriente	Tratamentos				Média
	RF	SNP	SNPH	RF/H	
Macronutrientes					
Potássio (% m/m)	1,55	1,05	1,65	1,20	1,36
Nitrogênio (% m/m)	0,95	1,00	1,05	0,75	0,94
Cálcio (% m/m)	0,49	0,47	0,65	0,41	0,51
Magnésio (% m/m)	0,12	0,13	0,14	0,11	0,13
Enxofre (% m/m)	0,12	0,12	0,15	0,13	0,13
Fósforo (% m/m)	0,08	0,12	0,11	0,07	0,10
Micronutrientes					
Manganês (mg/kg)	46,00	58,00	59,00	48,00	52,75
Ferro (mg/kg)	24,00	42,00	34,50	21,00	30,38
Boro (mg/kg)	9,00	18,50	14,00	8,00	12,38
Zinco (mg/kg)	4,00	3,00	3,00	4,00	3,50
Cobre (mg/kg)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

7.4. DISCUSSÃO

A aplicação de Phosphorus 3CH não promoveu aumentos no teor e na produtividade de óleo essencial em camomila, assim como, a restrição de fósforo. A limitação de fósforo acarretou a redução na produção de flores devido ao retardo no crescimento e desenvolvimento vegetal, inferindo diretamente, na baixa produtividade de óleo essencial em camomila. No entanto, os resultados encontrados são contraditórios, pois David et al. (2006) e Alvarenga et al. (2015) obtiveram teor de óleo essencial superior em hortelã pimenta (*Mentha piperita*) e mil folhas (*Achillea millefolium*) quando em cultivo com omissão ou restrição de fósforo em comparação aos tratamentos com disponibilidade ideal deste nutriente. Dessa forma, pode-se afirmar que o estresse promovido na planta pela indisponibilidade de fósforo

agiu como um fator estimulante à produtividade de óleo essencial nas espécies relatadas, fato não ocorrido no cultivo de camomila em ambiente protegido. Já a ausência de efeito do medicamento homeopático pode ser atribuída ao equilíbrio e estabilidade das plantas de camomila durante o cultivo, mesmo sob restrição do elemento químico fósforo. Também, outro aspecto a ser mencionado é fato do uso de apenas uma única dinamização em uma baixa potência (baixa energia e alta quantidade de moléculas) o que reduz a inferência de resposta quanto ao resultado obtido e abre margem para pesquisas futuras com potências superiores a 3CH, que apresentam uma característica mais energética e menor quantidade de moléculas.

Quanto à composição do óleo essencial, os analitos óxido de α -bisabolol B, óxido de bisabolol A, β -trans-farneseno, óxido de bisabolona e camazuleno foram quantificados e coincidem com os resultados obtidos pelos autores Orav et al. (2010), Srivastava et al. (2010), Petronilho et al. (2011), Amaral et al. (2012) e Raal et al. (2012). Esses analitos caracterizam o padrão de óleo essencial da camomila e, aproximadamente, 75% da composição do óleo é constituída por camazuleno, óxido de α -bisabolol B e óxido de bisabolol A (BRASIL, 2015). O óleo essencial da cultivar Mandirituba é descrito pela presença de 1,91% de camazuleno, 16,20% óxido de bisabolol A e 25,83% de óxido de α -bisabolol B (CORRÊA JÚNIOR, 1995; AMARAL et al., 2012). Dessa forma, ao comparar os resultados obtidos com os descritos na literatura, podemos inferir que o estresse promovido pela restrição de fósforo elevou as concentrações de camazuleno (12,57%), reduziu o óxido de bisabolol A (0,38 - 0,52%) e manteve as concentrações de óxido de α -bisabolol B entre 20,73 a 24,35%. Outro analito que sofreu forte influencia da restrição de fósforo foi o β -trans-farneseno, pois na literatura os valores oscilam em torno de 2,30 a 10,90% (ORAV et al., 2010; RAAL et al., 2012; BRASIL, 2015) e os resultados obtidos reportam um percentual de 41,15% de β -trans-farneseno na composição do óleo essencial de camomila, ou seja, esse analito é abundantemente produzido em uma condição de estresse por restrição nutricional. O β -trans-farneseno é um composto volátil e também um feromônio em algumas espécies de insetos, como os afídeos (CROCK et al., 1997; WAR et al., 2011). Este feromônio é liberado pelos pulgões como um sinal de ataque por inimigos naturais e também é produzido por várias plantas para repelir a incidência de insetos (SCHWARTZBERG et al., 2008; HOLOPAINEN; BLANDE, 2013; SATYAL et al., 2015). O vegetal em uma condição de estresse apresenta o crescimento e desenvolvimento comprometido e desse modo, produz compostos voláteis, como o β -trans-farneseno, capazes de evitar a herbivoria de insetos e assim, proteger a planta contra novas situações de estresse

por meio da alteração na produção de compostos do metabolismo secundário, garantindo a conclusão do ciclo vegetal.

Na composição do óleo essencial de camomila não está descrito a presença do analito β -copaeno, encontrado nos resultados com um percentual médio significativo de 9,21%, visto que este composto está relacionado à atividade anti-inflamatória e sedativa nos óleos essenciais (TAKEMOTO et al., 2008; KOBAYASHI et al., 2011), mesma propriedade terapêutica encontrada para os analitos camazuleno, óxido de α -bisabolol B e óxido de bisabolol A (ROCHA et al., 2011). Além disso, algumas pesquisas também ressaltam propriedades antioxidantes para o camazuleno e de prevenção de úlceras para o analito bisabolol e seus derivados (HARTMANN; ONOFRE, 2010; ZAIDI et al., 2012), igualmente, cita-se a capacidade antibacteriana, antisséptica e fúngica para o óleo essencial de camomila (ORAV et al., 2010; SINGH et al., 2011; RAAL et al., 2012).

O acúmulo de nutrientes no tecido vegetal de camomila foi predominante pelo macronutriente potássio e o micronutriente manganês, coincidindo com a composição mineral de chá verde oriental (*Camellia sinensis*) com valores altos de potássio, e das espécies de erva mate (*Ilex paraguariensis*) (OLIVIER et al., 2012) e orégano (*Origanum vulgare*) (RANDELOVIĆ et al., 2013) com maior acúmulo de manganês. A alta concentração de manganês encontrada na camomila está nos tratamentos em que se obteve maior produção de óleo essencial, isso pode ser justificado pelo fato deste elemento químico ser um dos ativadores de enzimas no ciclo do ácido cítrico (ciclo de Krebs) (TAIZ; ZEIGER, 2013), que é uma das rotas metabólicas relacionadas à produção de metabólitos secundários.

O potássio é um dos elementos minerais mais abundantes nas plantas, inclusive nas espécies medicinais (SILVEIRA et al., 2009; PEDRO et al., 2016) e está relacionado à regulação osmótica, ou seja, a abertura e fechamento estomático. No entanto, algumas pesquisas também relacionam este elemento químico com o incremento na produtividade de óleo essencial e o aumento na concentração de determinados compostos do metabolismo secundário, como relatado para as espécies de calêndula (*Calendula officinalis*) (KHALID, 2013), manjerição (*Ocimum basilicum*) (NURZYNSKA-WIERDAK et al., 2013) e alecrim (*Rosmarinus officinalis*) (TOUNEKTI et al., 2011). Os resultados obtidos neste trabalho são contraditórios na relação de potássio e produtividade de óleo essencial, porém, corroboram quanto à concentração de compostos encontrados no óleo essencial de camomila. Pois, na solução nutritiva com restrição de fósforo observa-se a segunda maior concentração de

potássio, como também, elevados percentuais dos analitos 2-isopropil tolueno, trans-crisantemol, β -trans-farneseno, dehidro sesquicineol, germacreno B, óxido de bisabolona e camazuleno.

O uso de nutrientes no cultivo de plantas medicinais altera a produtividade de óleo essencial (AMARAL et al., 2008), como também, a composição do óleo. Em solos com mínima disponibilidade de nutrientes, há menor taxa de crescimento e verifica-se maior produção de metabólitos secundários (DUSTIN; COOPER-DRIVER, 1992; GOBBO-NETO; LOPES, 2007; MORAIS, 2009). Ou seja, o estresse nutricional pode resultar no aumento das concentrações de metabólitos secundários em plantas medicinais. Entretanto, os efeitos não são totalmente justificados e não há um padrão consolidado de alteração, em virtude da resposta ser variável quanto à espécie, a forma de cultivo e o nutriente em restrição ou deficiência. Porém, no caso do fósforo que apresenta baixa disponibilidade nos solos, o estresse promovido pela sua restrição pode acabar incrementando a concentração dos constituintes majoritários no óleo essencial de camomila, elevando assim a sua qualidade e eficiência terapêutica.

7.5. CONCLUSÃO

O medicamento homeopático Phosphorus 3CH e a restrição de fósforo não promoveram aumentos no teor e na produtividade de óleo essencial em camomila.

O estresse promovido pela restrição de fósforo aumenta a concentração dos analitos 2-isopropil tolueno, trans-crisantemol, β -trans-farneseno, dehidro sesquicineol, germacreno B, óxido de bisabolona e camazuleno no óleo essencial de camomila.

Potássio e manganês são os nutrientes com as maiores concentrações acumuladas no tecido vegetal de camomila.

7.6. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, I. C. A.; BOLDRIN, P. F.; PACHECO, F. V.; SILVA, S. T.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P. Effects on growth, essential oil content and composition of the

volatile fraction of *Achillea millefolium* L. cultivated in hydroponic systems deficient in macro and microelements. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 329-338, 2015.

AMARAL, W.; DESCHAMPS, C. FAVARETTO, N.; KOELER, H. S.; SHEER, A. P.; YAMAMOTO, C.; CÔCCO, C. Desenvolvimento, rendimento e composição de óleo essencial de camomila (*Chamomila recutita* (L.) Rauschert) sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 4, p. 1-8, 2008.

AMARAL, W.; DESCHAMPS, C.; MACHADO, M. P.; KOEHLER, H. S.; SCHEER, A. P.; COCCO, L.; YAMAMOTO, C. Avaliação de germoplasma de camomila e densidade de semeadura na produção e composição do óleo essencial. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 195-200, 2012.

ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D.; CECON, P. R. C. Efeito de dinamizações de *Arnica montana* L. no metabolismo de chambá (*Justicia pectoralis* Jacq.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 159-162, 2012.

ANDRIOLO, J. A. **Olericultura Geral**. 3ª ed. Santa Maria, Editora UFSM, 2017. 96 p.

ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; DORNAS, M. F. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 501-506, 2010.

AZHAR, N.; HUSSAIN, B.; ASHRAF, M. Y.; ABBASI, K. Y. Water stress mediated changes in growth, physiology and secondary metabolites of Desi Ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). **Pakistan Journal of Botany**, v. 43, n. 9, p. 15-19, 2011.

BENEDETTI, E. L.; SERRAT, B. M.; SANTIN, D.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, C. B.; BIASI, L. A. Calagem e adubação no crescimento de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* (Schrad.) Planch.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 3, p. 269-276, 2009.

BERTOLINO, A. Z.; VIEIRA, M. C.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; TEIXEIRA, I. R.; RAMOS, M. B. M. Produção de biomassa e teor de óleos essenciais da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschter) em função das adubações com fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, p. 120-125, 2006.

BOMFIM, F. P. G.; CASALI, V. W. D. **Homeopatia: Planta, água e solo: comprovações científicas das altas diluições**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2011. 102 p.

BONATO, C. M. **Homeopatia simples: alternativa para a agricultura familiar**. (4^a ed.) Marechal Cândido Rondon: Gráfica Escala, 2014. 50 p.

BONATO, C. M.; PROENÇA, G. T.; REIS, B. Homeopathic drugs Arsenicum album and Sulphur affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 101-105, 2009.

BRASIL. **Monografia da espécie *Matricaria chamomilla* L. (= *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert, Camomila)**. Ministério da Saúde – Anvisa, Brasília, 2015. 221 p.

BRAZ FILHO, Raimundo. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 229-239, 2010.

CAPRA, R. S.; GRATÃO, A. S.; FREITAS, G. B.; LEITE, M. N. Preparados homeopáticos e ambiente de cultivo na produção e rendimento de quercetina em carqueja (*Baccharis trimera* (Less) DC.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 566-573, 2014.

CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D.; LISBOA, S. P.; SOUZA, M. D.; CECON, P. R. Efeito da homeopatia Arnica montana, nas potências centesimais, sobre plantas de Artemísia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 7, n. 3, p. 33-36, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2016. 376 p.

CORRÊA JÚNIOR, C. “Mandirituba”: nova cultivar brasileira de camomila. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 61, 1995.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C.; BORSATO, A. V.; DRANKA, E. **O cultivo da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert)**. Curitiba: Emater, 2008. 44 p.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; COSTA, L. C. B.; ALVES, P. B.; NICULAN, E. S.; BRANT, R. S. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 1, p. 80-89, 2010.

CROCK, J.; WILDUNG, M.; CROTEAU, R. Isolation and bacterial expression of a sesquiterpene synthase cDNA clone from peppermint (*Mentha x piperita*, L.) that produces the aphid alarm pheromone (E)- β -farnesene. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 94, n. 24, p. 12833-12838, 1997.

CRUZ, C. D. (2013) Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L. F. S.; PELACANI, C. R. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 360-366, 2015.

DAFLON, D. G.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C.; MONNERAT, P. H.; PRINS, C. L. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 01, 2014.

DAVID, E. F. S.; BOARO, C. S. F.; MARQUES, M. O. M. Rendimento e composição do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 4, p. 183-188, 2006.

DUSTIN, C. D.; COOPER-DRIVER, G. A. Changes in phenolic production in the hay-scented fern (*Dennstaedtia punctilobula*) in relation to resource availability. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 20, n. 2, p. 99-106, 1992.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. 2005. 186 p.

FELIPPE, M. G.; ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D. Avaliação do efeito dos sais de Schussler na atividade respiratória do solo. In: Seminário regional de qualidade de vida e ambiente. **Anais...** Viçosa, MG, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GUPTA, V.; MITTAL, P.; BANSAL, P.; KHOKRA, S. L.; KAUSHIK, D. Pharmacological Potential of *Matricaria recutita*: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research**, v. 2, n. 1, p. 12-6, 2010.

HARTMANN, K. C.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais da camomila (*Matricaria chamomilla* L.). **Saúde e Pesquisa**, v. 3, n. 3, p. 279-284, 2010.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P. **Functions of macronutrients**. In: Marschner, P. (ed) Mineral Nutrition of Higher Plants, 3^a ed. Elsevier, p. 135-189, 2012.

HENRY, A.; CHOPRA, S.; CLARK, D. G.; LYNCH, J. P. Responses to low phosphorus in high and low foliar anthocyanin coleus (*Solenostemon scutellarioides*) and maize (*Zea mays*). **Functional Plant Biology**, v. 39, n. 3, p. 255-265, 2012.

HOLOPAINEN, J. K.; BLANDE, J. D. Where do herbivore-induced plant volatiles go? **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 185, 2013.

JÄGER, T.; SCHERR, C.; SHAH, D.; MAJEWSKY, V.; BETTI, L.; TREBBI, G.; BONAMIN, L.; SIMÕES-WÜST, A. P.; WOLF, U.; SIMON, M.; HEUSSER, P.; BAUMGARTNER, S. Use of homeopathic preparations in experimental studies with abiotically stressed plants. **Homeopathy**, v. 100, n. 04, p. 275-287, 2011.

KHALID, K. A. Effect of potassium uptake on the composition of essential oil content in *Calendula officinalis* L. flowers. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, n. 3, p. 189-195, 2013.

KOBAYASHI, C.; FONTANIVE, T. O.; ENZWEILER, B. G.; BONA, L. R.; MASSONI, T.; APEL, M. A.; HENRIQUES, R. M. F.; ARDENGHI, P.; SUYENAGA, E. S. Pharmacological evaluation of *Copaifera multijuga* oil in rats. **Pharmaceutical Biology**, v. 49, n. 3, p. 306-313, 2011.

LEITE, C. M. B.; JELLER, A. H. Avaliação de flavonoides e atividade antioxidante em *Achyrocline satureioides* cultivadas com adição de cama de frango e fósforo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 32. **Anais...** Fortaleza, Brasil, 2009.

MAPELI, N. C.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H.; SIQUEIRA, J. M. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 32-37, 2005.

MARSCHNER, H. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3^a ed. London, Academic Press, 2012. 643 p.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. In: EMBRAPA MEIO AMBIENTE, Brasília/DF. **Anais...** Brasília/DF: Horticultura Brasileira, v. 27, n. 2, p. 3299-3302, 2009.

NALEPA, T.; CARVALHO, R. I. N. Produção de biomassa e rendimento de óleo essencial em camomila cultivada com diferentes doses de cama de aviário. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, 2007.

NURZYNSKA-WIERDAK, R.; BOROWSKI, B.; DZIDA, K.; ZAWISLAK, G.; KOWALSKI, R. Essential oil composition of sweet basil cultivars as affected by nitrogen and potassium fertilization. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 37, n. 4, p. 427-436, 2013.

OLIVIER, J.; SYMINGTON, E. A.; JONKER, C. Z.; RAMPEDI, I. T.; EEDEN, T. S. V. Comparison of the mineral composition of leaves and infusions of traditional and herbal teas. **South African Journal of Science**, v. 108, n. 1, p. 1-7, 2012.

ORAV, A.; RAAL, A.; ARAK, E. Content and composition of the essential oil of *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert from some European countries. **Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters**, v. 24, n. 1, p. 48-55, 2010.

PEDRO, F. G. G.; ARRUDA, G. L.; OLIVEIRA, J. C.; SANTOS, A. D.; SIGARINI, K. S.; HERNANDES, T.; VILLA, R. D.; OLIVEIRA, A. P. Composição centesimal e mineral de plantas medicinais comercializadas no mercado do Porto de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 297-306, 2016.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012.

PETRONILHO, S.; MARASCHIN, M.; DELGADILLO, I.; COIMBRA, M. A.; ROCHA, S. M. Sesquiterpenic composition of the inflorescences of Brazilian chamomile (*Matricaria recutita* L.): Impact of the agricultural practices. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 3, p. 1482-1490, 2011.

PICHI, D. G.; ALMEIDA, A. C. S.; JAMAMI, N.; SALVI JÚNIOR, A.; SACRAMENTO, L. V. S. Cálcio e fitorreguladores no desenvolvimento e estado nutricional de *Mentha spicata* x *suaveolens* cultivada em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 3, p. 446-452. 2012.

RAAL, A.; ORAV, A.; PÜSSA, T.; VALNER, C.; MALMISTE, B.; ARAK, E. Content of essential oil, terpenoids and polyphenols in commercial chamomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert) teas from different countries. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 632-638, 2012.

RAMOS, M. B. M.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H.; SIQUEIRA, J. M.; ZIMINIANI, M. G. Produção de capítulos florais da camomila em função de populações de plantas e da incorporação ao solo de cama de aviário. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 566-572, 2004.

RANDELOVIĆ, S. S.; KOSTIĆ, D. A.; ZARUBICA, A. R.; MITIĆ, S. S.; MITIĆ, M. N. The correlation of metal content in medicinal plants and their water extracts. **Hemjska Industrija**, v. 67, n. 4, p. 585-591, 2013.

RESENDE, J. M. **Caderno de homeopatia: instruções práticas geradas por agricultores sobre o uso da homeopatia no meio rural**. Viçosa, MG: UFV, 2014.

ROCHA, N. F.; RIOS, E. R.; CARVALHO, A. M.; CERQUEIRA, G. S.; LOPES, A. A.; LEAL, L. K.; DIAS, M. L.; SOUSA, D. P.; SOUSA, F. C. Anti-nociceptive and anti-inflammatory activities of (-)- α -bisabolol in rodents. **Naunyn Schmiedeberg's Archives of Pharmacology**, v. 384, n. 6, p. 525-533, 2011.

RODRIGUES, D. S.; CAMARGO, M. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A.; CORREA, J. N.; VIDAL, T. C. M. Influência da adubação com nitrogênio e fósforo na produção de Jambu, *Acmella oleracea* (L) RK Jansen. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 1 p. 71-76, 2014.

SANTOS, F. M.; MONFORT, L. E. F.; CASTRO, D. M.; PINTO, J. E. B. P.; LEONARDIC, M.; PISTELLI, L. Characterization of essential oil and effects on growth of *Verbena gratissima* plants treated with homeopathic Phosphorus. **Natural Product Communications**, v. 6, n. 10, p. 1499-1504, 2011.

SANTOS, R. C.; FILHO, A. A. M.; COSTA, H. N. R.; PANERO, F. S.; BARRETO, H. C. S.; COSTA, M. C. G.; TONINI, H.; SOUZA, R. C. P. Influência da adubação NPK no rendimento do óleo essencial de *Eucalyptus camaldulensis*. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 2, n. 4, p. 316-327, 2010.

SATYAL, P.; SHRESTHA, S.; SETZER, W. N. Composition and bioactivities of an (E)- β -farnesene chemotype of chamomile (*Matricaria chamomilla*) essential oil from Nepal. **Natural Product Communications**, v. 10, n. 8, p. 1453-1457, 2015.

SCHWARTZBERG, E. G.; KUNERT, G.; RÖSE, U. S.; GERSHENZON, J.; WEISSER, W. W. Alarm pheromone emission by pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*, clones under predation by lacewing larvae. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 128, n. 3, p. 403-409, 2008.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SEIXAS, P. T. L.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; JÚNIOR, A. F. C.; NASCIMENTO, I. R.; BARBOSA, L. C. A. Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 852-858, 2013.

SHARAFZADEH, S.; ALIZADEH, O. German and Roman Chamomile. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 1, n. 10, p. 01-05, 2011.

SILVEIRA, L. M. S.; OLEA, R. S. G.; AMARANTE JÚNIOR, O. P.; MARIZ, S. R. Extração de minerais em planta de uso medicinal através da infusão e digestão por microondas. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 90, n. 2, p. 144-147, 2009.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245. 1981.

SINGH, O.; KHANAM, Z.; MISRA, N.; SRIVASTAVA, M. K. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. **Pharmacognosy Reviews**, v. 5, n. 9, p. 82-95, 2011.

SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, v. 17, n. 3, 2011.

SOUSA, L. B.; HEITOR, L.C; SANTOS, P. C.; FREITAS, J. A. A.; FREITAS, M. S. M.; FREITAS, F. J.; CARVALHO, A. J. C. Crescimento, composição mineral e fenóis totais de espécies de Passiflora em função de fontes nitrogenadas. **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 247-254, 2013.

SRIVASTAVA, J. K.; SHANKAR, E.; GUPTA, S. Chamomile: a herbal medicine of the past with a bright future. **Molecular Medicine Reports**, v. 3, n. 6, p. 895-901, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAKEMOTO, H.; ITO, H.; SHIRAKI, T.; YAGURA, T.; HONDA, L. Sedative effects of vapor inhalation of agarwood oil and spikenard extract and identification of their active components. **Journal of Natural Medicines**, v. 62, n. 1, p. 41-46, 2008.

TELES, S.; PEREIRA, J. A.; OLIVEIRA, L. M.; MALHEIRO, R.; LUCCHESI, A. M.; SILVA, F. *Lippia origanoides* H. B. K. essential oil production, composition, and antioxidant activity under organic and mineral fertilization: effect of harvest moment. **Industrial Crops and Products**, v. 60, p. 217-225, 2014.

TICHAVSKY, M. R. **Manual de Agrohhomeopatia**. (1ª ed.) Monte Rei, México, 2007.

TOLEDO, M. V.; STANGARLIN, J. R.; BONATO, C. M. Controle da pinta preta e efeito sobre variáveis de crescimento em tomateiro por preparados homeopáticos. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 2, p. 126-132, 2015.

TOUNEKTI, T.; VADEL, A. M.; ENNAJEH, M.; KHEMIRA, H.; MUNNÉ-BOSCH, S. Ionic interactions and salinity affect monoterpene and phenolic diterpene composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis*). **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 174, n. 3, p. 504-514, 2011.

TREBBI, G.; NIPOTI, P.; BREGOLA, V.; BRIZZI, M.; DINELLI, G.; BETTI, L. Ultra high diluted arsenic reduces spore germination of *Alternaria brassicicola* and dark leaf spot in cauliflower. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 318-325, 2016.

TRINDADE, R. S.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Leaf area of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 115-124, 2010.

UBESSI, C.; ROSA, V. S.; KRYSCZUN, D. K.; CARINI, F.; TEDESCO, S. B.; SILVA, C. B.; ANDRIOLO, J. L. Chamomile cultivation submitted to ultra-diluted Phosphorus solutions. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 305-313, 2018.

UPADHYAYA, R. K.; SINGH, V. R.; TEWARI, S. K. New agro-technology to increase productivity of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 89, p. 10-13, 2016.

VIEGAS, I. D. J. M.; SOUSA, G. O.; SILVA, A. F.; CARVALHO, J. G.; LIMA, M. M. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.). **Acta Amazônica**, v. 43, n. 1, p. 43-50, 2013.

VIEGAS, I. J. M.; NAIFF, A. P. M.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; LOBATO, A. K.; FRAZÃO, D. A. C.; CORDEIRO, R. A. M. Visual symptoms, growth and nutrients of *Alpinia purpurata* plants exposed to N, P, K, Ca, Mg and S deficiencies. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 98, n. 3-4, p. 1048-1051, 2011.

VIEIRA, M. C.; RAMOS, M. B. M.; HEREDIA, Z.; LUCIANO, A. T.; GONÇALVES, W. V.; RODRIGUES, W. B.; TABALDI, L. A.; CARVALHO, T. M.; SOARES, L. F.; SIQUEIRA, J. M. Adubação fosfatada associada à cama de frango e sua influência na produtividade e no teor de flavonoides da Marcela (*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.) em duas épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 2, p. 246-253, 2015.

VIEIRA, M. D. C.; ZÁRATE, N. A. H.; SANCHES, M. A. S.; BENDASSOLLI, M. C. N. F. Doses de nitrogênio e de cama de frango na produção da camomila Mandirituba. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, 2009.

WAR, A. R.; SHARMA, H. C.; PAULRAJ, M. G.; WAR, M. Y.; IGNACIMUTHU, S. Herbivore induced plant volatiles: their role in plant defense for pest management. **Plant Signaling & Behavior**, v. 6, n. 12, p. 1973-1978, 2011.

WYSS, E.; TAMM, L.; SIEBENWIRTH, J.; BAUMGARTNET, S. Homeopathic preparations to control the Rosy Apple Aphid (*Dysaphis plantaginea* Pass.). **The Scientific World Journal**, v. 10, p. 38-48, 2010.

ZAIDI, S. F.; MUHAMMAD, J. S.; SHAHRYAR, S.; KHAN, U.; GILANI, A. H.; JAFRI, W.; SUGIYAMA, T. Anti-inflammatory and cytoprotective effects of selected Pakistani medicinal plants in *Helicobacter pylori* infected gastric epithelial cells. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 141, n. 1, p. 403-410, 2012.

8. DISCUSSÃO GERAL

O sistema de produção e consumo atual é gerido pelo maçante uso de produtos químicos, fator estimulante na busca de alternativas de produção e, ao encontro dessas alternativas, a ciência homeopática ganha força, passando do âmbito humano e animal, e sendo empregada na produção vegetal (OLIVEIRA et al., 2013). No entanto, cabe destacar que a homeopatia não é caracterizada como um insumo de produção, ou seja, somente é utilizada quando há realmente necessidade, na busca do restabelecimento do equilíbrio vegetal. Assim, não é reconhecida como um elemento estritamente obrigatório ao cultivo, e seu uso ou não depende das demandas durante o ciclo de cultivo.

Há inúmeros trabalhos que comprovam a sua eficiência em diversas espécies vegetais e com os mais variados medicamentos homeopáticos, inclusive relatando que as plantas respondem aos estímulos homeopáticos (ROSSI et al., 2007). Visto que, não é uma alternativa específica ao cultivo orgânico, podendo ser utilizada na agricultura convencional, juntamente com produtos químicos e, mesmo assim, há eficácia. Além disso, neste sistema de produção é abordada para o controle de pragas e doenças com caráter de resistência ao controle químico. E, ao invés de despejar no solo uma excessiva carga de produtos químicos às plantas, é viável, economicamente e ambiental, a aplicação de um medicamento homeopático que propicie o mesmo efeito. Pois é uma alternativa compensatória para a agricultura, com baixo custo, autonomia do agricultor, qualidade de vida e produção, e preservação ambiental (CASALI et al., 2010).

Atualmente para os vegetais não há uma matéria médica homeopática com a prescrição dos medicamentos homeopáticos. Por isso, é necessária à experimentação em plantas saudáveis, com o objetivo de causar e elucidar os efeitos proporcionados pelos medicamentos homeopáticos e, assim, relatar seus possíveis usos. Isso justifica a escolha da utilização de Phosphorus no cultivo de camomila, pois é um medicamento utilizado em casos de deficiência do elemento químico fósforo no solo e em plantas com redução da taxa fotossintética (TICHAUSKY, 2007; BONATO, 2014; RESENDE, 2014), mas sem respostas nos quesitos de produtividade vegetal, principalmente quando aplicado em espécies medicinais como a camomila. Entretanto, a resposta homeopática é oscilatória dentro do grupo de dinamizações utilizadas. Dessa forma, é importante avaliar diferentes dinamizações de um mesmo medicamento homeopático e, assim, estuda-se uma faixa de dinamizações em

que há diferenças energéticas e de quantidade de moléculas, como no presente estudo de 3CH a 30CH.

As plantas medicinais são peças chave no estudo dos efeitos proporcionados pelos medicamentos homeopáticos, pois respondem rapidamente e facilmente são perceptíveis os efeitos, visto a ação no metabolismo secundário (ANDRADE; CASALI, 2011; ANDRADE et al., 2012). Um exemplo claro disso são os resultados obtidos no presente estudo com a camomila, que é uma espécie medicinal usada há séculos pela humanidade. Mas o destaque desta espécie deve-se as suas inúmeras propriedades terapêuticas que contribuem para a camomila estar entre as espécies medicinais mais consumidas mundialmente e com maior área de cultivo no Brasil. Em virtude desta importância medicinal da camomila no âmbito nacional e mundial, como também da carência de informações sobre seu cultivo com o uso de medicamentos homeopáticos, objetivou-se o estudo desta espécie no presente trabalho. Pois, o cultivo de plantas medicinais não deve contemplar contaminações ou resíduos químicos, em razão destes comprometer a finalidade terapêutica da espécie e, assim, os medicamentos homeopáticos configuram-se como alternativa de uso.

O primeiro passo da experimentação vegetal com medicamentos homeopáticos é observar o que este medicamento causa (efeito) nas plantas, ou seja, qualquer alteração encontrada nas plantas. Na camomila esse processo é relatado nos artigos 1 e 2. Nessa fase foi possível observar que a camomila respondeu de forma positiva as diferentes dinamizações de Phosphorus utilizadas, exceto em algumas variáveis morfológicas como número de flores planta⁻¹, massa seca planta⁻¹, massa seca hectare⁻¹, número de ramos e altura de planta. Essas mínimas alterações nos caracteres supracitados podem ser justificadas pelo equilíbrio da planta no ambiente de cultivo, pelas ótimas condições proporcionadas e, também, por estas características serem determinadas muito mais pelo fator genético do que pelas condições de ambiente.

A resposta positiva da camomila ao Phosphorus foi por meio da alteração de alguns caracteres, principalmente aqueles relacionados à inflorescência da espécie, como o aumento na produtividade de capítulos florais por hectare com a dinamização 30CH e o acréscimo no diâmetro e altura de inflorescência com o emprego da dinamização 3CH. Fatores que estão diretamente relacionados à produtividade de óleo essencial e a parte comercializável do cultivo (flores), podendo assim, agregar valor na produção de flores sem a necessidade do uso

excessivo de insumos químicos. Buscando a resposta desta inferência na produção de óleo essencial foi elaborado o segundo artigo.

Ao avaliar o teor, a produtividade e a composição do óleo essencial é perceptível que o medicamento homeopático Phosphorus proporcionou efeitos diretos no metabolismo secundário de camomila. As dinamizações de Phosphorus alteraram a concentração dos analitos no óleo essencial, especificamente, com incremento da concentração dos principais compostos, bem como, a dinamização 3CH proporcionou maior teor e produtividade de óleo. Novamente, esses resultados reafirmam a atuação dos medicamentos homeopáticos no metabolismo secundário de plantas medicinais, como um fator estimulante e também como uma ferramenta para agregar valor à produção.

As plantas medicinais apresentam inúmeras propriedades terapêuticas, mas alguns compostos presentes no chá ou no óleo essencial podem ser potencialmente tóxicos e ocasionar danos ao organismo humano (FREITAS et al., 2014), principalmente quando a espécie é submetida a diferentes formas de cultivo, que atuam diretamente na variação dos compostos no metabolismo secundário, como é o caso dos medicamentos homeopáticos. Essas averiguações podem ser realizadas por meio de sistemas testes vegetais, como o teste de *Allium cepa* (DIAS et al., 2014; SANTOS et al., 2017) e, dessa forma, conferir o potencial genotóxico das infusões e do óleo essencial, a fim de garantir o uso seguro da espécie medicinal. Deste modo, no artigo 3, foi observado que o cultivo com Phosphorus, mesmo proporcionando modificações no metabolismo secundário da camomila, não induziu um efeito genotóxico no uso de infusões e óleo essencial e evidenciou atividade antiproliferativa sobre o ciclo celular de *Allium cepa*, favorecendo o cultivo sustentável e o uso seguro desta espécie medicinal quando cultivada com medicamentos homeopáticos. Também, promoveu uma mínima variação na concentração de apigenina nas infusões de camomila.

Em condições ideais de cultivo e considerando a planta em equilíbrio, os efeitos causados pelo uso de Phosphorus no cultivo de camomila foi positivo e pode ser utilizado em plantas com baixa produção de flores ou óleo essencial. Entretanto, ainda faltam esclarecimentos da atuação deste medicamento homeopático em uma condição de cultivo com restrição nutricional. Pois, os nutrientes são limitantes ao crescimento vegetal e, desta forma, o medicamento homeopático pode auxiliar no equilíbrio e adaptação da planta as condições adversas, auxiliando na conclusão do ciclo vegetal. Neste contexto foi elaborado o quarto

artigo buscando esclarecer a influência do medicamento homeopático Phosphorus em uma condição de estresse para o vegetal, com ênfase, principalmente, na produção de flores.

No cultivo de camomila sob restrição do elemento químico fósforo, primeiramente, foi observado que esta condição não limitou a produtividade de flores, que, de modo geral, foi superior aos 400 kg ha⁻¹, valor considerado média de produção nacional. Contudo, quando comparado à produção de flores no primeiro experimento, com condições ótimas de cultivo e fornecimento adequado de nutrientes, houve uma redução com perdas de, aproximadamente, 200 a 300 kg ha⁻¹. O mesmo comportamento ocorre para o diâmetro e altura dos capítulos florais. Avaliando as soluções nutritivas, a associação da restrição de fósforo com a aplicação de Phosphorus 3CH, possibilitou uma produção superior quando confrontada com a restrição sem a aplicação do medicamento homeopático. No entanto, em uma condição ótima de fornecimento de nutrientes e sem a aplicação de Phosphorus 3CH, foi observado os melhores resultados. Potássio e manganês foram os nutrientes com as maiores concentrações acumuladas no tecido vegetal de camomila. Além da produção vegetal, também se observou a reposta quanto ao óleo essencial, descrita no quinto artigo, no qual foi possível concluir que a aplicação de Phosphorus 3CH e a restrição de fósforo não estimularam aumentos no teor e produtividade de óleo essencial, e o estresse promovido pela restrição de fósforo aumentou a concentração dos analitos majoritários presentes no óleo essencial de camomila.

Cabe salientar que as duas condições de cultivo de camomila, no primeiro momento, com a identificação dos efeitos promovidos pela aplicação de Phosphorus, e, em segundo, avaliando a restrição de fósforo, apresentaram uma grande divergência de produção, visualmente e numericamente. No primeiro momento, a camomila foi cultivada em substrato, a qual apresentou pleno crescimento e desenvolvimento, inclusive com flores grandes e vistosas, também convém destacar um sistema radicular vigoroso, com raízes bem formadas e intenso crescimento, muitas vezes alcançando a bancada de cultivo (avaliado visualmente). No segundo momento, mesmo com a condição de restrição, as plantas foram cultivadas em areia e não apresentaram um crescimento e desenvolvimento acentuado, fato observado na solução nutritiva padrão. As plantas não emitiram ramificações laterais, apresentaram flores pequenas e o sistema radicular cresceu minimamente. Assim, este fator experimental pode ter interferido no resultado final, pois a dinamização 3CH foi uma das quais estimulou a produção de flores no primeiro experimento e, no segundo, teve resultado inferior à solução nutritiva padrão sem aplicação de Phosphorus. Houve também distinção no acúmulo de nutrientes quando contrastado essa dinamização nas duas condições de cultivo. Desse modo, é

possível inferir que a camomila não tolera e não apresenta um crescimento e desenvolvimento vigoroso quando cultivada em areia.

O uso de medicamentos homeopáticos possibilita uma agricultura sustentável, com redução da contaminação na produção de alimentos e do ambiente, principalmente em plantas medicinais. A ciência homeopática se insere como uma função social nos sistemas de cultivo atuais. Nos vegetais atua na fisiologia das plantas e nas espécies medicinais age diretamente no metabolismo secundário, alterando os compostos responsáveis pelas propriedades terapêuticas, mas sem causar um efeito tóxico nos subprodutos oriundos desses sistemas de cultivo. Neste estudo foi avaliado apenas um medicamento entre tantos, mas ainda faltam esclarecimentos no referencial científico das possíveis rotas metabólicas que os medicamentos homeopáticos atuam e que resultam nas alterações de resposta do metabolismo secundário vegetal.

9. CONCLUSÃO GERAL

O medicamento homeopático Phosphorus promove efeitos no cultivo de camomila, que responde de forma positiva.

A produtividade de flores por hectare pode ser incrementada com a aplicação da dinamização 30CH que eleva os teores de nitrogênio e ferro no tecido vegetal.

O diâmetro e altura dos capítulos florais aumentam com o emprego da dinamização 3CH, que também é eficiente em aumentar o teor e a produtividade de óleo essencial em camomila, em condições ideais de cultivo.

O cultivo com Phosphorus não induz um efeito genotóxico no uso de infusões e óleo essencial de camomila e evidencia atividade antiproliferativa sobre o ciclo celular de *Allium cepa*.

A aplicação de Phosphorus 3CH e a restrição de fósforo não estimulam aumentos no teor e produtividade de óleo essencial, e o estresse promovido pela restrição de fósforo aumenta a concentração dos analitos majoritários presentes no óleo essencial de camomila.

A restrição de fósforo não minimiza a produtividade de flores em camomila, com valores superiores a média nacional de 400 kg ha⁻¹.

O cultivo de camomila é dependente do macronutriente potássio, pois é o nutriente com maior acúmulo no tecido vegetal de camomila, independente da condição de cultivo.

O medicamento homeopático Phosphorus 30CH e 3CH podem ser utilizados em plantas que apresentam baixa produção de flores, massa fresca e óleo essencial, respectivamente, em condições favoráveis de cultivo.

A camomila não apresenta crescimento e desenvolvimento satisfatório no cultivo com areia em ambiente protegido.

O cultivo de camomila em ambiente protegido proporciona a realização de até cinco colheitas de flores.

REFERÊNCIAS GERAIS

- ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D. Homeopatia, agroecologia e sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 1, p. 49-56, 2011.
- ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D.; CECON, P. R. C. Efeito de dinamizações de *Arnica montana* L. no metabolismo de chambá (*Justicia pectoralis* Jacq.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 159-162, 2012.
- BONATO, C. M. **Homeopatia simples: alternativa para a agricultura familiar**. (4^a ed.) Marechal Cândido Rondon: Gráfica Escala, 2014. 50 p.
- BONATO, C. M.; PROENÇA, G. T. D.; REIS, B. Homeopathic drugs Arsenicum album and Sulphur affect the growth and essential oil content in mint (*Mentha arvensis* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 101-105, 2009.
- BRASIL. **Farmacopeia Homeopática Brasileira**. 3. ed., Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2011. 364 p.
- CARNEIRO, S. M. T. P. G.; OLIVEIRA, B. G.; FERREIRA, I. F. Efeito de medicamentos homeopáticos, isoterápicos e substâncias em altas diluições em plantas: revisão bibliográfica. **Revista de Homeopatia**, v. 74, n. 1-2, p. 9-32, 2011.
- CASALI, V. W. D.; CASTRO, D. M.; ARMOND, C.; FONSECA, M. C. M.; ANDRADE, F. M. C.; DUARTE, E. S. M.; ARRUDA, V. M. Benefícios da homeopatia no cultivo de plantas medicinais. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 255, p. 79-84, 2010.
- CASALI, V. W. D.; CASTRO, D. M.; ANDRADE, F. M. C.; LISBOA, S. P. **Homeopatia: bases e princípios**. Viçosa: Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 149 p.
- CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; COSTA, L. C. B.; ALVES, P. B.; NICULAN, E. S.; BRANT, R. S. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 1, p. 80-89, 2010.
- CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L. F. S.; PELACANI, C. R. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 360-366, 2015.

CVETANOVIĆ, A.; ZEKOVIĆ, Z.; ZENGIN, G.; MAŠKOVIĆ, P.; PETRONIJEVIĆ, M.; RADOJKOVIĆ, M. Multidirectional approaches on autofermented chamomile ligulate flowers: Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and enzyme inhibitory effects. **South African Journal of Botany**, v. 120, p. 112-118, 2019.

DIAS, M. G.; CANTO-DOROW, T. S.; COELHO, A. P. D.; TEDESCO, S. B. Efeito genotóxico e antiproliferativo de *Mikania cordifolia* (LF) Willd.(Asteraceae) sobre o ciclo celular de *Allium cepa* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 202-208, 2014.

DUTRA, M.; DEBONI, T. C.; VOLPI, P. S. B.; MATIAS, J. F. G.; NESI, B. Z. Avaliação produtiva de rabanete submetido a preparados homeopáticos de tiririca *Cyperus rotundus*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 2, p. 151-159, 2014.

FREITAS, J. V.; CARMO, P. B. M.; ANDRADE, M. A.; SANTOS, F. S.; LUZ, A. C.; PEREIRA, U. J. Phytochemical screening and evaluation of the cytotoxicity and genotoxicity of *Helenium cf. amarum* (Raf.) H. Rock. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 19, n. 4, p. 338-348, 2014.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, 374-381, 2007.

GUPTA, V.; MITTAL, P.; BANSAL, P.; KHOKRA, S. L.; KAUSHIK, D. Pharmacological Potential of *Matricaria recutita*: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research**, v. 2, n. 1, p. 12-6, 2010.

HANRAHAN, C.; FREY, R. J. **Chamomile**. **Gale Encyclopedia of Alternative Medicine**. 2ª Ed., Volume I. Farmington Hills, MI: Thomson Gale, p. 409-411, 2005.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P. **Functions of macronutrients**. In: Marschner, P. (ed) Mineral nutrition of higher plants, 3ª ed. Elsevier, p. 135-189, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário, 2006. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=818&z=t&o=19&i=>>>. Acesso em 01 mar. 2019.

ISPIZUA, C. G.; MANZANEDO, E. S. Investigación en la literatura científica de conceptos que respaldan el principio homeopático de dosis mínima. **Revista Medica de Homeopatia**, v. 5, n. 3, p. 106-112, 2012.

KHAKI, M.; SAHARI, M. A.; BARZEGAR, M.; Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) essential oil on cake shelf life. **Journal of Medicinal Plants**, v. 3, n. 43, p. 9-18, 2012.

LESSA, L. R.; SILVA, M. C. C.; CARIELLO, F. M. R. Fundamentos e aplicações do *Allium cepa* como bioindicador de mutagenicidade e citotoxicidade de plantas medicinais. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 10, n. 3, p. 39-48 2017.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas**. 2ª ed. Nova Odessa - SP, Instituto Plantarum, 2008. 544 p.

LU, N.; BERNARDO, E. L.; TIPPAYADARAPANICH, C.; TAKAGAKI, M.; KAGAWA, N.; YAMORI, W. Growth and accumulation of secondary metabolites in *Perilla* as affected by photosynthetic photon flux density and electrical conductivity of the nutrient solution. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 4, p. 1-12, 2017.

MAGDZIAK, A. S. Influence of row spacing on herb yield of common chamomile (*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.) as well as seed yield and quality. **Acta Agrobotanica**, v. 64, n. 3, p. 35-38, 2011.

MOHAMMAD, R.; HAMID, S.; AN, A.; NORBERT, D. K.; PATRICK, V. D. Effects of planting date and seedling age on agro-morphological characteristics, essential oil content and composition of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) grown in Belgium. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 1, p. 145-152, 2010.

MOHAMMAD, S. M. Study on cammomile (*Matricaria chamomilla* L.) usage and farming. **Advances in Environmental Biology**, v. 5, n. 7, p. 1446-1453, 2011.

MOURA, J. F. M.; SILVA, M. S.; BATISTA, N. J. C.; UCHOA, V. T.; ALVES, W. S. Estudo da genotoxicidade do extrato de *Abelmoschus esculentus* (quiabo) pelo teste *Allium cepa*. **Revista Saúde em Foco**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2014.

MURTI, K.; PANCHAL, M. A.; GAJERA, V.; SOLANKI, J. Pharmacological properties of *Matricaria recutita*: a review. **Pharmacologia**, v. 3, n. 8, p. 348-351, 2012.

OLIVEIRA, J. S. B.; GOMES, S. M. T. P.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; MESQUINI, R. M.; BONATO, C. M.; ROMANO, E. D. B. Patogenesia do óleo essencial e homeopatas de *Eucalyptus citriodora* em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 734-41, 2013.

OLIVEIRA, J. S. B.; MAIA, A. J. E.; SCHWAN-ESTRADA, K. A. R. F.; BONATO, C. M.; CARNEIRO, S. M. T. P. G.; PICOLI, M. H. S. Activation of biochemical defense mechanisms in bean plants for homeopathic preparations. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 11, p. 971-981, 2014.

OLIVEIRA, J. S. B.; MAIA, A. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PIZA, S. S. M. D. T.; CARNEIRO, G.; BONATO, C. M. Germinação de sementes de feijão submetidas a preparados homeopáticos de *Eucalyptus citriodora*. VII EPCC - Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. **Anais...** Centro Universitário de Maringá - PR, 2011.

OLIVEIRA, R. Paraná mantém liderança da produção de camomila. 2008. Disponível em: <<https://www.tribunapr.com.br/noticias/economia/parana-mantem-lideranca-da-producao-de-camomila/>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

ORAV, A.; RAAL, A.; ARAK, E. Content and composition of the essential oil of *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert from some European countries. **Natural Product Research**, v. 24, n. 1, p. 48-55, 2010.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012.

PING, K. Y.; DARAH, I.; YUSUF, U. K.; YENG, C.; SASIDHARAN, S. Genotoxicity of *Euphorbia hirta*: an *Allium cepa* assay. **Molecules**, v. 17, n. 7, p. 7782-7791, 2012.

PULIDO, E.; BOFF, P.; DUARTE, T.; BOFF, M. I. High dilution preparations for organic production system of broccoli. **Agronomía Colombiana**, v. 35, n. 1, p. 53-58, 2017.

RAAL, A.; ORAV, A.; PÜSSA, T.; VALNER, C.; MALMISTE, B.; ARAK, E. Content of essential oil, terpenoids and polyphenols in commercial chamomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert) teas from different countries. **Food Chemistry**, v. 131, n. 2, p. 632-638, 2012.

RELTON, C.; COOPER, K.; VIKSVEEN, P.; FIBERT, P.; THOMAS, K. Prevalence of homeopathy use by the general population worldwide: a systematic review. **Homeopathy**, v. 106, n. 2, p. 69-78, 2017.

RESENDE, J. M. **Caderno de homeopatia: instruções práticas geradas por agricultores sobre o uso da homeopatia no meio rural**. Viçosa, MG: UFV, 2014. 51 p.

RODRIGUES, D. S.; CAMARGO, M. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A.; CORREA, J. N.; VIDAL, T. C. M. Influência da adubação com nitrogênio e fósforo na produção de Jambu, *Acmella oleracea* (L) RK Jansen. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 1 p. 71-76, 2014.

ROSSI, F.; ARÉVALO, R. A.; AMBROSANO, E. J.; GUIRADO, N.; AMBROSANO, G. M. B.; MENDES, P. C. D.; MOTA, B.; ATZINGEN, E. M. M. V.; MENUZZO, M. M.; VARELLA, A. S. Aplicação de preparado homeopático no controle da tiririca em área agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 870-873, 2007.

SANTOS, R.; SANTOS, R.; MARISCO, G. Avaliação da atividade genotóxica, citotóxica e antimicrobiana da infusão das folhas de *Spondias purpurea* L. **Scientia Plena**, v. 13, n. 3, p.1-9, 2017.

SONG, W.; QIAO, X.; CHEN, K.; WANG, Y. J. I. S.; JI, S.; FENG, J.; LI, K.; LIN, Y.; YE, M. Biosynthesis-based quantitative analysis of 151 secondary metabolites of Licorice to differentiate medicinal *Glycyrrhiza* species and their hybrids. **Analytical Chemistry**, v. 89, n. 5, p. 3146-3153, 2017.

SRIVASTAVA, J. K.; SHANKAR, E.; GUPTA, S. Chamomile: a herbal medicine of the past with a bright future. **Molecular Medicine Reports**, v. 3, n. 6, p. 895-901, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, M. Z. **Semelhante cura semelhante: o princípio de cura homeopático fundamentado pela racionalidade médica e científica**. 2ª ed. São Paulo, 2015. 463 p.

TICHAVSKY, M. R. **Manual de Agrohhomeopatia**. (1ª ed.) Monte Rei, México, 2007. 40 p.

TREBBI, G.; NIPOTI, P.; BREGOLA, V.; BRIZZI, M.; DINELLI, G.; BETTI, L. Ultra high diluted arsenic reduces spore germination of *Alternaria brassicicola* and dark leaf spot in cauliflower. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 318-325, 2016.

UBESSI, C.; ROSA, V. S.; KRYSCZUN, D. K.; CARINI, F.; TEDESCO, S. B.; SILVA, C. B.; ANDRIOLO, J. L. Chamomile cultivation submitted to ultra-diluted Phosphorus solutions. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 8, p. 305-313, 2018.

UPADHYAYA, R. K.; SINGH, V. R.; TEWARI, S. K. New agro-technology to increase productivity of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 89, p. 10-13, 2016.

VIEGAS, I. D. J. M.; GALVÃO, J. R.; SILVA JÚNIOR, M. L.; MELO, N. C.; OLIVEIRA, M. S. Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiência nutricional em ipeca. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 141-147, 2014.

VITHOULKAS, G. **Homeopatia ciência e cura**. São Paulo: Cultryx, 1980. 436 p.

WYSS, E., TAMM, L., SIEBENWIRTH, J., & BAUMGARTNET, S. Homeopathic preparations to control the Rosy Apple Aphid (*Dysaphis plantaginea* Pass.). **The Scientific World Journal**, v. 10, p. 38-48, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Cultivo e produção de camomila em substrato (A). Plantas de camomila após a colheita (B).



APÊNDICE B. Óleo essencial de camomila (A). Colheita manual dos capítulos florais (B). Óleo essencial de camomila diluído a 0,10% (C). Experimento de genotoxicidade (D). Cultivo e floração de camomila em substrato (E). Cultivo e floração de camomila em areia (F). Raiz de camomila cultivada em areia (G).

