



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA E**  
**DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL**

**MARIZETE DE PAULA**

**ÓLEOS ESSENCIAIS E CONSÓRCIO COM PLANTAS BIOATIVAS NO**  
**CONTROLE DA SEPTORIOSE E NA INDUÇÃO DE ENZIMAS RELACIONADAS A**  
**DEFESA EM TOMATEIRO**

**LARANJEIRAS DO SUL, PR**

**2022**

**MARIZETE DE PAULA**

**ÓLEOS ESSENCIAIS E CONSÓRCIO COM PLANTAS BIOATIVAS NO  
CONTROLE DA SEPTORIOSE E NA INDUÇÃO DE ENZIMAS RELACIONADAS A  
DEFESA EM TOMATEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Fronteira Sul, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Gilmar Franzener

**LARANJEIRAS DO SUL, PR**

**2022**

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Paula, Marizete de  
ÓLEOS ESSENCIAIS E CONSÓRCIO COM PLANTAS BIOATIVAS NO  
CONTROLE DA SEPTORIOSE E NA INDUÇÃO DE ENZIMAS  
RELACIONADAS A DEFESA EM TOMATEIRO / Marizete de Paula.  
-- 2022.  
76 f.

Orientador: Doutor Gilmar Franzener

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da  
Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em  
Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável,  
Laranjeiras do Sul, PR, 2022.

1. 1. Controle alternativo. 2 Tomateiro. 3 Indução de  
Resistência. 4 Óleos essenciais. I Gilmar Franzener. II  
Universidade Federal da Fronteira Sul. I. ; Gilmar  
Franzener, orient. II. Universidade Federal da Fronteira  
Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

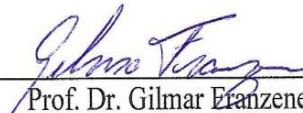
MARIZETE DE PAULA

ÓLEOS ESSENCIAIS E CONSÓRCIO COM PLANTAS BIOATIVAS NO CONTROLE DA  
SEPTORIOSE E NA INDUÇÃO DE ENZIMAS RELACIONADAS A DEFESA EM  
TOMATEIRO

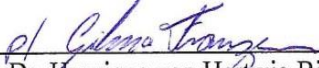
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 12/07/2022.

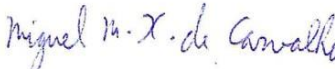
BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gilmar Franzener  
Presidente/Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Renato Stangarlin  
1º Membro

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt  
2º Membro

*“Em virtude da realização de banca online, este documento foi assinado pelo Presidente e pelo Coordenador do PPGADR, como representantes dos demais membros, mediante suas autorizações”.*



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela força e coragem, para enfrentar mais esse desafio, e pelo dom da vida.

Ao meu esposo Emanuel Rodrigo dos Santos, pela paciência, companheirismo, durante esta dura jornada.

A minha filha Laura dos Santos, por ser minha motivação.

Aos meus irmãos que sempre acreditaram em mim.

Aos colegas de laboratório.

A contribuição do professor Luciano Tormen.

Ao meu orientador Gilmar Franzener, pela disponibilidade, paciência, e todos os ensinamentos.

## ÓLEOS ESSENCIAIS E CONSÓRCIOS COM PLANTAS BIOATIVAS NO CONTROLE DE DOENÇA DO TOMATEIRO

**RESUMO:** O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) se apresenta como uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo. Porém, as várias doenças que acometem a cultura, causam grande redução da produtividade e da qualidade dos frutos. Atualmente os produtos químicos sintéticos são os mais utilizados no controle de fitopatógenos desta cultura, causando muitos danos ao meio ambiente, a saúde do agricultor e do consumidor. Nesse contexto, esse trabalho teve por objetivo avaliar o consórcio e óleos essenciais de plantas bioativas na proteção de tomateiro. Foram avaliados consórcios de manjerição (*Ocimum basilicum*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*) e coentro (*Coriandrum sativum*) com o tomateiro, bem como a utilização de óleos essenciais dessas espécies nas concentrações de 0, 0,1%, 0,5% e 1%. Em condições *in vitro* foi avaliado o efeito na germinação de esporos e crescimento micelial de *Septoria lycopersici*. Em condições de casa de vegetação foram avaliadas a severidade da septoriose, a altura e produção das plantas. Determinou-se o teor de proteínas totais e a atividade das enzimas peroxidases, polifenoloxidasas e fenilalanina amônia-liase como indicativo da ativação de mecanismos de defesa. Os óleos essenciais apresentaram efeito inibitório sobre *S. lycopersici*, com inibição total da germinação de esporos e crescimento micelial na concentração de 1%. O consórcio com plantas bioativas não promoveu alterações no desenvolvimento das plantas na atividade enzimática e severidade da doença. Os óleos essenciais promoveram aumento na atividade enzimática em plantas de tomateiro, e também promoveram redução na severidade da septoriose, com destaque para alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e tomilho. Os resultados demonstram o potencial dos óleos essenciais de plantas bioativas no controle da septoriose do tomateiro.

**Palavras-chave:** Controle alternativo, Atividade biológica, Doenças Fúngicas foliares, *Solanum lycopersicum*.

## ESSENTIAL OILS AND CONSORTIUMS WITH BIOACTIVE PLANTS IN THE CONTROL OF TOMATO DISEASE

**ABSTRACT:** Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most important agricultural crops in the world. However, the various diseases that affect the crop, cause a great reduction in productivity and fruit quality. Currently, synthetic chemicals are the most used in the control of phytopathogens that affect the crop, causing numerous damages to the environment, the health of the farmer and the consumer. In this context, this work aimed to evaluate the consortium and essential oils of bioactive plants in tomato protection. Intercrops of basil (*Ocimum basilicum*), rosemary (*Rosmarinus officinalis*), thyme (*Thymus vulgaris*) and coriander (*Coriandrum sativum*) with tomato were evaluated, as well as the use of essential oils of these species at concentrations of 0, 0.1, 0.5 and 1%. Under *in vitro* conditions, the effect on spore germination and mycelial growth of *Septoria lycopersici* was evaluated. Under greenhouse conditions, septoria severity, plant height and production were evaluated. The total protein content and the activity of peroxidases, polyphenoloxidases and phenylalanine ammonia-lyase enzymes were determined as an indication of the activation of defense mechanisms. Essential oils showed an inhibitory effect on *S. lycopersici*, with total inhibition of spore germination and mycelial growth at a concentration of 1%. The consortium with bioactive plants did not promote changes in plant development in enzyme activity and disease severity. Essential oils promoted an increase in enzymatic activity in tomato plants. They also promoted a reduction in the severity of septoria, especially rosemary and thyme. The results demonstrate the potential of essential oils from bioactive plants to control tomato septoria.

**Keywords:** Alternative control, Biological activity, Fungal foliar diseases, *Solanum lycopersicum*.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Perfil dos composto dos óleos essências de manjericão (*Ocimum basilicum*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*) e coentro (*Coriandrum sativum*).....35
- Tabela 2. Altura (cm) de plantas de tomateiro aos 30 e 60 dias após o transplante (DAP) em cultivo consorciado com plantas bioativas, sob casa de vegetação.....46
- Tabela 3. Altura (cm) de plantas de tomateiro aos 30 e 60 dias após o transplante (DAP) com aplicação dos óleos na concentração de 0,5%, sob casa de vegetação.....46
- Tabela 4. Produção de tomateiro por planta em consórcio com alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), manjericão (*Ocimum basilicum*) e coentro (*Coriandrum sativum*).....47
- Tabela 5. Produção de tomateiro por planta com aplicação dos óleos essenciais de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), manjericão (*Ocimum basilicum*) e coentro (*Coriandrum sativum*) na concentração 0,5%.....47
- Tabela 6. Severidade de septoriose em plantas de tomate submetidas a diferentes tratamentos com concentrações dos óleos essências de de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), manjericão (*Ocimum basilicum*) e coentro (*Coriandrum sativum*).....49
- Tabela 7. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) septoriose em plantas de tomateiro consorciada com alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), manjericão (*Ocimum basilicum*) e coentro (*Coriandrum sativum*).....49
- Tabela 8. Atividade de peroxidases (PEX), polifenoloxidasas (POL) e fenilalanina amônia-liase (FAL) em plantas de tomateiro cultivadas em consórcio com plantas bioativas.....50



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Porcentagem de germinação de esporos de <i>Septoria lycopersici</i> , tratados com concentrações de óleos essenciais de plantas bioativas, em contato direto e indireto.....     | 37 |
| Figura 2. Tamanho de tubos germinativos de esporos de <i>Septoria lycopersici</i> , tratados com concentrações de óleos essenciais de plantas bioativas, em contato direto e indireto..... | 38 |
| Figura 3. Crescimento micelial de <i>Septoria lycopersici</i> em concentrações do óleo essencial de plantas bioativas em contato direto e indireto.....                                    | 42 |
| Figura 4. Área abaixo do progresso do crescimento micelial (AACCM) de <i>Septoria lycopersici</i> em concentrações do óleo essencial de plantas bioativas.....                             | 43 |
| Figura 5. Consórcios de tomateiro com plantas bioativas em condição de casa de vegetação em 60 dias após o transplante. A-Tomilho; B-Coentro; C-Manjeriçã; D-Alecrim.....                  | 45 |
| Figura 6. Atividade de peroxidases (PEX) em plantas de tomateiro tratadas com óleos essenciais de plantas bioativas.....   | 51 |
| Figura 7. Atividade de fenilalanina amônia-liase (FAL) em plantas de tomateiro tratadas com óleos essenciais de plantas bioativas.....   | 52 |
| Figura 8. Atividade de polifenoloxidasas (POL) em plantas de tomateiro tratadas com óleos essenciais de plantas bioativas.....   | 53 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>13</b> |
| 1.1 OBJETIVOS .....  | 14        |
| <b>1.1.1 Objetivo geral</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>1.1.2 Objetivos Específicos</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | <b>16</b> |
| 2.1 PLANTAS BIOATIVAS E AGROECOLOGIA.....  | 16        |
| 2.2 CULTIVOS CONSORCIADOS NA AGRICULTURA DE BASE ECOLÓGICA .....   | 17        |
| 2.3 ÓLEOS ESSENCIAIS .....   | 18        |
| <b>2.3.1 COMPOSIÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS</b> .....   | <b>19</b> |
| 2.4 A CULTURA DO TOMATEIRO .....   | 20        |
| <b>2.4.1 Fitossanidade da Cultura do Tomateiro</b> .....   | <b>21</b> |
| 2.4.1.1 <i>Septoria lycopersici</i> .....  | 22        |
| 2.5 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA.....  | 23        |
| 2.6 PLANTAS BIOATIVAS UTILIZADAS .....   | 26        |
| <b>2.6.1 Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)</b> .....  | <b>26</b> |
| <b>2.6.2 Tomilho (<i>Thymus vulgaris</i> L.)</b> .....   | <b>27</b> |
| <b>2.6.3 Manjeriço (<i>Ocimum basilicum</i> L.)</b> .....  | <b>27</b> |
| <b>2.6.4 Coentro (<i>Coriandrum sativum</i> L.)</b> .....  | <b>28</b> |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | <b>29</b> |
| 3.1 OBTENÇÃO E MANUTENÇÃO DO ISOLADO .....   | 29        |
| 3.2 OBTENÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS .....  | 29        |
| 3.3 ANÁLISE DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....   | 29        |
| 3.4 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS .....  | 30        |
| 3.5 AVALIAÇÃO <i>IN VITRO</i> DO CRESCIMENTO MICELIAL DO ISOLADO DE <i>SEPTORIA LYCOPERSICI</i> SOB AÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS..... | 31        |
| 3.6 EXPERIMENTO DE PROTEÇÃO EM PLANTAS COM CONSÓRCIOS .....  | 31        |
| 3.7 EXPERIMENTO DE PROTEÇÃO EM PLANTAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS .....  | 32        |
| 3.8 ANÁLISES BIOQUÍMICAS .....   | 32        |
| <b>4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS</b> .....   | <b>34</b> |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | <b>35</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.1 ANÁLISE DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....  | 35        |
| 5.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS.....  | 37        |
| 5.3 AVALIAÇÃO <i>IN VITRO</i> DO CRESCIMENTO MICELIAL DE <i>SEPTORIA LYCOPERSICI</i> SOB A<br>AÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS ..... | 41        |
| 5.4 AVALIAÇÃO DO EFEITO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS E O CONSÓRCIO SOBRE O<br>CRESCIMENTO E À PRODUÇÃO NA CULTURA DO TOMATEIRO .....  | 45        |
| 5.5 EXPERIMENTO DE PROTEÇÃO EM PLANTAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS .....   | 48        |
| 5.6 AVALIAÇÃO DO EFEITO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS E O CONSÓRCIO SOBRE À INDUÇÃO<br>DE MECANISMOS DE DEFESA EM PLANTAS .....        | 50        |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>7 REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>57</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de plantas bioativas é um processo de produção e reprodução de diversos saberes e práticas, resultante de diferentes culturas, decorrente da organização social e produtiva de comunidades tradicionais indígenas, quilombolas e faxinalenses (COSTA, 2007).

As plantas bioativas são consideradas aquelas que possuem alguma ação sobre outros seres vivos e cujo efeito pode se manifestar tanto pela sua presença em um ambiente quanto pelo uso direto de substâncias delas extraídas, desde que mediante uma intenção ou consciência humana deste efeito. Estas englobam as plantas medicinais e as aromáticas condimentares (BRANCHER, 2016; PINTO ET AL., 2001).

Atualmente a utilização de plantas bioativas, é uma possibilidade real e que deve ser discutida e pensada em termos de sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, integrando o conhecimento tradicional e o científico de uso destas plantas (TRIACA et al., 2018). As plantas bioativas apresentam importantes funções, contribuindo para o equilíbrio do sistema, favorecendo os agricultores familiares contribuindo para que os agroecossistemas tornem-se mais sustentáveis (CAPORAL; COSTABEBER; PAULUS, 2006).

Dentro desse contexto, a utilização de práticas alternativas tornou-se imprescindível. Dentre as práticas alternativas de produção enquadram-se os consórcios de culturas, que são definidos como sistemas de cultivo em que há o crescimento simultâneo de duas ou mais espécies de plantas na mesma área, com o fim de permitir interação ecológica benéfica entre elas (VANDERMEER, 1990).

O consórcio de plantas se apresenta como um dos métodos mais adequados à prática da olericultura, em moldes agroecológicos, com inúmeras vantagens no aspecto ambiental, produtivo e econômico. Esta estratégia busca maior produção por área, pela combinação de plantas que irão potencializar a utilização do espaço, nutrientes, área, luz, além de outros benefícios (BARACUHY et al., 2014; LEITE et al., 2011). Esta estratégia busca maior rendimento por unidade de área combinando plantas que irão utilizar espaço, nutrientes, área, luz e outros benefícios (BORGES, 2019). Outra alternativa que tem demonstrado resultados promissores é o uso de óleos essenciais (OE) com propriedades antimicrobiana direta e/ou de indução de resistência plantas (MAIA; DONATO; FRAGA, 2015; OOTANI, 2013).

Os óleos essenciais (OE) contém substâncias naturais, para os quais já tem sido realizado, estudos em diferentes áreas do conhecimento, com resultados promissores, inclusive com potencial para auxiliar na sanidade humana, animal e vegetal. Trabalhos desenvolvidos com OE de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), tomilho (*Thymus vulgaris* L.), manjeriço

(*Ocimum basilicum* L.) e coentro (*Coriandrum sativum* L.), mostram que os mesmos, possuem diversas atividades biológicas tais como antibacteriana, antifúngica, antioxidante, anti-inflamatória, dentre outras (BAGAMBOULA; UYTTENDAELE; DEBEVERE, 2004; PEDROSA, 2016; PERINI et al., 2011; ANDRADE, M. A. et al., 2012).

Além dos efeitos fungitóxicos diretos, também se buscam moléculas capazes de levar a uma interação planta-patógeno compatível com uma relação não-compatível pela indução de mecanismos de defesa na planta hospedeira, tais como proteínas relacionadas à patogênese e fitoalexinas (SCHWAN-ESTRADA et al., 2008; PASCHOLATI; LEITE, 1994).

Neste cenário a cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça de importância social e econômica, que pode representar uma importante opção de cultivo e renda em unidades de produção familiar. Porém é uma das espécies cultivadas mais sujeitas à ocorrência de doenças, sendo seu cultivo uma das atividades agrícolas que mais utiliza fungicida no controle da vasta gama de fitopatógenos (FILGUEIRA, 2008).

O desenvolvimento de métodos alternativos de controle visa oferecer alternativas para diminuir a dependência dos agrotóxicos e contribuir para as práticas de agricultura sustentável. Portanto torna-se justificável a busca por métodos alternativos de controle de baixo impacto ambiental, que substituíssem os métodos convencionais de controle das doenças do tomateiro (TOLEDO, 2009).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do cultivo consorciado de alecrim, tomilho, manjeriço e coentro, e seus óleos essenciais no controle da septoriose do tomateiro.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar a composição química dos OE de alecrim, tomilho, manjeriço e coentro por Cromatografia em Fase Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM).

Avaliar o efeito direto e indireto dos OE de alecrim, tomilho, manjeriço e coentro sobre *Septoria lycopersici* do tomateiro.

Analisar concentrações do OE de alecrim, tomilho, manjeriço e coentro na atividade antimicrobiana sobre o agente causal da septoriose do tomateiro.

Avaliar a indução de mecanismos relacionados a defesa em plantas de tomateiro pela utilização de cultivos consorciados ou OE de alecrim, tomilho, manjericão e coentro.

Avaliar a incidência e severidade da septoriose em plantas de tomateiro em consórcio e tratadas com OE de alecrim, tomilho, manjericão e coentro.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PLANTAS BIOATIVAS E AGROECOLOGIA**

O modelo de agricultura convencional é insustentável, pois gera enormes impactos ambientais, onde reduz os padrões de diversidade preexistentes, intensifica a degradação dos solos agrícolas e causa contaminação química dos recursos naturais, entre outros tantos impactos. As práticas de agricultura foram desenvolvidas sem cuidar suas consequências de longo prazo, e sem considerar a dinâmica ecológica dos agroecossistemas, ou seja, o cultivo intensivo do solo, monocultura, irrigação, aplicação de fertilizante mineral de alta solubilidade, controle de organismos com agrotóxicos industrializados e manipulação genética de plantas (ALTIERI, 2004).

De acordo com Altieri (2002), os princípios básicos de um sistema agrícola autossustentável, de baixo uso de insumos externos, diversificado e eficiente deve ser transferido para um sistemas alternativos práticos e específicos, que sejam planejados de forma a atender as necessidades singulares de comunidades de agricultores, nas diferentes regiões agroecológicas do mundo. Para que seja sustentável deve recuperar a diversidade agrícola no tempo e no espaço, através de rotações de culturas, cultivos de cobertura, consorciações, e sistemas de cultivo-criação, entre outros.

Neste contexto, a agroecologia rompe com o paradigma da agricultura convencional, visto que a agricultura sobre as bases agroecológicas se apresenta mais ecológica e voltada na lógica do cuidado. A agroecologia é uma ciência que busca nutrir-se dos conhecimentos já acumulados historicamente pelos homens, onde a valorização do conhecimento tradicional é muito importante (GLIESSMAN, 2008).

Conforme Caporal e Costabeber (2004a), a agroecologia é uma ciência que proporciona as bases científicas, capaz de dar suporte a transição a estilos de agriculturas sustentáveis. Neste sentido, a agroecologia forma um novo paradigma não só na agricultura, mas na sociedade como um todo ao propor um novo modelo produtivo que é racional e ecológico (CAPORAL; COSTABEBER, 2004b).

Assim, para que os agroecossistemas adquiram equilíbrio, sejam autossuficientes e mais sustentáveis, a biodiversidade deve ser incrementada. Pois, a diversificação dos cultivos incluindo as espécies nativas contribui com o equilíbrio natural de controle em relação à herbívoros, doenças e plantas espontâneas, restaurando o controle natural ou biológico

(ALTIERI, 1999. Portanto, a diversidade da vegetação nos sistemas de produção contribui para a manutenção do agroecossistema equilibrado. Nesse sentido, o redesenho do agroecossistema permite organizar a biodiversidade funcional, de forma à elevar a diversidade de plantas (GLIESSMAN, 2007).

Nesse contexto, a utilização de diversas plantas vem sendo recomendadas dentro dos manuais destinados ao manejo de cultivos agroecológicos. Dentre essas plantas pode se citar as plantas bioativas, como estratégia tecnológica para a produção sustentável de alimentos.

Tanto a diversificação do sistema quanto a utilização das plantas bioativas apresentam importantes funções contribuindo para o equilíbrio do sistema. Essa diversidade pode e deve ser utilizada a favor dos agricultores familiares (RAUBER, 2016).

## 2.2 CULTIVOS CONSORCIADOS NA AGRICULTURA DE BASE ECOLÓGICA

O consórcio de plantas mostra-se como um dos métodos mais adequados para a prática da olericultura em moldes agroecológicos, pois são sistemas de cultivo onde ocorre o crescimento simultâneo de duas ou mais espécies de plantas na mesma área, com objetivo de permitir a interação benéfica (GLIESSMAN, 2000).

Possui inúmeros benefícios, como o aumento da produção por unidade de área em determinado período de tempo, melhor distribuição temporal de renda, aproveitamento mais adequado dos recursos disponíveis, diversificação da produção (ALTIERI et al., 2002), além da estabilidade econômica e biológica, mostra-se promissor para o pequeno agricultor de países tropicais que usam baixo nível técnico, menos terras aráveis, mão de obra abundante e menos capital de investimento (ALTIERI et al., 2003).

Nos últimos anos, muitos pesquisadores têm estudado a combinação de hortaliças com companheiros medicinais, aromáticos, condimentares, repelentes de insetos, mostrando que a introdução dessas espécies em modelos de produção agroecológica traz uma série de benefícios quando do consórcio (BRITO, 2018; CARVALHO et al., 2009; Oliveira et al., 2005; LUZ; SHINZATO; SILVA, 2007). À medida que a diversidade aumenta, aumentam também as oportunidades de coexistência e interações benéficas entre as espécies (ALTIERI et al., 2002).

O cultivo do tomateiro consorciado com plantas bioativas como o alecrim, tomilho, manjerição e coentro, revela-se como uma prática promissora, para o produtor de hortaliças, pois aumenta a biodiversidade funcional no sistema de produção, auxilia no controle de pragas, além do mais, contribui para a sua multifuncionalidade do agroecossistema (FENG et al., 2011; GARCIA et al., 2017; MAROUELLI et al., 2011; TRINGOVSKA et al., 2015).



Além da vantagem da diversificação ambiental, no que se refere a problemas fitossanitários, o consórcio do tomateiro com outras plantas pode ser uma alternativa para o aumento da produtividade e lucro por unidade de área entre os pequenos agricultores, tornando-se uma renda extra para o produtor (CARVALHO, 2009).

O manjeriço (*Ocimum basilicum*) é uma espécie aromática promissora para ser utilizada em sistema de cultivos consorciados. Outra espécie que é possível ser introduzida nos modelos agroecológicos de produção traz uma série de benefícios, mostrando-se promissoras quando em consórcio com hortaliças é o Coentro (*Coriandrum sativum*) (BRITO, 2018; NETO, 2020; MATASYOH, 2009). O alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e o tomilho (*Thymus Vulgaris*) também são espécies que podem ser uma alternativa para o cultivo consorciado, além disso possuem uma reconhecida capacidade de produção de compostos secundários (ALVES et al., 2004), atividade antifúngicas, pesticidas, antibacterianas e bioherbicida (CAZELLA et al., 2019; LORENZETTI et al., 2018; MARTINS et al., 2009).

No momento atual, os maiores desafios das pesquisas envolve a seleção de espécies a serem plantadas em conjunto, a forma de manejo e a viabilização desses sistemas na produtividade de hortaliças. Poucos são os trabalhos envolvendo consorcio entre hortaliças, principalmente com espécies medicinais como o alecrim, tomilho, manjeriço e coentro, sendo essa uma área de pesquisa com grandes possibilidades.

### 2.3 ÓLEOS ESSENCIAIS

Entre as alternativas viáveis para o combate às pragas está a utilização de produtos à base de moléculas de origem natural, como metabólitos de plantas medicinais que agem em outros organismos, sem efeitos adversos sobre os recursos naturais e sobre a saúde do homem (SCHWAN-ESTRADA et al., 2014). Tais moléculas são produto do metabolismo especializado das plantas, sintetizadas em sua grande maioria com função de defesa vegetal. Essas moléculas podem favorecer a sanidade da planta apresentando atividade antimicrobiana direta sobre o agente patogênico ou induzindo mecanismos de defesa nas plantas tratadas (HENDGES, 2019; STANGARLIN, 2011) como fitoalexinas, peroxidases e proteínas relacionadas à patogênese (LUCAS, 2012).

Entre as substâncias sintetizadas pelas plantas como metabólitos secundários, encontram-se os constituintes dos OE que são caracterizados por serem uma mistura complexa de substâncias voláteis lipofílicas, com baixa massa molecular, geralmente odoríferas e líquidas (BAKKALI et al., 2008). Em temperatura ambiente apresentam aspecto oleoso, tendo como

principal característica a volatilidade, a qual, permitem que eles sejam absorvidos e rapidamente eliminados do organismo através das vias metabólicas (MAIA; DONATO; FRAGA, 2015).

De acordo com Miranda (2010) os OE são armazenados em estruturas específicas, como pelos glandulares (Lamiaceae), canais oleíferos (Apiaceae), células parenquimáticas diferenciadas (Lauraceae, Piperaceae, Poaceae), bem como podem ser encontrados em diferentes órgãos das plantas, como flores (rosas), folhas (eucalipto), cascas (canela), rizomas (gingibre) e frutos(laranja).

Biologicamente, os OE, por serem voláteis, desempenham um papel importante na proteção das plantas, tal como alelopatia, defesa contra herbívoros, microrganismos, proteção contra raios ultra-violeta UV, e atração de polinizadores ou animais dispersores de sementes (FUMAGALI et al., 2008).

Caracterizados como compostos incolores, em geral são muito instáveis em presença de luz, calor e ar (PEREIRA, 2006). Isto posto, para que a eficácia de atuação das substâncias ativas dos OE sobre os microrganismos seja aplicável, a microencapsulação bem como a utilização de sistemas emulsionáveis, é uma alternativa para proteger tais substâncias destes efeitos, minimizar odores, além de promover uma liberação controlada do composto ativo em locais específicos (NEDOVIC et al., 2011).

### **2.3.1 COMPOSIÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS**

O OE de uma planta, pode variar em qualidade, quantidade e composição, em função de parâmetros climáticos, fase de desenvolvimento da planta, época da colheita e método de extração (MORAIS et al., 2009), interações entre planta/planta, planta/ microrganismos, plantas/insetos e, horário de coleta (DOURADO, 2012).

Quimicamente a estrutura dos OE é formada por uma mistura de diversas moléculas orgânicas, como hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, éteres, ésteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas e compostos de enxofre, os quais se dispõem em diferentes concentrações (MORAIS et al., 2009). Geralmente dois compostos são os majoritários que lhes confere os sabores e odores próprios seguido dos compostos traços, denominados minoritários (BRUM, 2014).

Os OE são principalmente constituídos de terpenos, substâncias cuja origem biossintética é o isopreno (2-metil-1,3-butadieno), provenientes da rota do ácido mevalônico ou mevalonato, porém, há alguns derivados do fenilpropanóides. São divididos em diferentes subclasses, de acordo com o número de unidades de isopreno presentes em suas estruturas,

como: hemiterpenos (C5), monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20), triterpenos (C30) e tetraterpenos (C40) e, quando ocorre a adição de elementos adicionais nas suas estruturas, geralmente o oxigênio, são denominados terpenoides (MIRANDA, 2010; CACCIONI E GUIZZARDI 1994; SOUZA; CAMPOLINA, 2021).

As plantas com maior teor de OE são as angiospermas dicotiledôneas, principalmente as que pertencem às famílias Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Myristicaceae, Piperaceae e Rutaceae, entre outras (SIMÕES; PETROVICK, 2003).

Vale destacar que é de suma importância o entendimento sobre o mecanismo de ação dos OE, pois as substâncias presentes em sua composição exercem alterações funcionais da estrutura celular dos fungos fitopatogênicos (COSTA et al., 2011). Sobre as bactérias, ocorre a degradação da parede celular, que com o rompimento desta barreira permeável, são comprometidas suas funções celulares, incluindo regulação metabólica e manutenção do estado energético (NAZZARO et al., 2013). Para os fungos, os OE podem ainda afetar a barreira de proteção dos esporos ou agir antes da sua formação, promovendo o desenvolvimento anormal e/ou rompimento dos tubos germinativos (DANTIGNY; NANGUY, 2009).

## 2.4 A CULTURA DO TOMATEIRO

Do ponto de vista da produção e comercialização, bem como da geração de empregos e renda, o tomate (*Solanum lycopersicum*) ocupa posição de destaque (OLIVEIRA, 2017). É uma das principais olerícolas comercializadas, visto que, ocupa o segundo lugar em importância econômica entre as hortaliças no Brasil, ficando atrás somente da batata (PEIXOTO et al., 2017).

O tomate com finalidade industrial deve ter controle das condições fitossanitárias mais rígidas por ser mais suscetível à incidência de pragas e doenças por causa do seu cultivo rasteiro (FAYAD; COMIN; BERTOL, 2016). Os tomates *in natura*, denominados tomates de mesa, necessitam de tratamentos culturais incluindo o estaqueamento ou tutoramento (FILGUEIRA, 2008). Os principais grupos de tomates para consumo são: Santa Cruz, Salada, Cereja e Italiano (EMBRAPA, 2018). Embora seja reconhecido que essas duas modalidades básicas de cultivo incluam tomates produzidos para distintos fins, diferindo conseqüentemente em termos de procedimentos de cultivo, índices técnicos e rendimento, os dados nacionais disponíveis em nível de município abrangem a produção brasileira de tomate, sem diferenciação em termos de finalidade, sistema de produção ou cultivar (BRITO, 2018).

O tomate (*Solanum lycopersicum*) está presente na mesa da população Brasileira nas formas *in natura*, molho e extratos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2020), a produção comercial de tomate está distribuída em 24 (vinte e quatro) unidades da federação, e a estimativa da produção brasileira é de 3,7 milhões de toneladas. Os cinco maiores estados produtores são: Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Paraná, que respondem por cerca de 78% do total nacional. O Paraná se encontra em quinto lugar no ranking nacional com 229 mil toneladas ou 6% do total produzido.

Segundo os dados do DERAL/SEAB 2020, o tomate é um alimento importante nutricionalmente e com alta concentração de licopeno, que é um poderoso antioxidante, capaz de proteger as células do nosso organismo, contra efeitos nocivos do excesso de radicais livres, reduzindo assim o risco de muitas doenças. O Brasil é um tradicional produtor e no mesmo período a produção estimada foi 4,1 milhões de toneladas, 10º lugar no ranking mundial. Os quatro maiores produtores mundiais são China, Índia, EUA e Turquia, e juntos são responsáveis por 55% do total mundial produzido.

Além de sua importância econômica, o tomate é uma hortaliça que possui grande valor nutritivo, é rico em vitaminas A e E, sendo fonte de licopeno, ácido fólico, flavonoides e potássio (SCHWARZ et al., 2013).

#### **2.4.1 Fitossanidade da Cultura do Tomateiro**

Apesar do cenário favorável da produção brasileira, o tomaticultor enfrenta grandes problemas de pragas e de doenças que dificultam o manejo da cultura. Como não há cultivares de tomateiros resistentes à maioria das doenças e ao ataque de pragas, a medida mais utilizada para o controle tem sido aplicação de fungicidas e de inseticidas, o que acarretam aumento de custos levando a contaminação dos frutos, oferecendo riscos à saúde de agricultores e consumidores (SILVA, 2019; VELOSO, 2016; VISMARA, 2019). Ocasionalmente ocasiona o desequilíbrio ecológico do ambiente, com a eliminação dos inimigos naturais e perda de biodiversidade, além do desenvolvimento de pragas resistentes (CHABOUSSOU, 2006; LENGAI; MUTHOMI; MBEGA, 2020).

A tomaticultura convencional tem figurado dentre as culturas de maior demanda por fertilizantes e agrotóxicos (ANVISA, 2020). O impacto dos agrotóxicos no meio ambiente não é repassado ao valor do produto, mas sim um custo absorvido por toda a sociedade.

O controle alternativo de fungos fitopatogênicos tem sido um tema amplamente discutido no contexto atual. Muitos produtos naturais, entre os quais os extratos e os OE de

plantas medicinais, condimentares e aromáticas, apresentam potencial para o manejo de doenças de plantas (JIMÉNEZ-REYES et al., 2019; SIMON et al., 2016).

Portanto, conclui-se que as espécies vegetais podem ser uma fonte muito rica na produção de bioherbicida, ou biofungicida, que auxilia no sistema de cultivo. Além disso, são baratos, disponíveis localmente, não tóxicos, e são facilmente degradáveis (JANTASORN et al., 2016). A crescente demanda mundial por insumos menos tóxicos e alimentos livres de resíduos de pesticidas justifica a busca por fungicidas alternativos visando o controle de doenças de plantas na agricultura (BETTIOL et al., 2004; KOBAYASHI; AMARAL, 2018; MAIA; DONATO; FRAGA, 2015).

O tomateiro destaca-se por apresentar amplo histórico de problemas fitossanitários, responsáveis por perdas significativas na produção (MAZON, 2016). Sendo que as principais doenças são causadas por vírus, bactérias, fungos e nematoides (KUROZAMA & PAVAN, 2005a).

#### 2.4.1.1 *Septoria lycopersici*

Dentre as doenças do tomateiro tem destaque a septoriose, causada pelo fungo *Septoria lycopersici* Speg. A doença ocorre praticamente em todas as regiões produtoras de tomate do mundo, sendo mais comum em épocas quentes e chuvosas (PEREIRA et al., 2013). O fungo produz conídios hialinos, longos, finos, com três a nove septos em conidióforos curtos de 60 a 120µm e largura de 2 a 4µm, que se formam no interior de estruturas denominadas picnídios, globosos, ostiolados e escuros. A massa conidial desse fungo apresenta coloração rosada, salmão ou marrom-escuro. O micélio é hialino, ramificado e septado (LOPES e ÁVILA, 2005).

A doença ocorre inicialmente nas folhas baixas logo após o início da frutificação, mas também pode ocorrer nos pecíolos, caule e flores da planta, mas raramente nos frutos. Inicialmente os sintomas aparecem na face inferior das folhas na forma de pequenas manchas encharcadas de formato circular a elíptico, medindo de 2 a 3 mm de diâmetro. À medida que a doença se desenvolve, as lesões adquirem coloração marrom acinzentada no centro com bordas escurecidas e halo amarelado estreito ao redor, podendo atingir até 5 mm de diâmetro. Em ataques severos as lesões coalescem, as folhas amarelecem, secam e caem. Com o passar do tempo a doença pode progredir de forma ascendente na planta, iniciando nas folhas baixas em direção as folhas mais novas, causando severa desfolha da planta (CABRAL et al., 2013).

A septoriose é favorecida por períodos de alta umidade, temperaturas moderadas e longos períodos de molhamento foliar. As temperaturas consideradas ótimas para infecção e

evolução da doença variam de 16 a 28 °C (ótima de 25 °C). Para que o fungo possa infectar as plantas, é necessária umidade relativa acima de 90% por um período mínimo de 48 a 72 horas. Os conídios são liberados dos picnídios em condições de alta umidade, formando cirros, aglutinados entre si por uma substância mucilaginosa que é dissolvida quando em contato com água, dispersando assim os conídios que passam a ser disseminados pelo impacto das gotas de água da chuva ou da irrigação (LOPES et al., 2005).

Os primeiros sintomas da doença são observados de 6 a 7 dias após a inoculação. A principal via de sobrevivência do patógeno são os restos de cultura. A sua disseminação geralmente ocorre por sementes e por mudas infectadas, ação de ventos, respingos de água de chuvas e de irrigação etc (KUROZAMA & PAVAN, 2005 a).

O manejo da doença se faz através de mudas saudáveis, eliminando restos de cultura, plantas voluntárias e lavouras velhas. O controle da septoriose é realizado comumente com a aplicação foliar de fungicidas de contato e sistêmicos, muitas vezes já utilizada no controle da pinta preta e da requeima (PEREIRA, 2013).

## 2.5 INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA

Constantemente as plantas passam por diversas situações de estresse e conseguem expressar respostas de defesa com objetivo de retornar ao metabolismo normal (SOARES; MACHADO, 2007). Independente da chegada do patógeno ao sítio de infecção, as plantas naturalmente possuem uma resistência baseada em barreiras e mecanismos de defesa já existentes (BARROS et al., 2010). Além disso, as plantas possuem outros mecanismos de defesa que permanecem inativos ou latentes, sendo ativados e expressados após serem expostas a agentes de indução (BONALDO; PASCHOLATI; ROMEIRO, 2005).

Essa indução resulta em diferentes alterações fisiológicas e metabólicas que estão correlacionadas com mudanças na atividade de enzimas-chaves nos metabolismos primário e secundário. Dentre os mecanismos de defesa da planta que podem ser ativados destacam-se as enzimas, como a peroxidase, envolvida no processo de lignificação celular, polifenoloxidase que transforma fenóis em quinonas tóxicas aos microrganismos, e fenilalanina amônia-liase, enzima precursora da síntese dos fenilpropanóides envolvidos na defesa vegetal (LORENZETTI et al., 2018; RESENDE et al., 2003).

Embora haja várias pesquisas visando o desenvolvimento de técnicas economicamente viáveis para indução de resistência, várias etapas das cadeias de respostas químicas ainda são

desconhecidos. Nesse contexto produtos naturais para controle de patógenos de plantas têm sido tópicos de várias revisões. Muitos compostos naturais assim como extratos de plantas, e OE com propriedades bactericidas e fungicidas, e atividade fungitóxica já foram descritos na literatura (ABDOLLAHI et al., 2011; ANTONIO et al., 2013; KARPIŃSKI, 2020; BONALDO et al., 2004). A inibição do desenvolvimento de fungos pode ser tanto por sua ação direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, quanto pela indução de resistência a diversos patógenos (DEUS et al., 2011; PERINI et al., 2011; SEIXAS et al., 2011; GARCIA et al., 2012; PASSOS et al., 2012). São produtos que apresentam uma meia-vida curta já que as estruturas químicas estão presentes na natureza e são, portanto, de fácil degradação (WILLETT et al., 2019).

Vismara (2019) em seu estudo avaliou os OE de citronela (*Cymbopogon* sp. Spreng.), guaçatonga (*Casearia sylvestris* Sw.), melaleuca (*Melaleuca* sp. L.), patchouli (*Pogostemon* sp. Benth.) e pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), onde mostrou o potencial dos mesmo no controle alternativo de *Botrytis cinerea in vitro* e na indução de resistência em morangos ao mofo cinzento em pós-colheita. Segundo a autora a identificação química dos componentes dessas plantas fornecem subsídios para a prospecção de novos produtos naturais, como também, para adoção de práticas alternativas de manejo.

Diante do exposto, o estudo de enzimas, sejam elas enzimas antioxidativas ou relacionadas à patogênese, é fundamental na fitopatologia, visto que, praticamente, todas as respostas da planta envolvem processos metabólicos, os quais são regulados por diversos complexos enzimáticos (BROETTO, 2014). À esses processos inclui-se a resistência sistêmica induzida, a qual possibilita o surgimento de novas estratégias de controle e manejo de doenças. A aplicação dessa nova tecnologia reduz o uso dos defensivos tradicionais, o que vem de encontro com a preocupação mundial no que diz respeito à preservação do meio ambiente e redução da poluição (BARROS et al., 2010).

Mudanças na atividade da enzima peroxidase têm sido correlacionadas a resposta de resistência ou suscetibilidade em diferentes patossistemas, atuando na oxidação de componentes da parede celular numa ação preventiva contra a penetração de patógenos (STANGARLIN et al., 2011).

Para Araujo e Menezes (2009) e Kuhn (2006) o grupo de peroxidases são bastante estudadas por apresentarem papel importante na defesa das plantas contra fitopatógenos e na maioria dos casos o aumento de sua atividade está relacionada com a redução da severidade da doença. As peroxidases, classificadas como proteínas relacionadas à patogênese, pertencentes a família PR-9 (PASSARDI et al., 2005).atuam no processo de lignificação das células vegetais

sendo essenciais para a formação da lignina, a qual pode afetar o desenvolvimento fúngico, seja através de bloqueio físico, tornando as paredes celulares mais resistentes à penetração mecânica, seja pela redução da difusão de nutrientes para o fungo, bem como de toxinas e enzimas fúngicas para a planta (LORENZETTI et al., 2018).

As polifenoloxidasas também estão associadas a respostas de defesa das plantas, sendo geralmente elevadas em tecidos infectados. Tanto as peroxidases como as polifenoloxidasas lideram a degradação oxidativa de compostos fenólicos como mecanismo de defesa (Barros et al., 2010). Segundo Araujo e Stadnik (2013), as plantas resistentes apresentam atividade de peroxidase mais elevada quando em comparação com plantas suscetíveis, em geral associada ao rápido reconhecimento da presença do patógeno e da ativação de defesas eficazes contra o invasor.

A polifenoloxidase é uma importante enzima para as plantas e geralmente está presente em alta concentração em tecidos infectados. Sua ação ocorre através da hidroxilação de monofenóis para o-difenóis e então para quinonas. A provável importância da atividade da polifenoloxidase está na propriedade de oxidar compostos fenólicos para quinonas, que para os microrganismos são mais tóxicas que o fenol original (AGRIOS, 2005; CAMPOS; SILVEIRA, 2003).

As polifenoloxidasas permanecem intracelularmente, em sua grande maioria em estado inativado, dentro dos tilacóides nos cloroplastos, separadas dos compostos fenólicos, que estão compartimentalizados nos vacúolos, mas pequena parte pode estar extracelularmente na parede celular (MAYER; STAPLES, 2002; TRAN; TAYLOR; CONSTABEL, 2012). À medida que ocorre a ruptura da célula ocasionada por ferimentos, ação de insetos ou patógenos, ou ainda, senescência, as polifenoloxidasas são liberadas e iniciam o processo de oxidação dos compostos fenólicos (MOHAMMAD e KAZEMI, 2002; THIPYAPONG et al., 2004).

No processo de defesa celular, em específico, na ação contra fitopatógenos, a enzima é liberada dos tilacóides após a ruptura da célula pelo processo de penetração do patógeno, oxidando os compostos fenólicos que também são liberados dos vacúolos, produzindo quinonas (THIPYAPONG et al., 2004), que apresentam ação antimicrobiana (LIU et al., 2005; MOHAMMAD e KAZEMI, 2002). As polifenoloxidasas também participam do processo de lignificação durante a invasão do patógeno (JUNG et al., 2004; MOHAMMAD e KAZEMI, 2002).

A fenilalanina amônia-liase é uma enzima de elevada importância nas reações do metabolismo dos compostos fenólicos, responsável pela desaminação da L-fenilalanina, transformando-a em ácido trans-cinâmico e amônia, desencadeando reações metabólicas que,



por sua vez, geram produtos baseados em fenilpropanos, incluindo a lignina (STANGARLIN et al., 2011b)

Sua atividade pode ser reguladora da biossíntese de fitoalexinas derivadas dos fenilpropanóides (PASCHOLATI, 2011) e induzida pela suplementação exógena de eliciadores como o ácido salicílico e o metil jasmonato (YAO; TIAN, 2005). Envolvida na resistência a pragas e patógenos, a fenilalanina amônia-liase é uma enzima chave para todas as vias de síntese de compostos fenólicos. Sua produção ocorre durante o crescimento vegetal, sendo também induzida em células vizinhas a infecção por vários estímulos como ferimentos, infecção, luz, reguladores de crescimento e contaminação por metais pesados (RAHMAN; PUNJA, 2005). Diferentemente das polifenoloxidasas e peroxidases a fenilalanina amônia-liase atua sobre um substrato específico, a fenilalanina, porém é codificada por múltiplos genes, podendo ter várias combinações entre os monômeros da enzima, cuja combinação depende do indutor (DIXON; PAIVA, 1995).

## 2.6 PLANTAS BIOATIVAS UTILIZADAS

As plantas bioativas teste constituíram quatro espécies de ocorrência comum no Território da Cantuquiriguaçu, sendo o alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), tomilho (*Thymus vulgaris* L.), manjerição (*Ocimum basilicum* L.) e coentro (*Coriandrum sativum* L.) sendo todas espécies cultivadas. Essas espécies são comumente cultivadas em hortas, podendo ter diferentes usos, como por exemplo a utilização em rotações de cultura, em consórcios ou com a utilização de seus derivados (BRITO, 2018; COSTA et al., 2019; FRANCIO, 2020; REGINA; GHERARDI, 2020; SIMON et al., 2016).

### 2.6.1 Alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.)

O alecrim é uma planta medicinal da Família Lamiaceae, subarbusto de origem Europeia, com folhas estreitas e pequenas, com forte fragrância, e flores azuis, também conhecida como rosmarim ou rosa marinha. O OE de alecrim é obtido de todas as partes da planta (BARACUHY et al., 2014), e é constituído por uma mistura de componentes voláteis o que caracteriza o odor típico, entre eles estão principalmente o 1,8- cineol,  $\alpha$ -pineno e a cânfora (BARATTA et al., 1998; SOYLU; KURT; SOYLU, 2010).

As propriedades terapêuticas presentes em seu OE apresentam atividade antisséptica, antifúngica, inseticida, antioxidante, adstringente, antimicrobiana, anti-inflamatória e antitumoral (FONSECA, 2012; RAŠKOVIĆ et al 2014).

### 2.6.2 Tomilho (*Thymus vulgaris* L.)

O tomilho também conhecido por arçã, arçanha, erva urso e timo, é uma planta da família Lamiaceae que compreende 150 gêneros, com cerca de 2800 espécies distribuídas em todo o mundo, nativa do Mediterrâneo (JAKIEMIU et al., 2010).

Segundo Correia (1984), o tomilho é classificado como um subarbusto de ciclo perene cuja altura pode variar entre 10 e 30 cm, muito aromático, possui caules lenhosos, eretos ou ascendentes. Suas folhas são pequenas, lanceoladas ou lineares, e com flores pequenas de coloração rósea ou esbranquiçada. OE de flores e folhas de tomilho apresenta timol e carvacrol como componentes majoritários e grande concentração de terpenos, sesquiterpenos e hidrocarbonetos alifáticos (LORENZETTI et al., 2018).

Apesar de ser um composto fenólico, o timol é considerado terpenóide, mais especificamente um monoterpene, devido à via biossintética de que se origina, isso permite uma gama de propriedades medicinais, como ação antisséptica, antifúngica e bactericida de seus componentes, e ainda a aromatização de alimentos na indústria alimentícia (PORTE; GODOY, 2001).

### 2.6.3 Manjericão (*Ocimum basilicum* L.)

O manjericão pertence à família Lamiaceae é originária da Índia, e ganhou espaço na Ásia, África, América, e inclui mais de 150 espécies e variedades. Devido aos OE compostos por monoterpene, sesquiterpenos e compostos fenólicos, possuem fortes propriedades aromáticas (AKLADIOUS, 2015; TROMBETTA, et al., 2005). É conhecido popularmente como alfavaca, alfavaca-doce, manjericão-doce, manjericão-de-flor-branca, manjericão-de-folha-larga, manjericão-dos-cozinheiros, manjericão-de-molho, manjericão-grande, remédio-de-vaqueiro e erva-real. É um arbusto de ciclo anual, porém, pode ser cultivado como perene, com caule herbáceo ereto, e com várias ramificações, apresenta flores brancas, róseas ou lilás (CLEMENTE, 2013). O manjericão é cultivado em regiões subtropicais e regiões temperadas. Sua propagação pode ser por sementes ou estacas (SILVA, 2019).

Existem alguns trabalhos que relatam o uso do OE de manjericão (*Ocimum basilicum*) com diferentes finalidades como repelente, na ação e na inibição do desenvolvimento micelial e esporulação de fungos patogênicos, na medicina popular como antiespasmódico, anti-inflamatório e calmante, sendo que todas essas ações ocorrem ao efeito inibidor do linalol sobre as ligações glutamato (VENDRUSCOLO; MENTZ, 2006).

O gênero *Ocimum* possui compostos aromáticos como metil eugenol, linalol e, principalmente, eugenol, que são os constituintes mais importantes do OE de manjericão

(NETO, B.P, 2020). Seus constituintes químicos são derivados principalmente de terpenóides como monoterpenos e sesquiterpenos e fenilpropanos (MIRANDA et al., 2016)

Vieira et al. (2012) trabalhando com consórcio de alface e manjeriço observaram valores maiores que 1,0 para a razão de área equivalente, indicando a viabilidade deste consórcio. Hendges et al. (2019) estudando o consórcio de couve com espécies aromáticas condimentares, observaram que o consórcio de couve e manjeriço (*Ocimum basilicum*) possibilitou a obtenção de um uso de eficiência de terra de 1,06, o que viabilizou o consórcio.

#### **2.6.4 Coentro (*Coriandrum sativum* L.)**

O coentro planta da família Apiaceae, é uma hortaliça folhosa aromática, condimentar que também apresenta propriedades medicinais, sendo cultivado em praticamente todos os países do mundo, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Destaca-se por sua adaptação aos diversos tipos de cultivo, tais como os sistemas convencional e orgânico, cultivo protegido, fertirrigado e hidroponia. (REIS; LOPES, 2016). Conhecido como salsa-mexicana ou coriandro, é uma cultura anual, cultivada no inverno ou verão, dependendo das condições climáticas. Sua propagação ocorre através da semente (CLEMENTE, 2013), também utiliza-se seus frutos e suas folhas.

A palavra “coentro” deriva do grego kóris (Koriandron) que significa percevejo (CORRÊA, 1984) devido ao acentuado aroma das folhas, flores e sementes. Trata-se de uma erva anual, glabra, com a raiz pivotante do tipo fusiforme e que pode atingir alturas que vão de 30 a 60 cm na fase vegetativa e até 140 cm durante a floração. A espécie possui caule ereto e simpodial. Os galhos possuem coloração verde, podendo se tornar violeta durante a época da floração, e terminam com uma inflorescência.

Neto (2020) afirma que a consorciação de coentro com outras espécies traz diversificação produtiva e econômica, o que pode ser benéfico devido à sazonalidade do mercado bem como a um maior aproveitamento da área. Oliveira et al. (2005), trabalhando com o consórcio de coentro e alface, observaram que a combinação das duas culturas foi mais vantajosa do que seus monocultivos. Resende et al. (2010), verificaram melhores índices de equivalência de área cultivada em consórcio de coentro e couve. Do mesmo modo (OLIVEIRA 2019; GRANGEIRO et al., 2008) também observaram vantagem agroeconômica em consórcio de coentro e rabanete, demonstrando ganhos na produtividade do consórcio em relação ao monocultivo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul – PR, e na casa de vegetação localizada na área experimental da instituição. O município de Laranjeiras do Sul, está localizado a 25°40' de latitude Sul, 52°42' de latitude Oeste, e altitude de 841 metros. A temperatura média anual em Laranjeiras do Sul é 17,4 °C, com pluviosidade média anual de 1800 mm.

#### 3.1 OBTENÇÃO E MANUTENÇÃO DO ISOLADO

O fungo *Septoria lycopersici* foi obtido de plantas de tomateiro com sintomas de septoriose, em propriedades rurais no município de Laranjeiras do Sul-PR, e isolado no laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul. Pequenos fragmentos de folha foram removidos contendo a lesão e submetidos à assepsia com etanol 50% por 30 segundos, em seguida submergidos em solução de hipoclorito de sódio a 1% por mais 30 segundos e finalmente foram submetidos por três lavagens em água destilada estéril. Após o processo de assepsia, os fragmentos de folha foram depositados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA, vedadas com papel filme e mantidas em câmara BOD a 25 °C. O isolado obtido foi cadastrado no Sistema de Gestão de Patrimônio Genético e de Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) com número A1C697A.

#### 3.2 OBTENÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Nos experimentos foram avaliados os OE de alecrim, tomilho, manjerição e coentro. Os OE foram adquiridos das empresas Laszlo®. Foram avaliados nas concentrações de 0, 0,1%, 0,5% e 1%. Para o preparo das diluições foi utilizada água destilada contendo Tween-20 a 0,1%.

#### 3.3 ANÁLISE DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os ácidos graxos e terpenos presentes nas amostras foram identificados utilizando cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massa, marca Shimadzu, modelo GCMS-

QP2010 Ultra, equipado com coluna capilar de sílica fundida DB 5 ms (5% difenil, 95% dimetipolisiloxano) de 30 m com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura de filme de 0,25 µm. Foi usado hélio como gás de arraste, numa velocidade linear de 43 cm s<sup>-1</sup>. As condições de operação foram: injetor no modo Split (1:5) com temperatura de 210 °C; interface em 210 °C; temperatura programada da coluna: temperatura inicial 50 °C mantida por 1 minuto, aquecimento numa taxa de 5 °C min<sup>-1</sup> até 130 °C, aquecimento numa taxa de 7 °C min<sup>-1</sup> até 183 °C e mantida por 10 minutos, aquecimento numa taxa de 10 °C min<sup>-1</sup> até 210 °C mantida por 5 min. O espectrômetro de massa foi ajustado para varredura de 35 a 500 m/z. Foram injetados 2 µL de cada amostra de maneira manual. Os compostos foram identificados através da comparação do espectro de massa usando as bibliotecas NIST11 e NIST11s.

A concentração utilizada de cada OE foi de 20 µL em 10 mL de hexano, e a diluição em 100 µL da concentração em 1,9 ml de hexano. A identificação dos componentes das amostras analisadas foi realizada pela comparação de seus espectros de massas com os dados de referência a partir da base de dados do equipamento.

### 3.4 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os testes *in vitro* da ação de OE de plantas biotivas sobre a germinação de conídios de isolados de *S.lycopersici* ocorreram em meio ágar-água (ágar a 2%) (AA), nas concentrações de 0, 0,1%, 0,5% e 1% dos OE de alecrim, tomilho, manjerição e coentro.

Para o método direto os OE foram incorporados ao meio de cultura AA, e após depositados 1 mL sobre a lâmina de microscopia, com o auxílio de uma pipeta. As lâminas foram mantidas em placas de Petri. Após a solidificação dos meios, as lâminas receberam a deposição de 0,35 µL da suspensão de esporos. Para o método indireto, os OE foram aplicados em pequenos fragmentos de gaze (4 cm<sup>2</sup>), fixados na parte interna da tampa das placas de Petri, sem o contato direto com os esporos.

As placas foram mantidas em câmara tipo BOD por 24 horas a 25° C e ausência de luz, e avaliados em microscópio ótico, quanto à inibição da germinação dos conídios. Foram considerados conídios germinados aqueles que apresentaram tubos germinativos maiores que o menor diâmetro do esporo. Foram avaliados 50 esporos para cada repetição. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 4 x 4 (óleos essenciais de quatro espécies em quatro concentrações cada). Também foram avaliados o tamanho dos

tubos germinativos dos esporos germinados através da medição de 8 tubos germinativos por parcela.

### 3.5 AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO CRESCIMENTO MICELIAL DO ISOLADO DE *S.lycopersici* SOB AÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os testes *in vitro* da ação de OE sobre o crescimento micelial de *S. lycopersici*, foram realizados em meio BDA, nas concentrações de 0, 0,1%, 0,5% e 1% dos OE alecrim tomilho, manjeriço e coentro. Os OE foram incorporados ao meio de cultura BDA após a autoclavagem e antes de serem vertidos para placas de Petri. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial 4 x 4 (OE de quatro espécies em quatro concentrações cada). Uma hora após o meio ter sido vertido, um disco da cultura com 5 mm de diâmetro, contendo micélio do fungo, foi retirado de colônias com sete dias de cultivo em BDA e transferido para o centro de placas, as quais foram vedadas com filme plástico e incubadas a 25°C em escuro. As avaliações foram realizadas por medições (média de duas medidas diametralmente opostas) usando-se paquímetro digital para medir o diâmetro das colônias, totalizando 3 épocas de avaliação, com diferença de 7 dias entre cada uma, momento em que as colônias fúngicas apresentaram colonização de cerca de 3/4 da superfície do meio de cultura.

Com base nos dados obtidos, foi calculada a área abaixo da curva de progresso do crescimento micelial (AACCM), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{AACCM} = \sum [(Y_i + Y_{i+1}) \cdot 2 - 1 \cdot (T_{i+1} - T_i)], \text{ onde:}$$

**AACCM** = área abaixo da curva de progresso do crescimento micelial;

**Y<sub>i</sub>** = incidência na época da avaliação, e

**T<sub>i</sub>** = idade da planta na época da avaliação.

### 3.6 EXPERIMENTO DE PROTEÇÃO EM PLANTAS COM CONSÓRCIOS

Para os experimentos em casa de vegetação foi utilizada a cultivar de tomateiro Santa Cruz Kada, por ser comumente utilizada por agricultores embora seja suscetível as principais doenças da cultura. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno de 200 células, contendo substrato comercial Plantmax®. Aos 30 dias após a semeadura as mudas foram transplantadas para vasos, com capacidade para 10 litros, nos quais foram utilizados como

substrato a mistura de solo, areia e húmus de minhoca na proporção de 3:1:1 v/v/v. As plantas bioativas foram transplantadas juntamente com as plantas de tomateiro, sendo mantidas em cada vaso uma planta bioativa e uma planta de tomateiro, distanciados aproximadamente 12 cm.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições onde cada repetição consistiu-se de um vaso contendo uma planta de tomateiro e uma planta bioativa. Foram avaliados cinco tratamentos, sendo as quatro espécies plantas bioativas mais uma testemunha (sem planta bioativa). Foi utilizada uma proteção plástica entre os vasos para evitar interferência entre as parcelas. Aos 30 e 60 dias após o transplante foi medida a altura das plantas de tomateiro com auxílio de trena. Também foi realizada a colheita dos frutos, por ocasião da maturação, para quantificação, avaliação de peso. Amostras de folhas do terço médio das plantas foram coletadas 30 dias após o transplante. Essas amostras foram congeladas e armazenadas a -20 °C para análises bioquímicas.

### 3.7 EXPERIMENTO DE PROTEÇÃO EM PLANTAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS

Em outro experimento em casa de vegetação foi realizada a avaliação da ação protetora dos OE contra *S. lycopersici* em plantas de tomateiro.

Esse experimento foi realizado nos moldes do anterior, mas nesse caso, foram realizadas aplicações dos OE de manjeriço, alecrim, tomilho e coentro na concentração de 0,5%, e não foram utilizados consórcios com as plantas bioativas.

Cada OE foi diluído em água destilada com o tensoativo hidrofílico Tween<sup>®</sup> 20 a 0,1%. Os tratamentos foram aplicados por aspersão até ponto de escorrimento, nas plantas com 30 dias de transplante. A testemunha teve apenas água com Tween<sup>®</sup>20 a 0,1%. Utilizou-se proteção plástica individual para cada repetição. Houve infecção natural com *S. lycopersici* devido a presença de plantas sintomáticas em área próxima ao experimento.

Durante a condução dos experimentos foi realizada a avaliação da incidência e severidade de doenças na cultura do tomateiro. As avaliações foram realizadas 7 dias após aspersão dos óleos, foram contabilizadas as folhas que apresentavam sintoma de doença fúngica foliar com auxílio de escala diagramática (JAMES, 1971).

### 3.8 ANÁLISES BIOQUÍMICAS

Para realização das análises bioquímicas, as amostras de tecido foliar, foram coletadas aos 30 dias após plantio nos tempos de 0, 24, 48, 72 e 96 horas. Armazenadas separadamente

em temperatura de refrigeração, e posteriormente homogeneizadas em 4 mL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0) contendo 1% (p/p) de PVP (*polivinil-pirrolidona*), em almofariz de porcelana. O homogeneizado foi centrifugado a 14.500g durante 20 min a 4°C. O sobrenadante obtido, considerado como extrato enzimático, foi utilizado para a determinação da atividade enzimática. Todo material empregado ficou mantido sob refrigeração. Foram avaliadas substâncias relacionadas a defesa das plantas, como enzimas peroxidases, polifenolxidasas e fenilalanina amônia-liase.

A atividade das polifenoloxidasas foram determinadas conforme a metodologia proposta por Duangmal e Apenten (1999). Para tanto, o substrato para enzima foi composto por catecol, na concentração de 20 mM, dissolvido em tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 6,8). A reação foi conduzida misturando-se 900 µL do substrato e 100 µL do extrato enzimático seguida de leituras em espectrofotômetro, a 420 nm. As leituras foram realizadas de forma direta por um período de 2 min. Os resultados foram expressos em absorbância  $\text{min}^{-1}$  mg de proteína<sup>-1</sup>.

A atividade de peroxidases foi determinada pela medida da conversão do guaiacol em tetraguaiacol (LUSSO; PASCHOLATTI, 1999), a 470 nm, sendo a mistura constituída de 0,2 ml de extrato proteico e 2,8 ml do substrato para enzima (306 µL de peróxido de hidrogênio P.A., 12,5 ml de guaiacol a 2% e 87,5 ml de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0), conduzida a 30°C por 1 min. Para polifenoloxidase mediu-se a oxidação do catecol em quinona por 1 minuto a 420 nm (DUANGMAL; APENTEN, 1999).

A atividade de fenilalanina amônia-liase foi determinada pela metodologia descrita por Umesha (2006), onde a atividade de fenilalanina amônia-liase consistiu da diferença entre a absorbância da mistura contendo amostra e do controle (100 µL de extrato enzimático e 900 µL de tampão Tris-HCl 0,025 M (pH8,8), a qual foi plotada em curva padrão para ácido trans-cinâmico e expressa em mg de ácido trans-cinâmico  $\text{h}^{-1}$  mg proteína<sup>-1</sup>.

O conteúdo de proteínas totais foi determinado pelo método de Bradford (1976). Para isso, foram homogeneizados 600 µL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0), 200 µL do extrato enzimático e 200 µL de reagente de Bradford (250 mg de corante Coomassie Brillant Blue G-250, 125 mL de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) e 125 mL de água destilada). A determinação do conteúdo de proteínas foi realizada através da leitura da absorbância a 595 nm em espectrofotômetro. Cada amostra foi formada por três réplicas. A cubeta de referência foi constituída de 800 µL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0) e 200 µL do reagente. A absorbância foi plotada em curva padrão para proteína. Os resultados foram expressos em mg proteína<sup>-1</sup> mL amostra<sup>-1</sup>.



#### **4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS**

Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições para a avaliação de atividade antifúngica e antibacteriana, e cinco repetições para análise da proteção em plantas. Os resultados foram submetidos a testes de homogeneidade e normalidade, sendo realizada a transformação dos dados quando pertinente. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão nos experimentos com diferentes concentrações de OE, ou teste de Tukey a 5% de probabilidade na comparação entre plantas bioativas. As análises foram realizadas com auxílio do sistema computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Em relação à composição química, no OE de manjeriço foram identificados 10 compostos, ressaltando-se que os majoritários foram beta-linalol (46,66%), 1,8- cineol ou eucaliptol (23,55%), canfora (11,91%) e cumeno (4,90%). No OE de Alecrim alfa-pineno (24,92%), eucaliptol (24,39%), cânfora (22,54%) e canfeno (10,37%).

Para o OE de Coentro foram reconhecidos nove compostos, sendo como majoritários o beta-linalol (46,10%), cis-2-decenal (16,16%), trans-2- decenol (11,87%) e aldeído caprico (7,18%). Tomilho, foi identificado a presença de oito composto, cimeno (51,14%), timol (16,06%), canfeno (11,65%), e 2- hidroxip-cimeno (10,04 %). Na (Tabela 1) estão apresentados os resultados.

Tabela 1. Perfil dos composto dos óleos essências de manjeriço (*Ocimum basilicum*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*) e coentro (*Coriandum sativum*).

| Perfil dado pela área relativa de cada composto (média ± sd) |                   |  |                    |              |              |              |              |
|--|-------------------|--|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tempo de retenção (min)                                      | Fórmula molecular | Nome   | Alecrim            | Coentro      | Manjeriço    | Tomilho      |              |
| 1  | 6,92              | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | alfa-Pineno        | 24,92 ± 0,62 | 2,86 ± 0,13  | 1,83 ± 0,12  | 4,15 ± 0,03  |
| 2  | 7,29              | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | Canfeno            | 10,37 ± 0,42 | -            | -            | 11,65 ± 0,50 |
| 3  | 7,64              | C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>                 | Cumeno             | -            | -            | 4,90 ± 0,12  | -            |
| 4  | 8,03              | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | beta-Pineno        | 5,42 ± 0,20  | -            | 2,30 ± 0,13  | -            |
| 5  | 8,41              | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                | beta-Mirceno       | 2,10 ± 0,10  | -            | -            | 2,16 ± 0,06  |
| 6  | 9,34              | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>                | p-Cimeno           | -            | 2,02 ± 0,08  | -            | 51,14 ± 0,62 |
| 7  | 9,52              | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | Eucaliptol         | 24,39 ± 0,67 | -            | 23,55 ± 0,45 | -            |
| 8  | 11,19             | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              | Fenchona           | -            | -            | 1,33 ± 0,05  | -            |
| 9  | 11,59             | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | beta-Linalol       | -            | 46,10 ± 0,83 | 40,66 ± 1,16 | 0,80 ± 0,06  |
| 10   | 12,74             | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O              | Canfora            | 22,54 ± 1,21 | -            | 11,91 ± 0,68 | -            |
| 11   | 13,40             | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | endo-Borneol       | 2,58 ± 0,23  | -            | -            | -            |
| 12   | 14,13             | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | alfa-Terpineol     | 1,26 ± 0,10  | -            | 1,39 ± 0,11  | 3,04 ± 0,03  |
| 13   | 14,52             | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O              | Aldeído Caprico    | -            | 7,18 ± 0,14  | -            | -            |
| 14   | 16,10             | C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O              | cis-2-Decenal      | -            | 16,16 ± 0,31 | -            | -            |
| 15   | 16,44             | C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O              | trans-2-Decenol    | -            | 11,87 ± 0,40 | -            | -            |
| 16   | 16,80             | C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> | Acetato de Bornila | 1,62 ± 0,16  | -            | -            | -            |
| 17   | 16,99             | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O              | Timol              | -            | -            | -            | 16,06 ± 0,38 |
| 18   | 17,26             | C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O              | 2-Hidroxip-cimeno  | -            | -            | -            | 10,04 ± 0,78 |
| 19   | 19,66             | C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O              | Dodecanal          | -            | 3,49 ± 0,18  | -            | -            |
| 20   | 19,95             | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | beta-Cariofileno   | 1,36 ± 0,16  | -            | 1,54 ± 0,01  | -            |
| 21   | 20,76             | C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O              | 2-Dodecenal        | -            | 5,07 ± 0,23  | -            | -            |
| 22   | 21,03             | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                | gama-Muuroleno     | -            | -            | 2,76 ± 0,06  | -            |
| 23   | 23,74             | C <sub>13</sub> H <sub>24</sub> O              | trans-2-Tridecenal | -            | 2,75 ± 0,09  | -            | -            |
|  |                   |  | Outros             | 3,43         | 2,52         | 7,85         | 0,96         |

Comparando os resultados deste trabalho com outros estudos, a composição química dos principais constituintes do OE de manjeriço mostrou-se semelhante aos identificados neste

estudo, mas em diferentes concentrações. Luz et al. (2009) avaliando os constituintes químicos do OE de dois genótipos de manjerição encontraram os seguintes compostos 1,8-cineol (2,3% e 4,5%), linalol (60,5% e 64,0%), geraniol (9,0% e 8,2%), calareno (1,7% e 2,8%) e d-germacreno (2,9% e 3,8%).

Vasconcelos et al.(2021) analisando a composição química do OE de manjerição coletadas em diferentes horários e com diferentes tempos de extração, afirmam que os compostos majoritários foram o eugenol,  $\beta$ -linalool e muurolol, sendo o maior rendimento para eugenol (74%) ,  $\beta$ -linalool (16%) e muurolol (6%) . Lopes (2021) afirma que os compostos majoritários foram estragol (54,80 %), eucaliptol (13,54%) e linalol (8,25%). Atribui-se a atividade antimicrobiana dos OE de principalmente aos terpenos presentes em sua composição, como por exemplo, o carvacrol e o 1,8- cineol (eucaliptol). Sua atividade antibacteriana é atribuída à presença dos compostos fenólicos, carotenoides, taninos, flavonoides, cumarinas, saponinas e terpenos (SAKURAI et al., 2016; KOTAN, et al.,2007). O principal componente responsável por tal potencial é o linalol, classificado como um monoterpene alcoólico terciário acíclico de odor distinto com diferentes propriedades químicas e efeitos biológicos (VASCONCELOS et al., 2021), representando de 60 a 89% da composição do OE (NADEEM et al., 2013).

NUNES et al. (2021) encontraram 23 composto no OE de tomilho, dentre eles: p-cimeno (23, 75%), timol (21, 78%) e tarvacrol (26, 14 %). Altas concentrações de timol e carvacrol também foram encontrados no OE extraído de hastes e folhas frescas por hidrodestilação (JAKIEMIU et al, 2010).

Diferindo do presente trabalho, Francio (2020) obteve diferentes concentrações para os compostos presentes no OE de tomilho, o p-cimeno (19,5%) e Timol (43,5%), e no OE de manjerição como compostos majoritários neral e geranial (32,8 e 43,7%).

Comparando o perfil fitoquímico dos OE de das várias espécies de tomilho, (QT Timol), apresentado em estudos anteriores (LABIAD et al., 2022; NUNES et al., 2021; SAMPAIO, 2019), com a composição química do OE de tomilho do presente trabalho, os principais componentes são p-cimeno e timol, o que corroboram com os resultados obtidos. O OE de tomilho está entre os mais potentes OE no que diz respeito às propriedades antimicrobiana (KOKOSKOVA; POUVOVA; PAVELA, 2011; SOTELO et al., 2021).

Na análise da composição química feita por Jiang et al. (2011), os principais componentes do OE de alecrim foram, 1,8-cineol (26,54%) e alfa-pineno (20,14%). Os compostos aos quais podem ser atribuídas atividades antibacterianas são o borneol, 1,8-cineol, alfa-pineno, canfeno e cânfora (CAZELLA et al., 2019). De forma semelhante Maia et al.

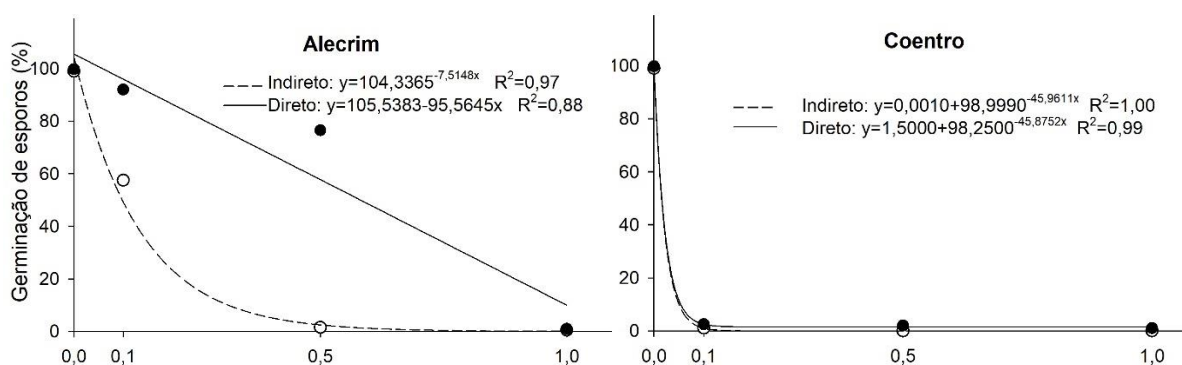
(2014) obtiveram a seguinte composição 1,8-cineol (44,39 %), cânfora (19,75 %), alfa-pineno (12 %) e  $\beta$ -cariofileno (4,53 %). Esses resultados corroboram os resultados obtidos neste trabalho, no entanto em concentrações distintas.

Lasram et al (2019) afirmam que encontram como compostos majoritários no OE de coentro o linalol (72,34%), carvacrol (6,41%),  $\gamma$ -terpineno (5,67%) e a cânfora (3,04%). Os principais compostos encontrados por Matasyoh et al (2008) no OE de coentro foram 2E-decenal (15,9%), decanal (14,3%), 2E-decen-1-ol (14,2%) e n-decanol (13,6%). Zaouali et al. (2010) encontraram 25 componentes representando 93,6 % do total. Os majoritários foram 1,8-cineol (40,0 %), cânfora (17,9 %),  $\alpha$ -pineno (10,3 %), e canfeno (6,3 %).

Tais variações nas composições químicas de produtos naturais são comumente encontradas, uma vez que pode variar conforme a parte da planta, o grau de desenvolvimento, forma de extração do OE o horário do dia e o ambiente onde tais plantas se encontram (ROCHA, 2013). Geralmente os componentes majoritários determinam as propriedades biológicas dos OE (BETTS, 2001; PICHERSKY et al. 2006). O ambiente onde a planta se desenvolve e os tipos de cultivo interferem na composição química dos OE (BORGES, 2019).

## 5.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Os OE de todas as plantas bioativas avaliadas apresentaram significativo efeito inibitório sobre o fungo *S.lycopersici*, tanto sobre a germinação dos esporos (Figura 1) como sobre o tamanho dos tubos germinativos (Figura 2).



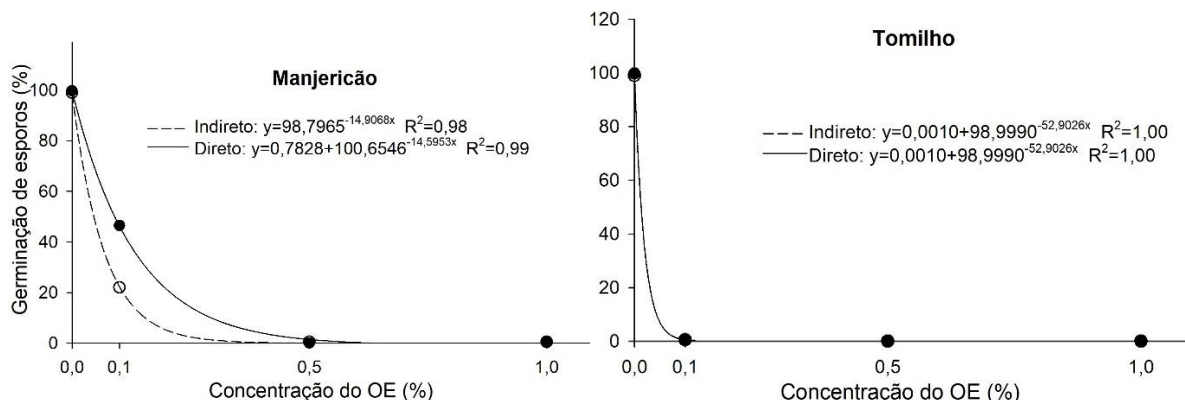


Figura 1. Porcentagem de germinação de esporos de *Septoria lycopersici* tratados com óleos essenciais de plantas bioativas, em contato direto e indireto.

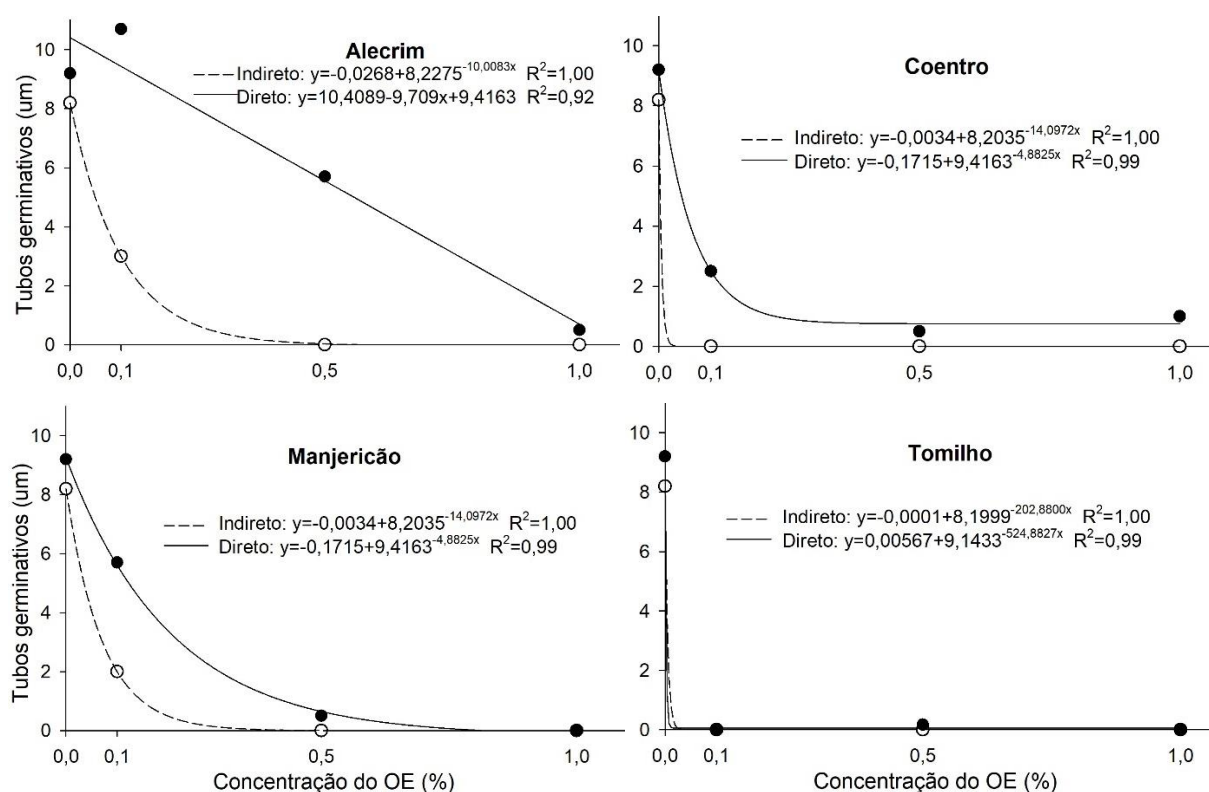


Figura 2. Tamanho de tubos germinativos de esporos de *Septoria lycopersici* tratados com óleos essenciais de plantas bioativas, em contato direto e indireto.

Esse efeito inibitório ocorreu de forma semelhante tanto em esporos que foram colocados em contato direto com o OE de, quanto em esporos que não estavam em contato direto, mas que foram afetados pela ação volátil dos OE de. Esses resultados demonstram o expressivo efeito volátil dos OE de, tanto sobre a germinação de esporos como sobre o tamanho dos tubos germinativos.

Trabalhos empregando componentes voláteis no controle de patógenos demonstraram o efeito fungicida de OE de. Tomilho, orégano e capim-limão mostraram inibição total do crescimento de *Botrytis cinerea* e *Alternaria arborescens* (PLOTTO et al., 2003). Componentes

voláteis do OE de capim limão proporcionaram redução significativa no desenvolvimento das colônias de *Colletotrichum coccodes*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *Rhizopus stolonifer* e *Aspergillus niger* (TZORTZAKIS, 2007).

O OE de tomilho bem como o de coentro promoveram a inibição total da germinação, tanto pelo método direto quanto o indireto, de esporos de *Septoria lycopersici* a partir da concentração de 0,1%. O mesmo resultado foi observado para o tamanho dos tubos germinativos com aplicação do óleo de tomilho.

Para o tamanho de tubo germinativos de esporos de *S. lycopersici* com a aplicação do OE de coentro pelo método indireto a inibição foi total, já para o direto ocorreu drástica redução inicial e depois tendência de estabilização. Com redução de 16,8% no tamanho de tubo germinativo.

Acredita-se que a ação fúngica desses óleos sobre *S. lycopersici* foi influenciada pela presença dos seus compostos majoritários, sendo o p-cimeno (51,14), timol (16,06), canfeno (11,65) e 2 hidroxip-cimeno no tomilho, beta-linalol (46,10%), cis-2-decenal (16,16%), trans-2-decenol (11,87%) no coentro. Estudos evidenciam que os componentes minoritários também exercem função crítica na atividade antimicrobiana, possivelmente pelo sinergismo entre os compostos majoritários e os minoritários. (ZILLO, 2017; LARIBI, et al, 2015).

Lucas (2012) verificou que os OE de tomilho, cravo-da-índia e canela apresentaram efeito fungitóxico, inibindo em quase 100% a germinação de conídios e totalmente o crescimento micelial de *Alternaria solani*. Pereira et al. (2011) verificaram o efeito dos OE de canela, tomilho, cravo-da-índia e árvore-de-chá sobre *Cercospora coffeicola*. Medice et al. (2007) mostram que o OE de tomilho nas concentrações de 1%, 0,5%, e 0,3%, teve efeito fungicida direto *in vitro* sobre os uredinósporos de *Phakopsora pachyrhizi* em soja. Pereira et al. (2011), observaram que doses a partir de 1000 µL L<sup>-1</sup> do OE de tomilho, inibiu completamente a germinação de conídios de *Cercospora coffeicola*. Concentrações crescentes de OE de tomilho *in vitro* diminuiu a germinação de conídios e o crescimento micelial de *C. coffeicola* (PEREIRA et al., 2008). Efeito semelhante foi observado contra *Botrytis cinerea* (ABDOLLAHI, 2011).

Nunes et al. (2021) mostram em seu estudo que o OE de tomilho exibiu potencial atividade antifúngica no controle dos fungos *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii*, com inibições de 100% no crescimento micelial para as concentrações de 0,1 % e 0,05%, sendo o carvacrol, p-cimeno e timol como as moléculas ativas no óleo (ALMEIDA, 2015). Essa interação resulta na degeneração das hifas causando a liberação do conteúdo celular e interrupção do crescimento (ZAMBONELLI et al., 1996).

O timol (16,6%) tem sido relatado na literatura como um composto que, além de bloquear o fluxo de íons potássio e causar apoptose, também possui alta capacidade de produzir espécies reativas de oxigênio (HU et al., 2018). Também é capaz de afetar a permeabilidade da membrana celular fúngica, desfavorecendo a sobrevivência da célula por dificultar os processos essenciais como o transporte de elétrons, o fluxo de  $\text{Ca}^{2+}$ , além de interagir com proteínas da membrana celular, por interações hidrofílicas e hidrofóbicas (JAFRI et al., 2019; DI PASQUA et al., 2010; NIKAIDO; VARA, 2003). OE contendo aldeídos ou fenóis como principais constituintes, como o cinamaldeído, citral, carvacrol, eugenol ou timol apresentam alta atividade antibacteriana (BASSOLÉ; JULIANI, 2012).

Em estudo Queiroz (2012) verificou que OE de coentro apresentou atividade antifúngica frente as cepas de *Cryptococcus neoformans*, mostra que a Concentração Inibitórias mínima (CMI) teve uma boa atividade antifúngica (CIM= 64  $\mu\text{g/mL}^1$ ). Isso significa um grande potencial desse óleo frente ao fungo testado, podendo ser usado uma pequena quantidade do óleo, obtendo-se assim resultados significativos. A ação dos ativos das plantas no combate a fitopatógenos pode ser de origem direta, quando inibe o crescimento do microrganismo e germinação de esporos (CARLOS et al., 2010; LO CANTORE et al., 2004).

Elgayyar et al. (2001), ao avaliarem o OE de coentro observaram atividade inibitória contra *Geotrichum* spp. e *Rhodotorula* spp. Segundo Santos et al. (2012), um dos principais compostos fenólicos com poder antibacteriano do coentro é o beta linalol, o que vem de encontro com o que foi encontrado no presente trabalho sendo o beta-linalol (46,10%), o composto majoritários do OE de coentro, é classificado como um monoterpene alcoólico terciário acíclico de odor distinto com diferentes propriedades químicas e efeitos biológicos (CAMARGO, 2015).

Os resultados para a aplicação do OE de manjerição em ambos os métodos direto e indireto para a germinação dos esporos e tamanho de tubo germinativo, mostrou drástica redução inicial e depois tendência a estabilização nas concentrações de 0,5% e 1%.

De acordo com Francio (2020), tanto o OE de manjerição quanto de tomilho inibiram *Alternaria alternata*, em dosagens baixas de 3,125 a 6,250  $\mu\text{L mL}^{-1}$ . A atividade antimicrobiana do OE de manjerição é relatada como sendo predominantemente devida à presença de linalol e metil chavicol (WAN et al., 1998). Dentre esses, destacam-se os compostos fenólicos, como o timol e carvacrol, que possuem amplo espectro de ação antifúngica (PINA-VAZ et al., 2004; KLARIĆ et al., 2007). Os resultados pelo método direto com a aplicação do OE de alecrim demonstram que quanto maior a concentração utilizada maior o efeito sobre a germinação e tamanho de tudo germinativos de esporos de *S. lycopersici*. Para o método indireto os resultados

demonstram que houve drástica redução da germinação dos esporos e tamanho de tudo germinativo e depois tendência a estabilização nas concentrações de 0,5% e 1%.

Nascimento et al. (2020), observaram inibição de 100% na esporulação quando utilizou o OE de alecrim (contendo 23,5% de  $\beta$ -mirceno, 22% de 1,8 cineol e 20% de  $\alpha$ -pineno) na concentração 0,75% sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc. Da mesma forma, Silva et al. (2018) utilizando o OE de alecrim, verificaram redução na esporulação *in vitro* de *Bipolaris oryzae*.

A capacidade antimicrobiana do óleo seja atribuída a presença de compostos fitoquímicos, como o 1,8 cineol,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -cariofileno e canfeno (ARASHIRO et al., 2011). O que vai de encontro com o resultado encontrado no presente trabalho, onde pode-se observar o efeito linear do OE de alecrim na inibição da germinação e tamanho dos tubos germinativos de esporos de *S.lycopersici*. Os meios pelos quais os microrganismos são inibidos pelos OE de parecem incluir diferentes modos de ação. A inibição mais freqüente envolve os componentes fenólicos dos óleos, os quais sensibilizam a bicamada lipídica da membrana celular e alteram a atividade dos canais de cálcio, causando aumento da permeabilidade e liberação dos constituintes intracelulares vitais (FIORI-TUTIDA et al. 2000). Por consequência causa alterações no fluxo de elétrons dentro da via do sistema de transporte de elétrons (SWAMY et al., 2016).

Segundo Hyldgaard et al. (2012) a relação entre o óleo e a parede celular fúngica é facilitada pelas características lipofílicas dos óleos facilitando as interações com as membranas celulares fúngicas (MAIA et al., 2015). Também pode ocorrer danos ao sistema enzimático do microrganismo envolvido na produção de energia e na síntese de componentes estruturais, afetando a germinação de esporos, formação de tubo embrionário e crescimento micelial (FARAG; DAW; ABO-RAYA, 1989). Grupos hidroxila fenólicos (como no timol) são altamente reativos e formam pontes de hidrogênio com o sítio ativo da enzima alvo, inativando-os (KIM; MARSHALL; WEI, 1995).

### 5.3 AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO CRESCIMENTO MICELIAL DE *S.lycopersici* SOB A AÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Para o crescimento micelial de *S. lycopersici* os tratamentos com os OE de tomilho, manjerição, alecrim e coentro apresentaram tendência de inibição mesmo em menores concentrações, com inibição de até 100%, com a aplicação do OE a 1%, tanto pelo método indireto como no método direto (Figura 3). De acordo com estes resultados pode-se considerar



a atividade antifúngica de todos os OE avaliados, como satisfatória frente ao fungo *Septoria lycopersici*, com destaque para o OE de tomilho que inibiu o fungo em 100% em todas as concentrações testadas e em ambos os métodos.

Para os valores da área abaixo da curva de progresso do crescimento micelial (AACCM), que considera a integral de todo período de crescimento do fungo, foram obtidos resultados semelhantes (Figura 4).

Os resultados obtidos demonstram o efeito antifungo dos diferentes OE, tanto pela aplicação em contato direto com o fungo, como pela ação de compostos voláteis, pelo método indireto. Esse resultado é expressivo, pois alguns derivados de plantas inclusive podem promover estímulo. Em trabalho realizado por (NETO, 2020) a utilização do extrato bruto aquoso de cidreira *Cymbopogon citratus* sobre o fungo *S.lycopersici*, mostrou que houve um estímulo no crescimento do fungo para as concentrações de 10 e 50 g L<sup>-1</sup>.

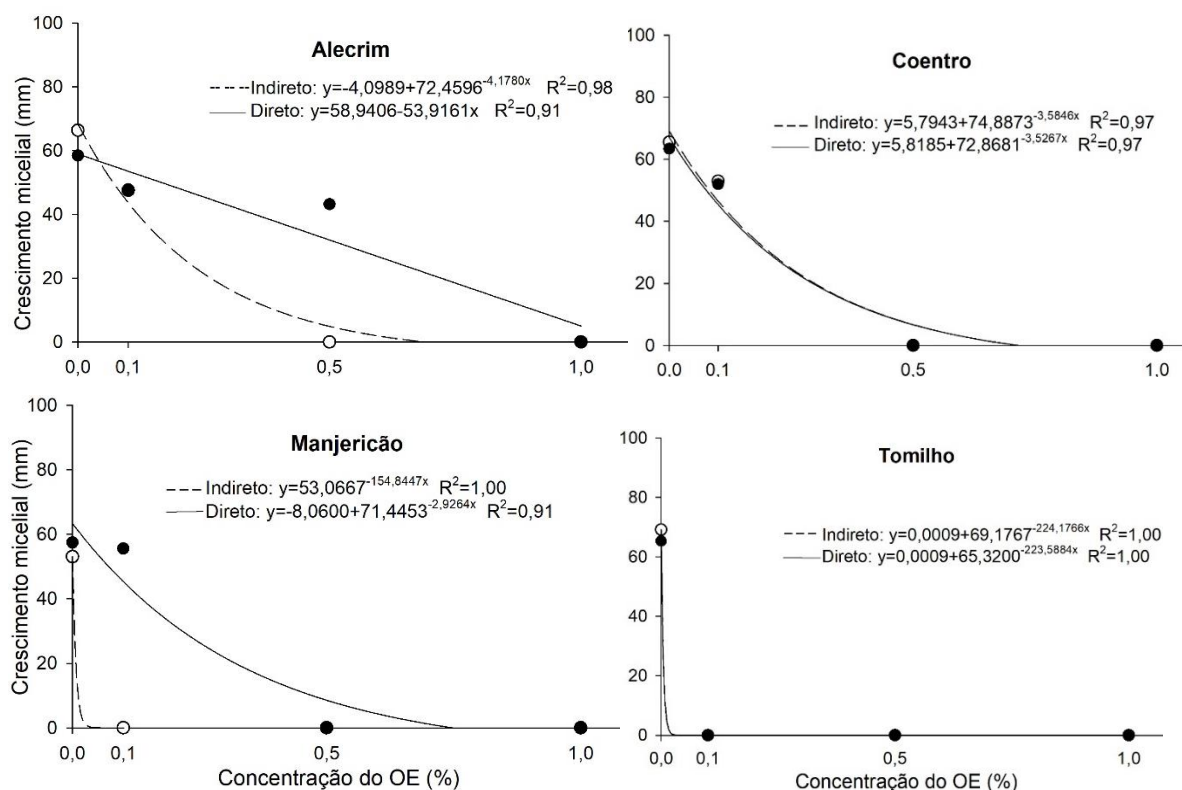


Figura 3. Crescimento micelial de *Septoria lycopersici* em concentrações do óleo essencial de plantas bioativas em contato direto e indireto.

Itako et al. (2008) testaram extrato aquoso bruto de *Achillea millefolium* (mil folhas), *Artemisia camphorata* (cânfora de jardim), *C. citratus* (capim limão) e alecrim, nas

concentrações de 1%, 10%, 20% e 40%, e obtiveram resultados significativos apenas na esporulação e germinação de esporos, de modo que, para o crescimento micelial, em alguns casos, os tratamentos estimularam o crescimento do fitopatógeno.

Nunes et al. (2021) ao estudarem o OE de tomilho no controle dos fungos *Aspergillus niger*, *Penicillium expansum*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii*, afirmam que o OE exibiu potente atividade antifúngica frente aos quatro fungos, com inibições de 100% no crescimento micelial para as concentrações de 0,1 % e 0,05 %. Sendo as moléculas ativas presente no óleo carvacrol, p-cimeno e timol.

De acordo com Viana et al. (2002), os OE de todas plantas bioativas avaliadas apresentaram efeito inibitório sobre os fitopatógenos do tomateiro, sobretudo em maiores concentrações. O OE de tomilho se destacou com inibição total do crescimento micelial e esporulação a partir de 0,1%. Estes autores concluem que o efeito antifúngico dos OE dessas plantas, principalmente de tomilho sobre esses fitopatógenos demonstra o potencial desses derivados no controle das doenças causadas por esses fungos, pois o crescimento micelial e a esporulação são importantes para infecção e desenvolvimento dessas doenças (SCHWAN-ESTRADA, 2008).

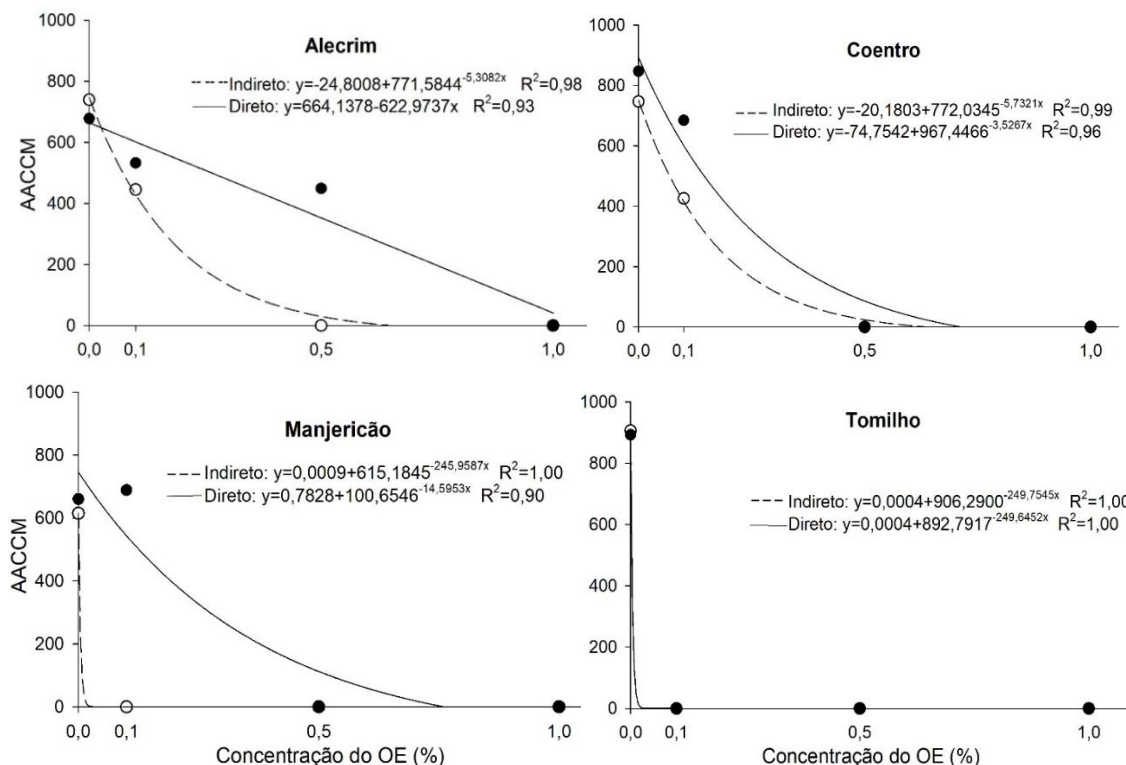


Figura 4. Área abaixo do progresso do crescimento micelial (AACCM) de *Septoria lycopersici* em concentrações do óleo essencial de plantas bioativas.

Gergeli (2018) ao estudar a aplicação do OE de alecrim, tomilho, manjeriço e coentro, em substrato para controle de tombamento em plântulas de tomateiro, observou que óleo de tomilho se destacou com inibição total da esporulação já a partir da concentração de 0,1%. Azizi et al. (2008) avaliaram a atividade antifúngica dos OE de *T.vulgaris*, *Mentha piperita*, *Satureja hortensis*, *Cuminum cyminum* e *Trachyspermum copticum*, nas concentrações de 250, 500 e 1.000 mg L<sup>-1</sup>, sobre o crescimento micelial e a germinação dos esporos de *Penicillium italicum*, *P. digitatum* e *Alternaria citri*, importantes fungos pós-colheita em citrus. Observaram que o crescimento radial de *Penicillium italicum* foi completamente inibido por *T. vulgaris* a 500 mg.L-1. A atividade antifúngica do tomilho esta relacionadas ao elevado percentual do constituinte timol, um monoterpeneo que é seu principal constituinte (NEZHAD et al., 2012; KERMAN 2012).

Chagas et al. (2021), verificaram o efeito inibitório das diferentes alíquotas do OE de manjeriço sobre o desenvolvimento *in vitro* do fungo *Alternaria solani* da cultura do tomateiro, concluíram que a redução foi linear em função das alíquotas testadas. Gomes et al. (2016), afirmam que o OE de manjeriço apresentou a máxima redução do crescimento micelial de *Fusarium* spp. Quando utilizado na concentração de 2 mL.L<sup>-1</sup> de água destilada e esterilizada, a maior concentração utilizada em seu trabalho. No trabalho de Hashem et al., (2010) demonstraram que o OE de manjeriço, possui atividade antifúngica e efeito inibitório em *Fusarium oxysporum*.

Resultados apresentado por Vigo et al. (2006), em trabalho com OE de alecrim a 0,5%, indicaram que a severidade do cretamento bacteriano comum do feijoeiro (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) não apresentou diferença significativa em relação à testemunha (água), em razão da baixa concentração do OE utilizada, que corrobora com os resultados encontrados no presente trabalho. Martins et al. (2013), ao avaliarem a atividade antibacteriana do OE de alecrim nas concentrações de 4% e 8%, verificaram ação inibitória em *Ralstonia solanacearum* em frutos de tomate e tubérculos de batata. Lima (2016) confirmou em ensaio *in vitro*, que o OE de alecrim a partir da concentração de 0,5% inibiu completamente o crescimento de *R. solanacearum*, afirmam que quanto maior a concentração utilizada, maior foi a eficiência do óleo sobre a inibição do patógeno.

Itako et al. (2009), ao avaliarem o potencial protetor de extrato aquoso de alecrim contra a cladosporiose em plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), em casa de vegetação, observaram menor número de lesões nas folhas tratadas com 10 e 20% do extrato aquoso de alecrim e submetidas à inoculação do que na testemunha.

Nascimento et al. (2020), verificaram que o OE de alecrim na concentração 0,75% inibiu completamente o crescimento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, sendo considerado eficaz no controle *in vitro* deste patógeno. Em geral, a atividade citotóxica de OE ocorre principalmente devido à presença de fenóis, aldeídos e álcoois (CUTRIM et al., 2019).

#### 5.4 AVALIAÇÃO DO EFEITO DOS ÓLEOS ESSENCIAS E O CONSÓRCIO SOBRE O CRESCIMENTO E À PRODUÇÃO NA CULTURA DO TOMATEIRO

As plantas de tomateiro apresentaram desenvolvimento mais rápido que as plantas bioativas, assim essas plantas não chegaram a causar sombreamento em folhas de tomateiro. As plantas bioativas persistiram até o final do ciclo do tomateiro, com exceção do coentro que secou antes do final do ciclo do tomateiro. Isso pode ter ocorrido pois o coentro é anual, com ciclo mais curto que as outras plantas bioativas. Na Figura 5 são apresentadas as plantas bioativas ao final do ciclo do tomateiro.

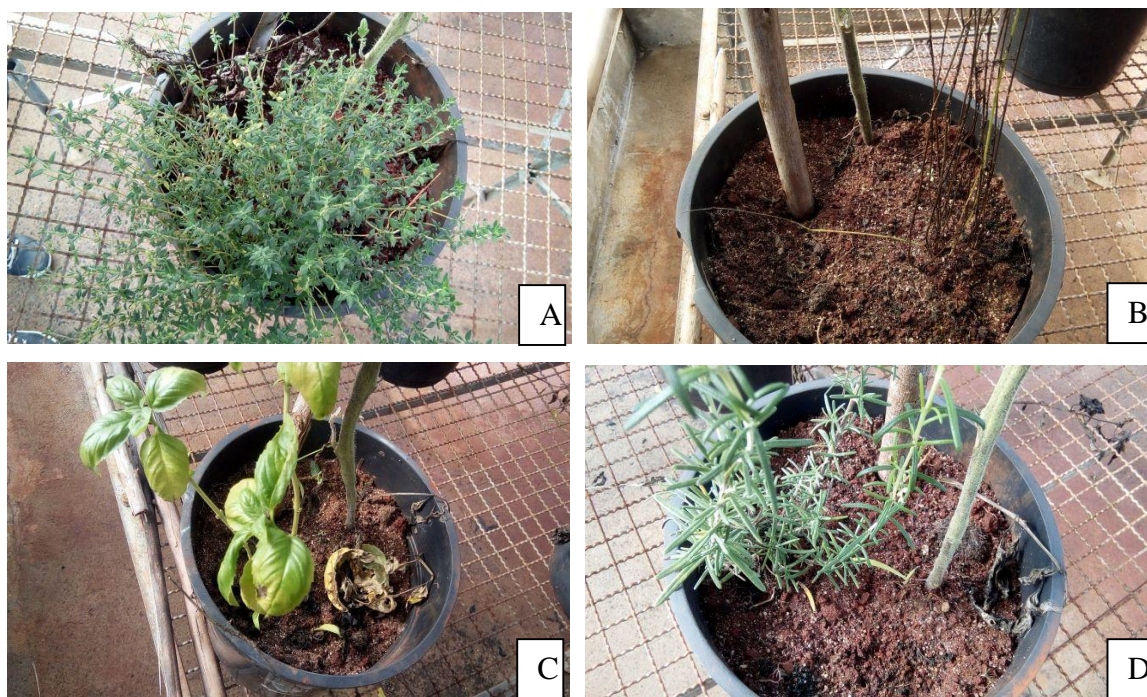


Figura 5. Consórcios de tomateiro com plantas bioativas em condição de casa de vegetação em 60 dias após o transplante. A-Tomilho; B-Coentro; C-Manjericão; D-Alecrim.

Quanto ao desenvolvimento das plantas de tomateiro não foi observada diferença na altura das plantas, tanto aos 30 como aos 60 dias após o plantio/transplante do tomateiro em ambos os experimentos (Tabela 2 e 3). Esses resultados indicam que as plantas bioativas não afetaram o crescimento das plantas de tomateiro na condição do experimento. Cultivos

consorciados podem ocasionar alteração no desenvolvimento das plantas, inibindo ou estimulando o desenvolvimento, o que não foi observado nessa pesquisa com essas plantas bioativas.

Tabela 2. Altura (cm) de plantas de tomateiro após 30 e 60 dias após o transplante (DAP) em cultivo consorciado com plantas bioativas, sob casa de vegetação.

| Tratamentos | Altura 30 DAP <sup>ns</sup> | Altura 60 DAP <sup>ns</sup> |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Testemunha  | 97,0 ± 0,55                 | 115,0 ± 0,53                |
| Alecrim     | 92,4 ± 0,21                 | 105,2 ± 0,14                |
| Coentro     | 82,0 ± 0,25                 | 101,8 ± 0,33                |
| Tomilho     | 90,2 ± 0,63                 | 112,2 ± 0,73                |
| Manjerição  | 94,8 ± 0,40                 | 127,2 ± 0,30                |

ns: não significativo a 5% de probabilidade. + Erro padrão da média.

Tabela 3. Altura (cm) de plantas de tomateiro após 30 e 60 dias após o transplante (DAP), com aplicação dos óleos na concentração de 0,5%, sob casa de vegetação.

| Tratamentos | Altura 30 DAP <sup>ns</sup> | Altura 60 DAP <sup>ns</sup> |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Testemunha  | 85,2±0,51                   | 112,8±0,17                  |
| Alecrim     | 73,4±1,65                   | 108,0±0,34                  |
| Coentro     | 66,6±1,68                   | 108,0±0,36                  |
| Tomilho     | 85,2±0,25                   | 105,8±0,18                  |
| Manjerição  | 81,6±0,21                   | 102,6±1,16                  |

ns: não significativo a 5% de probabilidade. + Erro padrão da média.

Em relação aos aspectos produtivos tanto no experimento com os consórcios como no que houve aplicação do OE, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4 e 5). Tanto para o peso de frutos como o número de frutos por planta não houve diferença significativa entre os tratamentos, indicando que o consórcio com plantas bioativas não afetou esses aspectos produtivos. Destaca-se que os dados se referem a produção em vasos, sob casa de vegetação, onde possivelmente houve limitação para expressar o potencial produtivo das plantas, o que deve ter contribuído para os baixos valores de produção.

Pietrobelli (2019) em pesquisa com a cultivar Santa Clara, obteve peso semelhante ao esperado para a cultivar sendo 110 à 120g aproximadamente. A mesma afirma que para os frutos colhidos em condição de casa de vegetação, percebe-se que não houve número de frutos

desejado por planta, diminuindo assim o peso e o diâmetro dos mesmos. Um fator a considerar é que as plantas cultivadas em vasos, tem a limitação de desenvolvimento radicular acarretando em menor crescimento e desenvolvimento de planta e número menor de frutos. O que corrobora com os dados do presente trabalho com relação a produtividade do tomateiro.

Tabela 4. Produção de tomateiro por planta em consórcio com alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e coentro (*Coriandrum sativum*).

| Tratamentos | Massa de frutos (g) <sup>ns</sup> | Número de frutos <sup>ns</sup> |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Testemunha  | 244,9 ± 2,28                      | 6,6 ± 0,05                     |
| Alecrim     | 229,7 ± 1,94                      | 6,2 ± 0,05                     |
| Coentro     | 218,8 ± 1,06                      | 6,2 ± 0,03                     |
| Tomilho     | 185,0 ± 5,03                      | 5,0 ± 0,13                     |
| Manjerição  | 179,9 ± 4,79                      | 5,2 ± 0,14                     |

ns: não significativo a 5% de probabilidade. + Erro padrão da média.

Tabela 5. Produção de tomateiro por planta com aplicação dos óleos essenciais de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), manjerição (*Ocimum basilicum*) e coentro (*Coriandrum sativum*) na concentração 0,5%.

| Tratamentos | Peso de frutos (g) <sup>ns</sup> | Número de frutos <sup>ns</sup> |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Testemunha  | 236,4 ± 0,51                     | 6,0 ± 0,04                     |
| Alecrim     | 226,9 ± 0,43                     | 5,8 ± 0,07                     |
| Coentro     | 119,9 ± 0,23                     | 4,2 ± 0,11                     |
| Tomilho     | 161,6 ± 1,25                     | 4,2 ± 0,07                     |
| Manjerição  | 145,3 ± 1,07                     | 4,8 ± 0,03                     |

ns: não significativo a 5% de probabilidade. + Erro padrão da média.

Pesquisas envolvendo a avaliação de sistemas consorciados de hortaliças com as plantas bioativas em estudos, demonstram o potencial de utilização dos sistemas consorciados, como práticas culturais ou técnicas que podem contribuir para a realização da agricultura sustentável. Borges et al. (2019) trabalhando com alface consorciada com espécies aromáticas e condimentares mostraram melhores resultados em cultivo consorciado com cebolinha e coentro, obtendo índice de equivalência de área (IEA) maior que 1,0, comprovando a hipótese de que há viabilidade na combinação dessas espécies de plantas em cultivos consorciados. De acordo com Medeiros et al. (2009) o coentro é uma escolha adequada para diversificar o sistema

de cultivo do tomateiro, pois compete menos com as culturas alvo e pode aumentar os inimigos naturais na cultura. Além da vantagem da diversificação ambiental, no que se refere a problemas fitossanitários, o consórcio do tomateiro com outras plantas é uma alternativa que pode possibilitar ao produtor uma renda extra (SOUZA, 2003).

Neto (2020) ao avaliar a consorciação de rabanete com espécies aromáticas e condimentares, observou que a consorciação possibilitou a obtenção de melhores indicadores biológicos, sendo maior do que em monocultivo, viabilizando essa técnica para um sistema mais sustentável, com melhoria na eficiência de utilização de insumos por área. Onde fisiologicamente, não houve diferença entre sistema consorciado e monocultivo, sendo recomendável o consórcio. O consórcio de rabanete com coentro foi o que obteve maiores produtividades dentre os consórcios, com maiores indicadores de eficiência biológica, e menor competição entre o rabanete. Também Oliveira, (2019) e Grangeiro et al. (2008) observaram vantagem econômica em consórcio de coentro e rabanete, demonstrando ganhos na produtividade do consórcio em relação ao monocultivo. Resende et al. (2010), verificaram melhores índices de equivalência de área cultivada em consórcio de coentro e couve. Atualmente, os maiores desafios da pesquisa se relacionam à determinação das culturas a serem cultivadas juntas, a forma de manejo e a viabilidade destes sistemas como estratégia fitotécnica na produtividade das hortaliças (MONTEZANO; PEIL, 2006).

## 5.5 EXPERIMENTO DE PROTEÇÃO EM PLANTAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS

Na avaliação realizada aos sete dias no experimento com a aplicação dos OE, os tratamentos com alecrim e o tomilho destacaram-se dos demais, apresentando menores médias de severidade da doença, com redução de 98,37 e 97,82%, em relação a testemunha, respectivamente, seguido pelo manjericão com redução de 84,7% (Tabela 6).

Já o tratamento como o coentro promoveu redução de 51,9% na severidade em relação a testemunha, evidenciando a diminuição da eficiência na aplicação. O tratamento com o coentro não diferiu significativamente da testemunha (Tabela 6). O tratamento com OE de tomilho destacou-se novamente mostrando seu potencial no controle do fitopatógeno *S. lycopersici* não apenas *in vitro*, mas também *in vivo*.

Tabela 6. Severidade de septoriose em plantas de tomate tratadas com concentrações dos óleos essenciais de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), manjeriço (*Ocimum basilicum*) e coentro (*Coriandrum sativum*).

| Tratamentos | Severidade (%) |
|-------------|----------------|
| Testemunha  | 18,3 ± 0,48 b  |
| Alecrim     | 0,3 ± 0,01 a   |
| Coentro     | 8,8 ± 0,53 ab  |
| Tomilho     | 0,4 ± 0,02 a   |
| Manjeriço   | 2,8 ± 0,18 a   |

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. + Erro padrão da média.

Em todas as plantas ocorreu a doença, portanto a incidência foi de 100%, independentemente do tratamento. A menor incidência de doenças observada em plantas tratadas, se deu devido a produção de moléculas bioativas, que podem ser empregadas na defesa de plantas contra fitopatógenos.

No experimento com avaliação das plantas bioativas em consórcio com tomateiro, não foi observada diferença estatística significativa na severidade da doença nas plantas de tomateiro pelos tratamentos (Tabela 7). Esse resultado indica que o consórcio com as plantas bioativas não afetou de forma significativa a severidade da doença.

Tabela 7. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) septoriose em plantas de tomateiro consorciada com alecrim (*Rosmarinus officinalis*), tomilho (*Thymus vulgaris*), manjeriço (*Ocimum basilicum*) e coentro (*Coriandrum sativum*).

| Tratamentos | AACPD <sup>ns</sup> |
|-------------|---------------------|
| Testemunha  | 432,4±26,4          |
| Alecrim     | 402,2±19,5          |
| Coentro     | 381,6±22,3          |
| Tomilho     | 383,2±20,6          |
| Manjeriço   | 415,8±20,8          |

ns: não significativo a 5% de probabilidade. + Erro padrão da média.

A tomaticultura apresenta características particulares como alta suscetibilidade a doenças e custos elevados de produção. No Brasil, essa cultura é prejudicada por uma ampla



gama de doenças causadas por espécies de fungos, bactérias, nematoides e vírus que reduzem a qualidade do produto e, além disso, se não manejadas adequadamente, podem causar perdas totais de produtividade (DO VALE et al., 2013; NASCIMENTO et al., 2013; INOUE-NAGATA et al., 2016). Nesse sentido, a septoriose ou mancha de septoria merece atenção pela sua ampla distribuição e agressividade na cultura. (QUEZADO-DUVAL et al., 2013).

Durante a fase de implantação ou transição agroecológica do manejo de hortaliças orgânicas, é recomendável ao agricultor técnicas que visem à redução da densidade do inóculo inicial como incorporação dos restos culturais, a rotação de culturas usando plantas não hospedeiras e eliminação de plantas daninhas adubação equilibrada, evitar irrigação por aspersão, evitar plantio próximos às lavouras mais velhas ou infectadas com o patógeno (fonte de inóculo), e manter as plantas arejadas com espaçamento adequado (PEREIRA et al., 2013; REIS et al., 2011; PETHYBRIDGE et al., 2017). Atualmente não existe cultivares ou híbridos de tomate disponíveis comercialmente com níveis satisfatórios de resistência (AMORIM et al., 2016).

## 5.6 AVALIAÇÃO DO EFEITO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS E O CONSÓRCIO SOBRE À INDUÇÃO DE MECANISMOS DE DEFESA EM PLANTAS

No experimento de consórcio com as plantas bioativas as amostras de tecido foliar, foram coletadas aos 30 dias após plantio e posteriormente avaliadas. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para atividade das enzimas peroxidases, polifenoloxidas e e fenilalanina amônia-liase (Tabela 8). Também não foi observada diferença entre os tratamentos para o teor de proteínas totais. Esses resultados indicam que o consórcio com as plantas bioativas não promoveu alterações na atividade dessas enzimas, que estão relacionadas a importantes mecanismos de defesa vegetal.

Tabela 8. Atividade de peroxidases (POX), polifenoloxidas (POL) e fenilalanina amônia-liase (FAL) em plantas de tomateiro cultivadas em consórcio com plantas bioativas

| Tratamentos | PRO <sup>ns</sup> | POX <sup>ns</sup> | POL <sup>ns</sup> | FAL <sup>ns</sup> |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Testemunha  | 0,014±0,24        | 22,83±0,69        | 3,51±0,15         | 1,07±0,04         |
| Alecrim     | 0,013±0,25        | 14,51±0,04        | 3,18±0,03         | 1,33± 0,05        |
| Coentro     | 0,012±0,01        | 27,63±1,15        | 3,41±0,11         | 0,95±0,04         |
| Tomilho     | 0,015±0,18        | 16,15±1,17        | 2,89±0,07         | 1,05±0,03         |
| Manjeriçao  | 0,010±0,27        | 25,74±1,04        | 5,18±0,14         | 1,27± 0,04        |

ns: não significativo a 5% de probabilidade. + Erro padrão da média.

PEX: atividade de peroxidases (Incremento absorvância/min/mg proteína); POL: atividade de polifenoloxidasas (Incremento absorvância/min/mg proteína); FAL: atividade de fenilalanina amônia-liase (microg ác. trans-cinâmico/h/mg proteína).

No experimento com avaliação dos OE de alecrim, tomilho, manjerição e coentro as amostras de tecido foliar, foram coletadas aos 30 dias após plantio nos tempos de 0, 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Para atividade de peroxidases foi observada tendência de aumento na atividade com o passar das horas (Figura 6). No entanto, parte de incremento na atividade deve-se possivelmente as condições de desenvolvimento da cultura ou respostas ao ambiente, pois houve tendência por todos os tratamentos, inclusive a testemunha tem aplicação de OE. Também observou-se alterações entre os tratamentos, sendo que a 72 horas após a aplicação todos os tratamentos promoveram atividade superior a testemunha. De forma semelhante em 96 horas foram observados valores superiores a testemunha, com destaque para os OE de coentro (*Coriandrum sativum*) e tomilho (*Thymus vulgaris*) (Figura 6). Esses resultados demonstram que os OE das plantas estudadas promovem alterações bioquímicas nas plantas de tomateiro.

Na indução de resistência, as peroxidases são bastante estudadas devido à sua importância nos processos de defesa. A atividade da POX está relacionada à lignificação, pois catalisa a oxidação de álcoois fenólicos neste processo. A lignificação resulta em alterações na parede celular e proporciona maior resistência contra toxinas patogênicas e, na maioria dos casos, o aumento na atividade está diretamente relacionado à redução da severidade da doença (BROETTO, 2017).

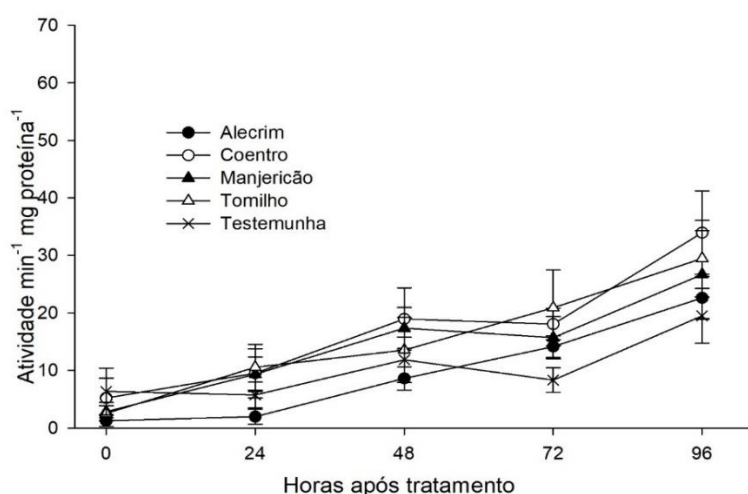


Figura 6. Atividade de peroxidases (PEX) em plantas de tomateiro tratadas com óleos essenciais de plantas bioativas.

Na atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL) foi observada alteração principalmente a 96 horas após os tratamentos, em que os OE de coentro e manjerição promoveram incremento na atividade (Figura 7). Embora não foi possível identificar alterações em tempos inferiores que 96 horas, as alterações observadas são muito importantes pois essa enzima desempenha papel muito importante na ativação do metabolismo secundário das plantas, com destaque para rota dos fenilpropanoides.

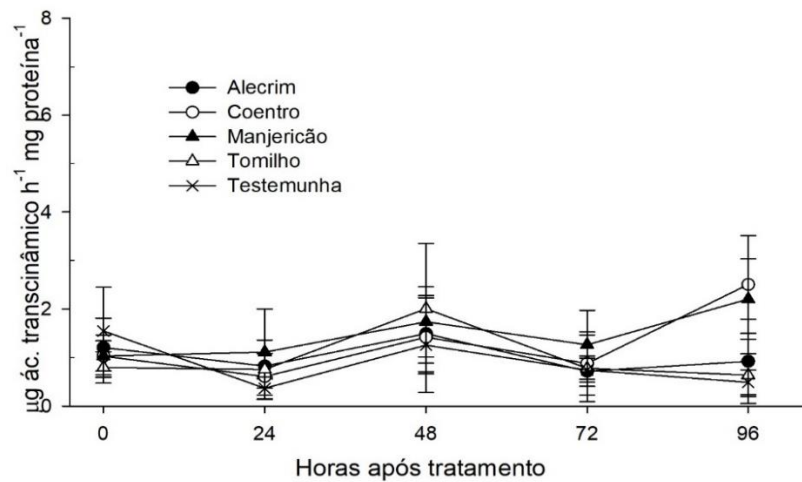


Figura 7. Atividade de fenilalanina amônia-liase (FAL) em plantas de tomateiro tratadas com óleos essenciais de plantas bioativas.

Hilman et al., (2015) verificou que o tratamento de sementes de tomateiro por volatilização com óleo essencial de pitanga e tomilho promoveu maior atividade da enzima. Em trabalho realizado por Lorenzetti et al., (2018), em plantas de soja que foram tratadas após a germinação com extrato bruto de *R. officinalis* houve um aumento de FAL quando tratada com na concentração de 5%. Freddo et al. (2016), em tratamento com sementes de pepino com óleo essencial de *Aloysia citriodora* nas concentrações de 0,06; 0,12 e 0,25 % observou aumento da atividade de FAL em todas as concentrações.

Para a polifenoloxidase os OE se destacaram com aumento da atividade dessa enzima foram os OE de tomilho e manjerição. O maior pico ocorreu para o tratamento com OE de tomilho no tempo de 96 h.

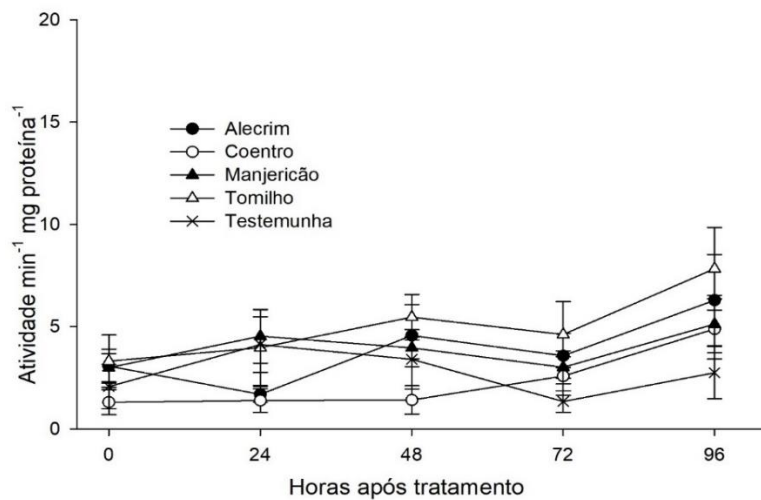


Figura 8. Atividade de polifenoloxidasas (POL) em plantas de tomateiro tratadas com óleos essenciais de plantas bioativas.

A enzima polifenoloxidase também desempenha papel muito importante na defesa vegetal e sua maior atividade pode contribuir na resistência da planta a patógenos. Quando a enzima é liberada dos tilacóides, após a ruptura da célula pelo patógeno, ocorre a oxidação de compostos fenólicos, que também são liberados dos vacúolos. A oxidação leva à formação de quinonas, que possuem ação antimicrobiana (TAIZ & ZEIGER, 2004; LIU et al., 2005).

Os resultados apresentados por Portz e Cols (2011) são semelhantes a este estudo, os autor observaram a atividade enzimática, às vezes alta, às vezes baixo, está relacionado com a planta resposta ao processo infeccioso. Segundo os autores, quando é necessário, a planta aumenta os níveis dessas proteínas; para salvar energia, em outros momentos, o nível de a proteína é reduzida. O mesmo foi verificado em (SCHONS et al., 2022), onde as enzimas POX e PFO tiveram picos de atividade em diferentes tratamentos em tempos distintos, principalmente para uma dose de 1,25 g de formulação de extrato de alecrim no controle de *M. incognita* em tomateiro. Isso mostra que o controle obtido de *M. incognita* pode ser resultado tanto do efeito direto da formulação de alecrim sobre a população do nematoide quanto da indução de resistência da planta em resposta à ação do patógeno.

Conceitualmente as polifenoloxidasas não são classificadas como proteínas relacionadas a patogênese, porém pelo fato de serem induzidas por fatores abióticos e bióticos, são comumente envolvidas em mecanismos de defesa das plantas (XAVIER, 2011). A vantagem, segundo Romeiro e Garcia (2009), é que quando o biocontrole se dá por indução de resistência, ele quase sempre traz consigo duas características altamente desejáveis que são a amplitude de efetividade (proteção concomitante contra múltiplos patógenos) e asistemicidade.

Uma avaliação conjunta do potencial dos óleos, demonstra que os mesmos apresentam especificidade, o que possivelmente está relacionado ao ingrediente ativo presente em cada óleo. Na sua grande maioria, os OE demonstraram potencial de ativação do metabolismo das proteínas, tal fato é importante, pois ativação do metabolismo primário através do aumento dos níveis de proteína é um indicativo da ativação de enzimas relacionadas à defesa vegetal (HALFELD-VIEIRA et al., 2016). Neste sentido, os óleos propiciaram a ativação da rota dos fenilpropanóides, através da enzima FAL, o que dá uma conotação de ativação de mecanismos de indução de resistência. Esta rota dos fenilpropanóides é uma das mais importantes no processo de defesa vegetal, pois está relacionada no processo de formação de compostos fenólicos. Entre os principais compostos fenólicos estão as fitoalexinas, antocianinas, flavonoides, bem como a formação de lignina.

Em estudos Itako (2008) verificou que o óleo essencial de *C. citratus* tem capacidade de induzir a resistência em tomateiro, por meio do aumento da atividade de enzimas ligadas à defesa da planta. Peroxidases e polifenoloxidasas tiveram aumento significativo tanto de forma local como sistêmica

Carlos et al. (2010), observaram que não houve aumento da atividade da enzima em plantas de pepino quando tratadas com OE de *Achillea millefolium*, segundo o autor este efeito pode estar relacionado à resposta rápida da planta ao elicitor, fazendo com que quantificações com intervalo de tempo maior não detectem a atividade da enzima. Freddo et al. (2016) observou que o tratamento de sementes com óleo essencial de *Aloysia citriodora* na concentração de até 0,24% elevou a atividade de peroxidase. Podendo desta forma o resultado encontrado para esta enzima estar relacionado com a dose e o intervalo após o tratamento e a primeira análise. Segundo Lorenzetti et al (2018), a alteração na atividade de peroxidase é correlacionada a suscetibilidade ou resposta de resistência em diversos patossistemas.

Rodrigues et al. (2019), observaram que no tratamento de bagas de uva com OE de *Melaleuca alternifolia*, *Eugenia uniflora* e *Cacearia sylvestris* houve diminuição na atividade da enzima polifenoloxidase. Em trabalho realizado por Hedges et al., (2019) com a aplicação de óleo essencial de *Citrus aurantium* observou-se um incremento da atividade da enzima. Pietrobelli et al. (2019) houve maior ativação da enzima polifenoloxidase em plantas tratadas com *C. sinensis*, porém menor do que os tratamentos com outros OE.

Hilman et al. (2015) verificaram que o tratamento de sementes de tomateiro por volatilização com óleo essencial de pitanga e tomilho promoveu maior atividade da enzima. Em trabalho realizado por Lorenzetti et al., (2018), em plantas de soja que foram tratadas após a germinação com extrato bruto de *R. officinalis* que houve aumento de FAL quando tratada

com na concentração de 5%. Freddo et al. (2016) em tratamento de sementes de pepino com óleo essencial de *Aloysia citriodora* nas concentrações de 0,06; 0,12 e 0,25 % observaram aumento da atividade de FAL em todas as concentrações.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os óleos essenciais das plantas bioativas inibiram totalmente a germinação de esporos e o crescimento micelial de *S. lycopersici*, com destaque para óleo essencial de tomilho com inibição total mesmo em menores concentrações.

A aplicação dos óleos essenciais não promoveu alterações na produção e desenvolvimento das plantas, mas promoveu redução na severidade da septoriose, com destaque para alecrim e tomilho.

A aplicação dos óleos essenciais promoveu alterações na atividade enzimática, principalmente para enzima peroxidase após 72 horas da aplicação dos tratamentos.

Nas condições dos experimentos, o cultivo consorciado de tomate com plantas bioativas não promoveu controle da septoriose e a indução de enzimas relacionadas a defesa vegetal, bem como não alterou o desenvolvimento e produção das plantas.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHI, A. et al. Screening of antifungal properties of essential oils extracted from sweet basil, fennel, summer savory and thyme against postharvest phytopathogenic fungi. **Journal of Food Safety**, v. 31, n. 3, p. 350–356, 2011.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. Edition: 5, illustrated, annotated. Academic Press, p. 822. 2005.
- AKLADIOUS, A. S. et al. Induction and resistance against *Fusarium wilt disease* of tomato by using sweet basil (*Ocimum basilicum* L) extract. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 95, n. 4, p. 689–701, 2015.
- ALMEIDA, R. R. **Mecanismos de ação dos monoterpenos aromáticos: timol e carvacrol**. Monografia (Graduação Bacharelado em Química) - Universidade Federal de São João del-Rei, 22f, 2015.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1-3, p. 19-31, 1999.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. p. 226. 2003.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4 eds: Editora da UFRGS, 2004. 112 p.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável: Agropecuária**, p. 592. 2002.
- ALVES, M. C. S.; et al. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1083-1086, 2004.
- AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (eds) **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 4 Ed. v. p.704, 2016.
- ANDRADE, M. A. et al. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. **Revista Ciência**



**Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 399-408, 2012.

ANTONIO, D. et al. Aceites Esenciales y Extractos Acuicosos para el Manejo *in vitro* de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Fusarium solani*. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 31, n. 2, p. 170–179, 2013.

**ANVISA** - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. 2020.

ARASHIRO, M. P. et al. Cultivo Consorciado entre *Achillea millefolium* L. e *Rosmarinus officinalis* L. e seu Efeito no Rendimento do Óleo Essencial, Biomassa e Atividade Antimicrobiana. **Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 3, 2011.

ARAUJO, F.F.; MENEZES, D. Indução de resistência a doenças foliares em tomateiro por indutores bióticos (*Bacillus subtilis*) e abióticos (Acibenzolar-S-Metil). **Summa Phytopathologica**, v.35, n.3, p.169-172, 2009.

ARAUJO, L.; STADNIK, M. J. Cultivar-specific and ulvan-induced resistance of apple plants to Glomerella leaf spot are associated with enhanced activity of peroxidases. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.3, p.287-293, 2013.

AZIZI, M. et al. Inhibitory effect of some medicinal plants' essential oils on postharvest fungal disease of citrus fruits. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 27, Belgium. **Anais: Acta Horticulturae**, p. 279-286.2006.

BAGAMBOULA, C. F.; UYTTENDAELE, M.; DEBEVERE, J. Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. **Food Microbiology**, v. 21, n. 1, p. 33–42, 2004.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.

BARACUHY, V.G.J. et al. **Plantas Medicinais de uso comum no Nordeste do Brasil**. 2 Edição Revisada. 100 p. 2014.

BARROS, F. C. et al. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 231–239, 2010.

BASSOLÉ, I. H. N.; JULIANI, H. R. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. **Molecules**, v. 17, n. 4, p. 3989–4006, 2012.

BETTIOL, W. et al. Organic and conventional tomato cropping systems. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 3, p. 253–259, 2004.

BETTS, T. J. Chemical characterisation of the different types of volatile oil constituents by various solute retention ratios with the use of conventional and novel commercial gás chromatographic stationary phases. **Journal of Chromatography**, v. 936, p.33-46, 2001.

BOMFORD, M. K. Yield, pest density, and tomato flavor effects of companion planting in garden-scale studies incorporating tomato, basil, and brussels sprout. Morgantown: **Davis College of Agriculture, Forestry and Consumer sciences**. p. 121.2004.

BONALDO, S. M. et al. Fungitoxicidade, atividade elicitora de fitoalexinas e proteção de pepino contra *Colletotrichum lagenarium* pelo extrato aquoso de *Eucalyptus citriodora*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 128- 134, 2004.

BONALDO, S. M.; PASCHOLATI, S. F.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L. S. et al. (Ed.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**: FEALQ, p. 11-28. 2005.

BORGES, L. et al. Cultivo Consorciado de alface, cebolinha e coentro na Amazônia Tocantina. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 6, p. 6092–6106, 2019.

BRADFORD, M.A. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, v.72, p. 248-254,1976.

BRANCHER, J. C. **Cadeia produtiva das plantas bioativas no Alto Uruguai Gaúcho**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, Santa Catarina, 77 f. 2016.

BRITO, E. A. S. **Consórcio de plantas aromáticas com pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) como estratégia de manejo de pragas**. Dissertações de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 25 f, 2018.

BROETTO, L. et al. Crescimento micelial e produção de microescleródios de *Macrophomina phaseolina* confrontado com diferentes isolados de *Trichoderma* sp. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.13, n.4, p.310-317, 2014.

BROETTO, L. **INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA A *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* MEDIADA POR DIFERENTES ESPÉCIES DE *Trichoderma* NA CULTURA DO FEIJOEIRO**. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon., v. 12, n. 1, p. 76 f, 2017.

BRUM, R. B. C. S. et al. **Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre fungos fitopatogênicos**, v. 26, n. 1, p. 361–371, 2014.

CABRAL, R. N. et al. Septoria leaf spot in organic tomatoes under diverse irrigation systems and water management strategies. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 392–400, 2013.

CACCIONI, D. R. L.; GUIZZARDI, M. Inhibition of germination and growth of fruit and vegetable postharvest pathogenic fungi by essential oil components. **Journal of Essential Oil Reserch**, v. 6, n. 2, p. 173-179. 1994.

CALABRESE, E. J. Paradigm lost, paradigm found: The reemergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. *Environmental Pollution*, v.138, p.378-411, 2005.

CAMARGO, S. B.; DE VASCONCELOS, D. F. S. A. Atividades biológicas de Linalol: conceitos atuais e possibilidades futuras deste monoterpene. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 13, n. 3, p. 381-387, 2015.

CAMPOS, A. D.; SILVEIRA, E. M. L. Metodologia para determinação da peroxidase e da polifenol oxidase em plantas. **Embrapa Clima Temperado**, 2003.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e Extensão Rural**: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável.p. 166. 2004 a.

CAPORAL, F.R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. Agroecologia: matriz disciplinar para ou novo paradigma para o desenvolvimento rural sustentável. In: TOMMASINO, H; HEGEDUS, P. (Ed.). **Extensión: reflexiones para la intervención em el médio urbano y rural**. UFSM/ Universidade de La República, 2006.

CAPORAL, Francisco Roberto; COSTABEBER, José Antônio. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. p.24. 2004b.

CARLOS, M. et al. Efeito de extrato bruto e óleo essencial de *Achillea millefolium* em desenvolvimento *in vitro* de *Corynespora cassicola* e proteção de pepino à mancha de corinespora. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.2, p.309-316. 2010.

CARVALHO, L. M. DE et al. Produtividade do tomateiro em cultivo solteiro e consorciado com espécies aromáticas e medicinais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 458–464, 2009.

CAZELLA, L. N. et al. Antimicrobial activity of essential oil of *baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) aerial parts at flowering period. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1–9, 2019.

CHABOUSSOU, F. **Plantas Doentes Pelo Uso de Agrotóxicos**. Novas bases de uma prevenção contra doenças e parasitas. A teoria da trofobiose. Expressão Popular, 2006.

CHAGAS, L. F. B. et al. Efeito do Óleo Essencial do Manjeriço (*Ocimum basilicum*) e Capim Citronela na Inibição de Fungos Fitopatogênicos da Cultura do Tomate / Effect of Essential Oil of Basil and Citronella Grass on the Inhibition of Phytopathogenic Fungi in Tomato Crops. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120758–120771, 2021.

CLEMENTE, F. M. V. T. Plantas aromáticas e condimentares: Uso aplicado na horticultura Brasília. In: HABER, L.L et al. **Características morfológicas, químicas e uso de plantas aromáticas e condimentares**. 1 ed ed.Embrapa, p. 168, 2013.

COSTA, A. P. et al. Extrato Aquoso E Óleo Essencial De Gengibre Induzem Mecanismos Bioquímicos De Defesa Em Feijoeiro. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 6, n. 2, p. 79–86, 2019.

COSTA, A.R.T. et al. Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v.13, n.2, p. 240- 245, 2011.

COSTA, H.; ZAMBOLIM, L. & VENTURA, J. A. Doenças de hortaliças que se constituem em desafio para o controle. In: ZAMBOLIM, L. et al. (Eds.). **Manejo integrado de doenças e pragas: hortaliças**. Editora UFV. p.319–336, 2007.

CUTRIM, E. S. M. et al. Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante dos óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de *Zingiber officinale* (gengibre) e *Rosmarinus officinalis* (alecrim). **Revista Química**, v. 11, n. 1, p. 60-81, 2019.

DANTIGNY, P.; NANGUY, S. P. M. Significance of the physiological state of fungal spores. **International Journal of Food Microbiology**, 16–20, 2009.

DEUS, R.J.A.; ALVES, C.N.; ARRUDA, M.S.P. Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.1, p.1-7, 2011.

DI PASQUA, et al. Changes in the proteome of *Salmonella enterica* serovar Thompson as stress adaptation to sublethal concentrations of thymol. **Proteomics**, v. 10, n. 5, p. 1040-1049, 2010.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **The Plant Cell**, v.7, p.1085-1097, 1995.

DO VALE, F. X. R.; LOPES, C. A.; ALVARENGA, M. A. R. Doenças fúngicas, bacterianas e causadas por nematoides. In: ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2a ed. Universidade de Lavras. p. 275-277, 2013.

DOURADO, M. T. **Óleos essenciais e oleoresina da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*): propriedades químicas e biológicas**. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. p. 120 f., 2012.

DUANGMAL, K.; APENTEN, R.K.O. A comparative study of polyphenoloxidases from taro (*Colocasia esculenta*) e potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). **Food Chemistry**, v.64, p. 351-359, 1999.

ELGAYYAR, M. et al. Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. **Journal of Food Protection**. v. 64, n.7, p. 1019–1024, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura do tomate**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018.

FARAG, R.S.; DAW, Z.Y.; ABO-RAYA, S.H. Influence of some spice essential oils on

*Aspergillus parasiticus* growth and production of aflatoxins in a synthetic medium. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 1, p. 74-76, 1989.

FAYAD, J. A.; COMIN, J.J; BERTOL, L. Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) O Cultivo do Tomate. Epagri. In: **Boletim Didático**, 131. p. 87. 2006.

FENG, W. et al. Thyme oil to control *Alternaria alternata* *in vitro* and *in vivo* as fumigant and contact treatments. **Food Control**, v. 22, n. 1, p. 78–81, 2011.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e na comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa: UFV, p. 421 .2008.

FIORI, A.C.G. et al. Antifungal activity of leaf extracts and essential oils of some medicinal plants against *Didymella bryoniae*. **J. Phytopathol.**, Berlin, v. 148, p. 483487, 2000.

FONSECA, M.C.M. Epamig pesquisa, produção de Plantas Mediciniais para Aplicação no SUS. **Espaço para o produtor**, 2012.

FORBES, V. E. Is hormesis na envolutionary expectation. *Functional Ecology*, v.14, p.12-22, 2000.

FRANCIO, I. E. **Atividade antioxidante e antifúngica de óleos essenciais frente *Alternaria alternata***. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 70 f, 2020.

FREDDO, Á. R. et al. Óleo essencial de *Aloysia citriodora* no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* em pepino e atividade antifúngica *in vitro*. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 25, n. 4, p. 373–386, 2016.

FUMAGALI, E. et al. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: o exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 627–641, dez. 2008.

GARCIA, C. et al. Óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis*) no controle de doenças da videira cultivar Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 452–457, 30 dez. 2017.

GERGELI, J. P. **Uso do óleos essenciais em substrato para controle de tombamento em plântulas de tomateiro**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal da Fronteira Sul., p. 32 f, 2018.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**: Editora da Universidade, UFRGS, 2000.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology**: the ecology of sustainable food systems. 2nd ed. New York: CRC Press, 2007.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4<sup>o</sup>ed, Editora UFRGS, p. 653 .2008.

GOMES, R.S.S.et al. Eficiência de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) **Rev. Bras. Pl. Med.**, v.18, n.1, supl. I, p.279-287, 2016.

GRANGEIRO, L. C. et al. Crescimento e produtividade do coentro e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 55–60, 2008.

HALFELD-VIEIRA, B. D. A. et al. Defensivos Agrícolas Naturais: Uso e Perspectivas. In: Moraes, R. M (Org.). Pesticidas Naturais Derivados de Plantas: Descoberta e Usos. **Embrapa Meio Ambiente**. Brasília, D F.2016.

HASHEM, M., MOHARAM, A. M., ZAIED, A. A. & SALEH, F. E. M., Efficacy of essential oils in the control of cumin root rot disease caused by *Fusarium* spp. **Crop Protection**, v. 29, n. 10, p. 1111-1117, 2010.

HENDGES, C. **Atividade antifúngica, controle da pinta preta e ativação de mecanismos de defesa em tomateiro por óleos essenciais**. Dissertação mestrado-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 79 f, 2019.

HILMANN, T. H. **Efeito volátil de óleos essenciais no tratamento de sementes de tomate e no controle *in vitro* de *Fusarium oxysporum***.Trabalho de Conclusão de Curso.Universidade Tecnológica Federal do Paraná.2015.

HYLDGAARD, M.; MYGIND, T.; MEYER, R. L. Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. **Frontiers in Microbiology**, v. 3, n., . 1–24, 2012.

**IBGE**. 2016. Dados de previsão de safra da produção do Brasil, 2016. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: < <https://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

INOUE-NAGATA, A.K. et al. Doenças do tomateiro. In: AMORIM, L. et al. (Ed) **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. Ceres. v.2, Cap.70, p.697-731.2016.

ITAKO, A.T. Óleo essencial de *Cymbopogon citratus*: atividade antifúngica em *Alternaria solani* e na ativação de mecanismos de defesa em tomateiro. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Estadual de Maringá, 2008.

JAFRI, H.; ANSARI, F. A.; AHMAD, I. Prospects of essential oils in controlling pathogenic biofilm. In: KHAN, M. S. A.; AHMAD, I.; CHATTOPADHYAY, D. (Eds.), **New look to phytomedicine** - Advancements in Herbal Products as Novel Drug Leads. Academic Press, Cambridge. p. 203-236.2019.

JAKIEMIU, E. A. R. et al. Estudo da composição e do rendimento do óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris* L.). **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 683–688, 2010.

JANTASORN, A., et al. *In vitro* antifungal activity evaluation of five plant extracts against five plant pathogenic fungi causing rice and economic crop diseases. **Journal of Biopesticides**, v.9, n.1, p.1-7, 2016.

JIANG, Y.et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Rosemary*. **Environmental toxicology and pharmacology**, v.32, p. 63-68, 2011.

JIMÉNEZ-REYES, M. F. et al. Natural compounds: A sustainable alternative to the phytopathogens control. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 64, n. 2, p. 4459–4465, 2019.

JUNG, H.W.; et al. Priming in systemic plant immunity. **Science**, v. 324, p. 89, 2009.

KARPIŃSKI, T. M. Essential Oils of Lamiaceae Family Plants as Antifungals. **Biomolecules**, v. 10, n. 1, p. 103. 2020.



KERMAN, I. Antifungal effects of the essential oil from *Thymus vulgaris* L. and comparison with synthetic thymol on *Aspergillus niger*. **Journal of Yeast and Fungal Research**, v. 3, n. 6, p.83 -88, 2012.

KIM, J.; MARSHALL, M. R.; WEI, C. I. Antibacterial Activity of Some Essential Oil Components against Five Foodborne Pathogens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 11, p. 2839–2845, 1995.

KLARIĆ, M. S., et al. Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. *Letters in applied microbiology*, v. 44, n. 1, p.36-42, 2007.

KLARIĆ, M. S.; et al. Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. **Letters in applied microbiology**, v. 44, n. 1, p.36-42, 2007.

KOBAYASHI, B. F.; AMARAL, D. R. Efeito de extratos vegetais de plantas do Cerrado para controle de pinta-preta em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 2, p. 189–192, 2018.

KOKOSKOVA, B.; POUVOVA, D.; PAVELA, Effectiveness of plant essential oils against *Erwinia amylovora*, *Pseudomonas syringae* pv. *Syringaeand*, associated saprophytic bacteria on/in host plants. **Journal of Plant Pathology**, v. 93, n. 1, p. 133–139, 2011.

KOTAN, R. et al. Antibacterial activity of essential oils extracted from some medicinal plants, carvacrol and thymol on *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye causes bacterial spot disease on pepper and tomato. **Journal of Agricultural Technology**, v. 3, n. 2, p. 299–306, 2007.

KUHN, O. J.; PORTZ, R. L.; STANGARLIN, J. R.; DEL ÁGUILA, R. M.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; FRANZENER, G. Efeito do extrato aquoso de cúrcuma (*Curcuma longa*) em *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. **Semina-Ciências Agrárias**, v.27, n.1, p.13-20, 2006.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). In: KIMATI, H. In (Org.). **Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4. ed, Agronômica Ceres. v. 2, p. 607-626. 2005.

LABIAD, M. H. et al. Biological properties and chemical profiling of essential oils of *Thymus* (*vulgaris*, *algeriensis* and *broussonettii*) grown in Morocco. **Chemical Data Collections**, v. 37, p. 100797, 2022.

LAPA, A.J. et al. Farmacologia e toxicologia de produtos naturais. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 1.ed. UFRGS, p. 181-196, 1999.

LARIBI, B. et al. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. **Fitoterapia**, v. 103, p. 9–26, 2015.

LASRAM, S. et al. Antifungal and antiaflatoxinogenic activities of *Carum carvi* L., *Coriandrum sativum* L. seed essential oils and their major terpene component against *Aspergillus flavus*. **Industrial Crops and Products**, v. 134, p. 11–18, 2019.

LEITE, H. M. . et al. Cultivo consorciado de olerícolas em sistema agroecológico. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 1, p. 14–21, 2011.

LENGAI, G. M. W.; MUTHOMI, J. W.; MBEGA, E. R. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. **Scientific African**, v. 7, 2020.

LIMA, M. A. G. **Óleos essenciais e silício no controle de murcha bacteriana no tomateiro**. Tese de Doutorado em Fitopatologia. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 89 f. 2016.

LIU, H. et al. Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. *Jiubao*) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 263-269, 2005.

LO CANTORE, P. et al. Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller var. *vulgare* (Miller) essential oils. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.52, p. 7862–7866, 2004.

LOPES, C. A.; REIS, A.; BOITEUX, L. S. Doenças Fúngicas. In: LOPES; C.A.; ÁVILA; A. C. **Doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 16–51. 2005.

LOPES, C.A.; SANTOS, J.R.M. **Doenças no tomateiro**. Brasília: EMBRAPA, CNPH, p. 61, 1994.

LOPES, M. A. S. **O USO DO ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERICÃO NO CONTROLE DE *Pectobacterium aroidearum* NA CULTURA DA ALFACE.** Tcc-Trabalho de Conclusão de Curso. Petrolina, Pernambuco., p. 34 f, 2021.

LORENZETTI, E. et al. Indução de resistência à *macrophomina phaseolina* em soja tratada com extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis*). **Summa Phytopathologica**, v. 44, n. 1, p. 45–50, 2018.

LUCAS, G. C. **Óleos essenciais no controle da pinta preta do tomateiro.** Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras. MG, p. 92, 2012.

LUSSO, M.F.G.; PASCHOLATI, S.F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathologica**, v.25, p.244-249, 1999.

LUZ, J. M. Q et al. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*) sob doses de cama de frango. Revista da Associação Brasileira de Horticultura; v.3 n.27, p 349-353. 2009.

LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; SILVA, M. A. D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**. v. 23, p. 7–15, 2007.

MAIA, A. J. et al. Óleo Essencial De Alecrim (*Rosmarinus officinalis*) No Controle De Doenças E Na Indução De Resistência Em Videira. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 49, n. 5, p. 330–339, 2014.

MAIA, T. F.; DONATO, A.; FRAGA, M. E. Atividade Antifúngica de óleos Essenciais de Plantas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, n. 1, p. 105–116, 2015.

MARQUELLI, W. A. et al. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 429–434, 2011.

MARTINS et al. Atividade antibacteriana de óleos essenciais de citronela, alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e erva-cidreira no controle in vitro da bactéria *Ralstonia solanacearum* em tomateiro. **Tecnologia e Ciências |Agropecuária**, v. v.3,n.3, p. 29–34, 2009.

MARTINS, S. J. et al. Biological control of bacterial wilt of common bean by plant growth-promoting rhizobacteria. **Biological control**, v. 66, n. 1, p. 65-71, 2013.

MATASYOH, J.C. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. **Food Chemistry**, v. 113, n. 2, p. 526–529, 2009.

MATASYOH, J. C.; MAIYO, Z. C.; NGURE, R. M. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. **Food Chemistry**. v.113, n.2, p. 526–529, 2008.

MAYER, A. M.; STAPLES, R. C. Laccase: new functions for an old enzyme. **Phytochemistry**, v.60, p.551-565, 2002.

MAZON, S. **Desempenho de cultivares de tomateiro sob sistema orgânico de produção na região sudoeste do Paraná**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 41f, 2016.

MEDEIROS, M. A et al. Effect of plant diversification on abundance of South American tomato pinworm and predators in two cropping systems. **Horticultura Brasileira** 27: 300-306. 2009.

MEDICE, R. et al. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.1, p.83- 90, 2007.

MIRANDA, C. A. S. F. D. **Atividade Antioxidante de Óleos Essenciais de Folhas de Diversas Plantas**. Dissertação de mestrado- Universidade Federal de Lavras, 151 p, 2010.

MOHAMMADI, M.; KAZEMI, H. Changes in peroxidase and polyphenol oxidases activities in susceptible and resistance wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. **Plant Science**, v. 162, p. 491- 498, 2002.

MONTEZANO E. M; PEIL RMN. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência** 12: 129-132.2006.

MORAIS, et al. Óleos Essenciais no Controle de Doenças de Plantas. v. 17, 2009.

NADEEM, M. et al. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L.): A review. **British Food Journal**, v. 115, n. 5, p. 743–755, 2013.

NASCIMENTO, A. R.; FERNANDES, P. M.; BORGES, L. C.; MOITA, A. W.;

QUEZADODUVAL, A. M. 2013. Controle químico da mancha-bacteriana do tomate para processamento industrial em campo. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 15-24, 2013.

NASCIMENTO, D. M. et al. Essential oils control anthracnose in pepper seeds. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. 1-19, 2020.

NAZZARO, F. et al. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. **Pharmaceuticals**, v. 6, n. 12, p. 1451-1474, 2013.

NEDOVIC, V. et al. An overview of encapsulation technologies for food applications. **Procedia Food Science**, v. 1, p. 1806–1815, 2011.

NETO, B.P, L. **Desempenho produtivo e fisiológico do rabaneteiro em consorciação com espécies aromáticas e condimentares**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. p. 71 f, 2020.

NEZHAD, M.H.; ALAMSHAHI, L.; PANJEHKEH, N. Biocontrol efficiency of medicinal plants against *Pectobacterium carotovorum*, *Ralstonia solanacearum*, *Escherichia coli*. **The Open Conference Proceedings Journal**, v. 3, p. 46-51, 2012.

NIKAIDO, H.; VAARA, M. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability. **Microbiological Reviews**, v. 49, n. 1, p. 1–32, 2003.

NUNES, C. R. et al. Chemical Composition and Antifungal Activity of *Thymus Vulgaris* Essential Oil on *Aspergillus Niger*, *Penicillium Expansum*, *Sclerotinia Sclerotiorum* and *Sclerotium Rolfsii*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 14250–14260, 2021.

OLIVEIRA, C. M. **Murcha-de-Fusário do Tomateiro, causada por *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*, em Nova Friburgo, RJ: Raças, Resistência Genética e Manejo**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 142 p. 2017.

OLIVEIRA, F. L. et al. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 184–188, 2005.

OLIVEIRA, J. R. **Avaliação agroeconômica das culturas de rabanete e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas. Bahia. 36 p.2019.

OLIVEIRA, S. D. DA S. **Atividade antioxidante dos óleos essenciais de genótipos de *Croton***

*grewioides* Baill, *Croton tetradenius* Baill e seus compostos majoritários. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 31f. 2018.

OOTANI, M. A. ET AL. Use of essential oils in agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n.2, p. 162–174, 2013.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Mecanismos bioquímicos de resistência a doenças. In: LUZ, W. C. (Ed.). Revisão anual de patologia de plantas. Passo Fundo: **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.2, p.1-52, 1994.

PASSARDI, F.; COSIO, C.; PENEL, C.; DUNAND, C. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. **Plant Cell Reports**, v.24, p. 255-265, 2005.

PASSOS, J.L. et al. Chemical Characterization of Volatile Compounds of *Lantana camara* L. and *L. radula* Sw. and their Antifungal Activity. **Molecules**, v.17, n.10, p.11447-11455, 2012.

PEDROSA, F. P. DA C. **Bioatividade de óleos essenciais frente a bactérias fitopatogênicas do tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 74 p. 2016.

PEIXOTO, J. V. M. et al. Tomaticultura: Aspectos Morfológicos E Propriedades Físico-Químicas Do Fruto. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 1, p. 96–117, 2017.

PEREIRA, A. A. **Efeito inibitório de óleos essenciais sobre o crescimento de bactérias e fungos**. Dissertação de mestrado-Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 58 p, 2006.

PEREIRA, R. B. et al. Manejo da pinta preta: uma ameaça às lavouras de tomateiro a céu aberto. **Comunicado técnico 95**, p. 5. 2013.

PEREIRA, R. B.; CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J. B. **Recomendações para o manejo da septoriose em tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 96). 2013.

PEREIRA, R.B. et al. Extrato de casca de café, óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*) e acibenzolar-S-metil no manejo da cercosporiose-do-cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.43, n.10, p.1287-1296, 2008.

PEREIRA, R.B. et al. Potential of essential oils for the control of Brown eye spot in coffee

plants. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.1, p.115-23, 2011.

PERINI, V. B. DE M. et al. Avaliação do efeito curativo e preventivo do óleo essencial do capim citronela no controle de *Pyricularia grisea*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 2, p. 23–27. 2011.

PETHYBRIDGE, S. J.; NELSON, S. C. Leaf Doctor: A new portable application for quantifying plant disease severity. **Plant Disease**, v. 99, p. 1310-1316, 2017.

PICHERSKY, E., NOEL, J.P. DUDAREVA, N. Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. **Science**, v. 311, p.808-811, 2006.

PIETROBELLI, S. R. Eficiência de preparados vegetais no controle de doenças fúngicas e na indução de mecanismos de defesa em tomateiro. **Dissertação de Mestrado-Universidade Federal da fronteira Sul**, p. 81 f, 2019.

PINA-VAZ, C. et al. Atividade antifúngica dos óleos de *Thymus* e seus principais compostos. **Jornal da Academia Europeia de Dermatologia e Venereologia**, v. 18, n. 1, p.73-78, 2004.

PINTO, J. E. B. P. et al. **Cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Lavras: UFLA/FAEPE. p.222, 2001.

PLOTTO, A.; ROBERTS, D. D.; ROBERTS, R. G. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 628, p. 737-745, 2003.

PORTE, A.; GODOY, R. Alecrim (*Rosmarinus Officinalis* L.): propriedades antimicrobiana e química do óleo essencial. **Boletim CEPPA**, v. 19, n. 2, p. 193–210, 2001.

PORTZ, R.L. et al. Histological, physiological and molecular investigations of *Fagus sylvatica* seedlings infected with *Phytophthora citricola*. **Forest Pathology** 41: 202-211, 2011.

QUEIROZ, E. O. **Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum***. Dissertação de Mestrado Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 43 f, 2012.

QUEZADO-DUVAL, A. M. et al. **Levantamento de doenças e mosca-branca em tomateiro em regiões produtoras no Brasil**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 100, p. 1-36, 2013.

RAHMAN, M.; PUNJA, Z. K. Biochemistry of ginseng root tissues affected by rusty root symptoms. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.43, p.1103-1114, 2005.

RAŠKOVIĆ, A. et al. Antioxidant Activity of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Essential Oil and its Hepatoprotective Potential. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 14, p. 225, 2014.

REGINA, S.; GHERARDI, M. **Potencial antimicrobiano de óleos essenciais : uma revisão de literatura de 2005 a 2018**, 2020.

REIS, A.; LOPES, C. A. Doenças do Coentro no Brasil. **Circular Técnica**, p. 6, 2016.

RESENDE, A. L. S. et al. Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 41-46, 2010.

ROCHA, B. C. A. **Extração e Caracterização do Óleo Essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*)**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, p. 105, 2013.

RODRIGUES, N, J. Doenças bacterianas do tomateiro. In: SINIGAGLIA, C.; et al. (eds.) **Manejo integrado de pragas e doenças do tomateiro**. Manual Técnico – série especial, v. 6, p 42- 52, 2020.

ROMEIRO, R. S.; GARCIA, F. A. O. Indução de resistência em plantas a patógenos por eliciadores de natureza bacteriana. In: BETTIOL, W. MORANDI, M. A. B. (Ed.). **Biocontrole de Doenças de Plantas: uso e perspectivas**. Jaguariuna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 85–99.

SAKURAI, F. N. et al. Caracterização das propriedades funcionais das ervas aromáticas utilizadas em um hospital especializado em cardiopneumologia. **Demetra. Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 11, n. 4, p. 1097-1113, 2016.

SAMPAIO, P. J. O. **Composição e bioatividade de óleos essenciais de *Thymus vulgaris*, *Thymus citriodorus* e *Thymus fragrantissimus***. Dissertação de Mestrado. Universidade de



Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Portugal, p 87, 2019.

SANTOS NETO, J. DOS. Bioatividade de subprodutos de capim-limão e proteção do tomateiro, em sistema de cultivo orgânico, contra septoriose. **Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Proteção de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.**, 2012.

SCHONS, B. C. et al. Rosemary extract formulated with hydrogel in the control of root-knot nematode and in the activation of defense mechanisms in tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 107–114, 2022.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; PASCHOLATI, S. F. Mecanismos bioquímicos de defesa vegetal. In: PASCHOLATI, S. F. et al. **Interação planta-patógeno: fisiologia, bioquímica e molecular**. p.627. FEALQ, p. 227-248.2008.

SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. et al. **Indução de resistência em plantas a patógenos**. VII ed: Suprema Gráfica e Editora Ltda, v. 1, p. 55-72. 2014.

SCHWARZ, K. et al. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 410–418, 2013.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB)/ DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL (DERAL). **Olericultura Análise da Conjuntura Agropecuária**. 2020.

SEIXAS, P.T.L. et al. Controle fitopatológico do *Fusarium subglutinans* pelo óleo essencial do capim-citronela (*Cymbopogon nardus* L.) e do composto citronelal. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, p. 523-526, 2011.

SILVA, E. A. et al. Chemical composition of the essential oil of *Psidium guajava* leaves and its toxicity against *Sclerotinia sclerotiorum*. **Semina:Ciencias Agrarias**, v. 39, n. 2, p. 865–874, 2018.

SILVA, R. S. C. **Desempenho de óleos essenciais de manjeriço (*Ocimum basilicum*) e melaleuca, com potencial controle da antracnose na pós-colheita da banana prata**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR., p.85, 2019.

SILVA, R. S.; OLIVEIRA, M. M. G.; MELO, J. O.; BLANK, A. F.; CORRÊA, C. B.; SCHER, R.; FERNANDES, R. P. M. Antimicrobial activity of *Lippia gracilis* essential oils on the plant pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and their effect on membrane integrity. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 160, p. 40-48, 2019.

SIMON, J. M. et al. Atividade fungitóxica de extratos vegetais e produtos comerciais contra *Diplocarpon rosae*. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 4, p. 351-356, 2016.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Tropica**, Chapadinha, v.1, n.1, p.9-19, 2007.

SOTELO, J. P. et al. Effect of *Thymus vulgaris* essential oil on soybeans seeds infected with *Pseudomonas syringae*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 116, p. 101735, 2021.

Souza, J.L; Resende, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2ªed. Aprenda Fácil. 843 p. 2003.

SOUZA, R. V.; Potencial antifúngico de constituintes de óleos essenciais Antifungal potential of essential oil constituents. **Research, Society and Development**, v. 2021, p. 1-15, 2021.

SOYLU, E. M.; KURT, S.; SOYLU, S. *In vitro* and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 143, n. 3, p. 183-189, 2010.

STANGARLIN, J. R. et al. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 1, p. 18-46, 2011.

SWAMY, M. K.; AKHTAR, M. S.; SINIAH, U. R. Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: An updated review. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2016, 2016.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Artmed. p.719. 2004.

THIPYAPONG, P.; HUNT, M. D.; STEFFENS, J. C. Antisense downregulation of polyphenol oxidase results in enhanced disease susceptibility. **Planta**, v.220, p.105- 117, 2004.

TOLEDO, M.V. **Fungitoxicidade contra *Alternaria solani*, controle da pinta preta e efeito sobre o crescimento do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) por medicamentos**

**homeopáticos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon. 94 f. 2009.

TRAN, L. T.; TAYLOR, J. S.; CONSTABEL, C. P. The polyphenol oxidase gene family in land plants: Lineage-specific duplication and expansion. **Biomed Central Microbiology**, v.13, n.395, p.1-12, 2012.

TRIACA, T.; et al. Avaliação in vivo do fermentado botânico de *Ilex paraguariensis* frente ao fungo *Sclerotinia sclerotiorum* no cultivo de alface crespa. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.11, n.1, p.51-58, 2018.

TRINGOVSKA, I. et al. Effect of companion plants on tomato greenhouse production. **Scientia Horticulturae**, v. 186, p. 31–37, 2015.

TROMBETTA, D. et al. Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**. v. 49, n. 6, p. 2474-2478, 2005.

TZORTZAKIS N. G.; ECONOMAKIS, C. D. Antifungal activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against key postharvest pathogens. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, Dublin, v. 8, n. 2, p. 253- 258, 2007.

UMESHA, S. Phenylalanine ammonia lyase activity in tomato seedlings and its relationship to bacterial canker disease resistance. **Phytoparasitica**, v.34, n.1, p.68-71, 2006.

VANDERMEER, J.H. Intercropping. In: GLIESSMAN, S.R. (Ed.) **Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture**. P.481-516.1990.

VASCONCELOS, S. C. et al. Composição química, atividade bactericida e antioxidante dos óleos essenciais das folhas de *Ocimum basilicum* e *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8. 2021.

VELOSO, R. A. **Óleos Essenciais Como Controle Alternativo De Fitopatógenos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Tocantins, Tocantins, 140 f, 2016.

VENDRUSCOLO, G. S.; MENTZ, L. A. Estudo da concordância das citações de uso e importância das espécies e famílias utilizadas como medicinais pela comunidade do bairro. **Acta Botânica Brasileira**, Feira de Santana, v. 20, n. 2, p. 367-382, 2006.

VIANA, J. S. et al. Qualidade da semente de tomateiro sob cultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, 2002.

VIEIRA, M. C. et al. Consórcio de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) e alface sob dois arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, p.169-174, 2012.

Vigo-Schultz, S.C. et al. Atividade *in vitro* de óleos essenciais sobre *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. **Summa Phytopathologica**, v.32, p.20, 2006.

VISMARA, L. D. E. S. **Óleos essenciais na indução de resistência em morangos ao mofo cinzento, à *Botrytis cinerea* in vitro e ação toxicológica**. Tese Doutorado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR, 212 f, 2019.

WAN, J.; WILCOCK, A.; COVENTRY, M. J. The effect of essential oils of basil on the growth of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 84, n. 2, p. 152–158, 1998.

WILLETT, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet Commissions**, v. 393, n. 10170, p. 447–492, 2019.

XAVIER, K. V. **Extratos de cascas de maracujá e de laranja na indução de resistência em cafeeiro contra a ferrugem e em tomateiro contra mancha bacteriana**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras. Lavras. 85p. 2011.

YAO, H.; TIAN, S. Effects of pre and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.35, p.253-262, 2005.

ZAMBONELLI, A; DAULERIO, A. Z; BIANCHI, A; ALBASINI, A. Effects of essential oils on phytopathogenic fungi in vitro. **J Phytopathol**, v. 144, p. 491-494, 1996.

ZAOUALI, Y.; BOUZAINÉ, T.; BOUSSAÏD, M. Essential oils composition in two *Rosmarinus officinalis* L. varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities. **Food and Chemical Toxicology**, 48(11):3144-3152. 2010.

ZILLO, R. R. **Óleo essencial associado à película de carboximetilcelulose no controle da antracnose e seu efeito na vida útil de mamão (*Carica papaya* L.)**. Dissertação de mestrado-USP-PIRACICABA, p. 94, 2017.