



JÚLIA LIMA BAUTE

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TOMATE
REVESTIDAS POR NANOEMULSÃO DE ÓLEO ESSENCIAL
NO CONTROLE DA FUSARIOSE**

LAVRAS-MG

2023

JÚLIA LIMA BAUTE

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TOMATE REVESTIDAS POR
NANOEMULSÃO DE ÓLEO ESSENCIAL NO CONTROLE DA FUSARIOSE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora
Prof. Dr. Vagner Tebaldi de Queiroz
Coorientador
Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho
Coorientador

LAVRAS-MG

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Baute, Julia Lima.

Qualidade fisiológica de sementes de tomate revestidas por
nanoemulsão de óleo essencial no controle da fusariose / Julia Lima
Baute. - 2023.

56 p. : il.

Orientador(a): Raquel Maria de Oliveira Pires.

Coorientador(a): Vagner Tebaldi de Queiroz.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. timol. 2. revestimento ativo. 3. Thymus vulgaris. I. Pires,
Raquel Maria de Oliveira. II. de Queiroz, Vagner Tebaldi. III.
Título.

JÚLIA LIMA BAUTE

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TOMATE REVESTIDAS POR
NANOEMULSÃO DE ÓLEO ESSENCIAL NO CONTROLE DA FUSARIOSE**

**PHYSIOLOGICAL QUALITY OF TOMATO SEEDS COATED WITH ESSENTIAL OIL
NANOEMULSION IN THE CONTROL OF FUSARIOSIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 16 de janeiro de 2023.

Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires	UFLA
Dr. Everson Reis Carvalho	UFLA
Dra. Marcela Carlota Nery	UFVJM

Profa. Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora
Prof. Dr. Vagner Tebaldi de Queiroz
Coorientador
Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho
Coorientador

LAVRAS-MG

2023

Dedico, primeiramente, á Deus e ao meu pai, Fernando (In memoriam).

À minha mãe Valéria, meus irmãos, Nayara e Juliano e ao meu namorado, Mateus.

*Á UFLA, aos professores e a todos os colaboradores que trabalham comigo
e me auxiliaram na criação desse projeto.*

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento, primeiramente, a Deus, por ter me concedido a vida, me guiado pelos melhores caminhos e ter me dado oportunidades tão incríveis durante toda minha trajetória acadêmica.

A UFLA, ao programa de pós-graduação em Agronomia/ Fitotecnia, ao Departamento de Agricultura (DAG-UFLA) e as agências de fomento que apoiam a pesquisa, são elas; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Ao meu pai, Fernando Baute, em memória, que sempre trabalhou muito para dar a mim e aos meus irmãos uma educação de qualidade. A minha mãe, Valéria Maria de Lima Baute, meus irmãos, Nayara Lima Baute e Juliano Baute e ao meu eterno namorado, Mateus Vilas Boas Barbosa, que me apoiaram desde o início da minha jornada acadêmica e acreditaram no meu potencial.

E por fim, muito obrigada a todos os integrantes da banca que se disponibilizaram a participar da minha defesa de dissertação e a equipe do Setor de Sementes, em especial, a minha orientadora, Raquel Maria de Oliveira Pires e aos meus colegas de trabalho que me auxiliaram durante todo o processo do experimento, desde a montagem até as análises finais, em prol do conhecimento e da pesquisa.

RESUMO GERAL

Diversas culturas destinadas à produção de alimentos estão sujeitas ao ataque de pragas e doenças. No caso específico do tomate (*Solanum lycopersicum* L.), as lavouras são afetadas por inúmeros patógenos com destaque para a Fusariose causada pelo agente etiológico *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (FOL). O tratamento químico errado de sementes tem levado ao desenvolvimento de cepas resistentes, poluição do meio ambiente e riscos à saúde dos trabalhadores. Diante disso, o uso de óleos essenciais extraídos de plantas é um tratamento alternativo. O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito do revestimento ativo à base de amido, incorporado com nanoemulsão em óleo essencial de tomilho, na qualidade fisiológica de sementes de tomate. Inicialmente, as sementes das cultivares Ibiza e Napolitano foram desinfestadas, e posteriormente, inoculadas com *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. Foram definidos 8 tratamentos para cada cultivar, sendo eles; T1 (sementes de tomate sem tratamento - Controle); T2 (sementes inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes inoculadas e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes inoculadas e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes inoculadas e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm), em que foram submetidos aos seguintes testes; teor de água, sanidade, primeira contagem de germinação, germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado e análise de imagem. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições e aplicado Scott-Knott a 5% de probabilidade, e também uma estatística multivariada através da análise dos componentes principais (PCA). Concluiu-se que não houve efeito fitotóxico do óleo essencial na germinação das sementes de tomate, com exceção do uso de duas camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000 ppm. Para as cultivares Ibiza e Napolitano, os demais tratamentos mostraram-se eficientes no controle da fusariose sem afetar a qualidade de sementes de tomate.

Palavras-chave: timol, revestimento ativo, *Thymus vulgaris*.

ABSTRACT

Several crops intended for food production are susceptible to pest attacks and diseases. In case of tomato (*Solanum lycopersicum L.*), the fields are affected by many pathogens, especially Fusariosis, which is caused by *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* (FOL). The chemical treatment of seeds has caused the development of resistant variants, environmental pollution and risks to workers' health. Therefore, the use of essential oils extracted from plants is an alternative treatment. The aim of this work was to evaluate the effect of the coating starch-based, incorporated with nanoemulsion in thyme essential oil on the physiological potential of tomato seeds. Initially, the seeds of cultivars Ibiza and Napolitano were disinfested and subsequently inoculated with *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici*. Eight treatments were defined for each cultivate: T1 (untreated tomato seeds - Control); T2 (seeds inoculated with *F. oxysporum.*); T3 (seeds inoculated and treated with 0 ppm thyme EO nanoemulsion); T4 (seeds inoculated and treated with nanoemulsion of Thyme EO 5,000ppm); T5 (seeds inoculated and treated with thyme EO nanoemulsion 10,000ppm); T6 (2 layers of incorporated coating with thyme EO nanoemulsion at 0 ppm); T7 (2 layers coating incorporated with thyme EO nanoemulsion at 5,000 ppm) and T8 (2 layers of coating incorporated with thyme EO nanoemulsion a 10,000ppm) which underwent to the following tests; water content, seed health, first counting, germination, emergence, emergence speed index, accelerated aging and image analysis. The experimental design was the completely randomized design (CRD), with 4 replications and Scott-Knott applied at 5% probability, and also a multivariate statistics through the analysis of the principal components (PCA). It was concluded that there was no phytotoxic effect of the oil essential in the germination of tomato seeds, with the exception of the use of two layers coating incorporated with thyme EO nanoemulsion at 10,000 ppm. Considering the cultivars Ibiza and Napolitano, the other treatments were efficient in control of fusariosis without affecting the quality of tomato seeds.

Key words: thymol, active coating, *Thymus vulgaris*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios de primeira contagem - PC(%), germinação - G(%), plântulas anormais - ANOR(%) e sementes mortas - MOR(%) de sementes e plântulas de tomate da cultivar Ibiza submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento – Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum.*); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 31

Tabela 2. Valores médios de primeira contagem - PC(%), germinação - G(%), plântulas anormais – ANOR (%) e sementes mortas - MOR(%) de sementes e plântulas de tomate da cultivar Napolitano submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum.*); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 32

Tabela 3. Valores médios de plântulas normais aos 5 e 14 observados no teste de emergência (E%), das cultivares Ibiza e Napolitano submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum.*); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 34

Tabela 4. Teste de envelhecimento acelerado para os tratamentos da cultivar Ibiza, sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum.*); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).....45

Tabela 5. Teste de envelhecimento acelerado para os tratamentos da cultivar Napolitano, sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum.*); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 39

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Fluxograma esquemático dos tratamentos utilizados no presente trabalho e testes realizados..... 29
- Figura 2.** Proporção cumulativa de emergência de plântulas de tomate (cultivar Ibiza) em relação aos dias do teste (A) e efeito dos tratamentos sobre a velocidade de germinação de sementes de tomate (cultivar Ibiza), sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 37
- Figura 3.** Proporção cumulativa de emergência de plântulas de tomate (cultivar Napolitano) em relação aos dias do teste (A) e efeito dos tratamentos sobre a velocidade de germinação de sementes de tomate (cultivar Napolitano), sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 37
- Figura 4.** Características de comprimento do hipocótilo aos 5 dias (A) e 14 dias (B), tamanho da raiz primária aos 5 dias (C) e 14 dias (D) e comprimento total aos 5 dias (E) e 14 dias (F) de plântulas de tomate (cultivar Ibiza) submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de

revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 42

Figura 5. Características de comprimento do hipocótilo aos 5 dias (A) e 14 dias (B), tamanho da raiz primária aos 5 dias (C) e 14 dias (D) e comprimento total aos 5 dias (E) e 14 dias (F) de plântulas de tomate (Cultivar Napolitano) submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 42

Figura 6. Biplot de análise de componentes principais (PCA) considerando os tratamentos (A) e Biplot de análise de componentes principais (PCA) considerando os tratamentos destacando as regiões (dados clusterizados) para a cultivar Ibiza, considerando os seguintes tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 44

Figura 7. Biplot de análise de componentes principais (PCA) considerando os tratamentos (A) e Biplot de análise de componentes principais (PCA) considerando os tratamentos destacando as regiões (dados clusterizados) para a cultivar Napolitano, considerando os seguintes tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a

5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm)..... 44

LISTA DE ABREVIATURAS

FOL	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>Lycopersici</i>
OE	Óleos essenciais
SF	Soluções filmogênicas
G	Germinação
PC	Primeira contagem
TE	Teste de emergência
IVE	Índice de velocidade de emergência
EA	Envelhecimento acelerado
RAS	Regra para Análise de Sementes
PCA	Análise de componentes principais
ANOVA	Análise de variância
MLG	Modelos lineares generalizados
ANODEV	Análise da deviance

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Cultura do tomate	17
2.2	Fusariose no tomateiro.....	18
2.3	Qualidade sanitária de sementes	20
2.4	Óleos essenciais e tratamento de sementes	22
2.5	Uso de revestimento ativo em sementes	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o oitavo maior produtor mundial de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), produzindo cerca de três milhões de toneladas/ano, sendo esta cultura considerada a segunda mais importante economicamente, dentre todas as hortaliças cultivadas no Brasil, atrás apenas da cultura da batata, chegando ao mercado in natura ou processada (GUEIROS, 2019).

Para garantir um adequado estabelecimento de plantas no campo, é de extrema importância a utilização de sementes que atendam aos atributos de qualidade genética, física, fisiológica e sanitária (CONRAD; RADKE; VILLELA, 2017). Um dos atributos, a qualidade sanitária está ligada aos microrganismos presentes nas sementes. Os patógenos provocam efeito deletério nas mesmas, ocasionam baixa germinação, baixo vigor e redução de rendimento (BASSO; FERREIRA, 2018).

O tomate é considerado uma das culturas mais susceptíveis ao ataque de organismos fitopatogênicos, com relatos de cerca de duzentas doenças que afetam a produção no mundo todo, sendo os fungos responsáveis pela maioria das doenças infecciosas (ROSA et al., 2019).

Dentre as doenças fúngicas que afetam o cultivo de tomate, destaca-se a fusariose, causada por diferentes raças do fungo de solo, sendo um deles o *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) que devido a sua capacidade de produzir estruturas de resistência pode permanecer viável durante anos no solo e nos restos de culturas, sendo disseminado principalmente por meio de sementes e solos contaminados (REIS; LOPES, 2007).

O único fungicida registrado para o controle do FOL na cultura do tomate, tem como ingrediente ativo, o Tiabendazol (AGROFIT, 2022). Há uma certa restrição da disponibilidade de ingredientes ativos para as olerícolas, o que corrobora com o desenvolvimento de cepas resistentes. Ao mesmo tempo que a aplicação de fungicidas tem trazido benefícios à produtividade das culturas hortícolas, a prática provoca risco de contaminação dos trabalhadores, resíduos de agrotóxicos nos frutos, impactos no meio ambiente e elevação dos custos (JUNIOR, 2019; SELLITTO et al., 2021).

A ausência de aplicações de fungicidas e pesticidas é o que causa o maior impacto na redução da produção de tomates em sistemas orgânicos, quando comparado ao sistema convencional de produção (RONGA et al., 2019). Em virtude de tais limitações, é necessário o desenvolvimento de alternativas eficazes, ecologicamente corretas e de baixa toxicidade para reduzir o uso dos agrotóxicos comerciais. Nesse contexto, métodos de controle de doenças que sejam menos agressivos e condizentes com os princípios da agricultura sustentável, como o uso de produtos naturais provenientes de plantas utilizadas como alimentos, pode ser uma

alternativa que representaria ganhos consideráveis na produção de hortaliças mais saudáveis e sem resíduos de potencial tóxico (CARMELLO; CARDOSO, 2018).

É fato que muitos compostos provenientes do metabolismo secundário de plantas, e biossintetizados por estas, apresentam ação antifúngica, podendo ser utilizados na forma de extratos vegetais e óleos essenciais no controle de fungos fitopatogênicos (WAN et al., 2017). O timol e seu isômero carvacrol, por exemplo, são importantes metabólitos fenólicos extraídos do óleo essencial de plantas, como o tomilho e orégano (MARCHESE et al., 2016).

Buscando ampliar a base de informações sobre o efeito de óleos essenciais na germinação de sementes e no desenvolvimento de plântulas, é vigente a utilização da análise de imagens que utiliza a inteligência artificial do software do GroundEye® para mensuração das características das plântulas. O objetivo no presente trabalho foi avaliar o efeito de óleos essenciais extraídos de plantas de tomilho na qualidade fisiológica de sementes de tomate.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do tomate

O tomate, *Lycopersicon esculentum Mill.* é uma das hortaliças mais importantes do mundo, sendo muito apreciado pelo sabor e pela concentração de substâncias benéficas. Pertence à família das Solanáceas, que teve sua origem na zona andina da América do Sul, sendo domesticada no México e em seguida introduzida na Europa, mais tarde, se disseminou para a Ásia meridional e oriental, África e Oriente Médio com grande variabilidade de gêneros e ampla adaptabilidade em diferentes regiões (DOSSA; FUCHS, 2017).

Apresenta grande importância socioeconômica em todo o mundo, sendo responsável por alimentar milhões de pessoas direta ou indiretamente. É considerada uma cultura estratégica, pois sua produção é diversificada com altos rendimentos e ciclo relativamente curto, com produção em pequenas propriedades até grandes agroindústrias, movimentando uma rica cadeia produtiva, com faturamento de 12 bilhões em 2020, segundo o Anuário Brasileiro de Hortaliças (2022).

No cenário mundial, a China é o maior produtor de tomate, com mais de um milhão de hectares e com produção média de 56 milhões de toneladas por ano, seguido pela Índia e Estados Unidos. O Brasil ocupa o 8º lugar na produção de tomate com cerca de 3.917.967 toneladas no ano de 2019, em área colhida de 54.537 ha e produtividade média de 71.840 kg/ha (FAOSTAT, 2019).

O tomate tem a sua produção destinada à indústria de processamento (tomate rasteiro) ou para consumo in natura (tomate tutorado) (MELO, 2017). O fruto ocupa lugar de destaque na mesa do consumidor, sendo considerado um alimento funcional devido aos altos teores de vitaminas A e C, e minerais importantes, como fósforo e potássio, além de cálcio, ácidos fólicos e frutose. Também é rico em licopeno, substância conhecida no combate a radicais livres produzidos no organismo humano. O consumo dessa substância, presente tanto no fruto fresco como no processado, ajuda na prevenção de câncer, como aqueles relacionados aos aparelhos; digestivo e de próstata (MELO, 2017).

Considerando as condições tropicais do Brasil, o tomateiro é uma cultura que está propensa a várias doenças que podem ser causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides e que podem limitar a produção agrícola durante o plantio e pós-colheita. Segundo Lopes e Ávila (2005), apesar de cerca de duzentas doenças já terem sido relatadas na cultura, raramente mais de cinco dessas aparecem ao mesmo tempo, porém a ocorrência das mesmas pode resultar em

grandes danos e prejuízos, chegando a limitar a produção em algumas épocas de cultivo e regiões do país.

Os fungos são considerados os grandes vilões da cultura, responsáveis pelo maior número de doenças e, também, por grande parcela do custo de produção, devido ao uso de fungicidas para o controle destes agentes (LOPES; ÁVILA, 2005). Dessa forma, o controle das doenças causadas por fungos na cultura, baseia-se no emprego de medidas preventivas, que desfavoreçam a introdução, multiplicação e disseminação desses patógenos (LOPES; REIS; ÁVILA, 2003; KUROZAWA; PAVAN, 2005; LOPES; ÁVILA, 2005). A fusariose ou murcha de *Fusarium* do tomateiro está entre as principais doenças que afetam a cultura e é causada pelo agente etiológico *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL). E uma das medidas que pode contribuir no manejo dessa doença é o tratamento de semente.

2.2 Fusariose no tomateiro

No Brasil, o fungo FOL já é conhecido e datado em terras brasileiras desde o início do século passado, tendo seu primeiro relato no estado de São Paulo (ARRUDA, 1941). O fungo apresenta estruturas de resistência possibilitando sua sobrevivência mesmo em condições adversas, garantindo sua viabilidade em áreas de cultivo (FILHO et al., 2015).

A doença pode se manifestar em qualquer estágio de desenvolvimento do tomateiro, são eles; enraizamento, desenvolvimento vegetativo, floração, frutificação e maturação dos frutos. Porém, é mais comum na planta adulta a partir do estágio de floração e frutificação. É uma doença radicular, favorecida por temperatura alta e solos arenosos e/ou ácidos. O patógeno dissemina-se a curtas distâncias por meio de mudas infectadas, implementos agrícolas e da água de irrigação. No entanto, o modo mais eficiente de disseminação a longas distâncias é a transmissão por sementes contaminadas.

Os sintomas iniciais da doença aparecem como amarelamento das folhas mais velhas, progredindo para as mais novas. Nos períodos mais quentes do dia, as folhas superiores murcham, devido ao comprometimento do sistema vascular da planta pela presença do patógeno nos vasos do xilema. Após o dano total do sistema vascular da planta, ela murcha de forma definitiva e morre (QUEZADO-DUVAL; ZAMBOLIM, 2022).

O fungo produz hifas que são emitidas pelos seus poros, as quais penetram nas raízes da planta através de aberturas naturais ou ferimentos provocados por insetos, nematoides e tratos culturais. Após a penetração, o fungo se desenvolve chegando aos vasos do xilema. As células são colonizadas promovendo a distribuição sistêmica do fungo pela planta, podendo atingir os frutos e as sementes. Como estratégia de defesa, as plantas acumulam gomas, géis e

tiloses nos vasos, resultando na obstrução dos vasos do xilema, o que dificulta a absorção de água e nutrientes para a parte superior da planta (REIS; BALDONI; OLIVARES, 2008).

Sendo um patógeno do solo, o FOL pode sobreviver como clamidósporos no meio por longos períodos e em restos de plantas. As sementes são as principais responsáveis pela disseminação do fungo a longas distâncias, enquanto a disseminação a curta distância está associada, principalmente, a práticas agrícolas, água e vento, espalhando seus conídios facilmente por correntes de ar (GORDON, 2017). Por isso o tratamento de sementes é importante, para evitar a disseminação da doença.

O fungo FOL está agrupado em três raças fisiológicas conforme a capacidade de infectar e causar doença. As raças 1 e 2 estão amplamente distribuídas no mundo e no Brasil, enquanto a raça 3 já foi relatada nos estados do Espírito Santo (REIS et al., 2005) Rio de Janeiro, Bahia e Minas Gerais (REIS; BOITEUX, 2007).

A erradicação de patógenos do solo, como o FOL, são preventivas, visto que após a infestação do solo, é impossível sua eliminação. Tais ações se baseiam em um programa de manejo integrado, consistindo em fungicidas, agentes de controle biológicos e o uso de cultivares resistentes, quando disponíveis. Estratégias adicionais abrangem o uso do tratamento de semente, enxertos resistentes, substratos orgânicos, solarização do solo e rotação de culturas não hospedeiras (gramíneas) por pelo menos cinco anos. Estas duas últimas, embora reduzam a população do patógeno, são de custo elevado e eficiência limitada devido a persistência do fungo no solo (VILLELA, 2015).

O tratamento químico de sementes é um procedimento importante na produção agrícola. Porém, para esse patógeno no tomate, no Brasil, somente um ingrediente ativo está registrado para essa finalidade, tiabendazol (AGROFIT, 20022). Seu uso contínuo gera a resistência de cepas.

No entanto, em busca de uma agricultura mais sustentável, que atenda os preceitos de agricultura orgânica e da segurança alimentar, alternativas para o tratamento de sementes estão sendo cada vez mais estudadas. Destas alternativas, destaca-se a utilização de compostos bioativos, como os óleos essenciais (OEs) que podem contribuir para o tratamento de sementes por meio de sua incorporação em revestimentos biodegradáveis.

2.3 Qualidade sanitária de sementes

A qualidade das sementes é o somatório de todos os atributos; genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que influenciam no desempenho vital das mesmas, caracterizada pela germinação, vigor e produtividade. A interação desses componentes expressa a qualidade final das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Cerca de 90% das espécies cultivadas para produção de alimentos são oriundas da propagação via sementes, o que ressalta a importância da qualidade sanitária que os lotes de sementes devem apresentar, refletindo diretamente na produção agrícola (GOULART, 2018).

As sementes são fonte de disseminação de diversas doenças sendo responsáveis por danos aos cultivos agrícolas, desse modo, a fim de evitar doenças causadas por patógenos fúngicos a adoção de medidas de controle é indicada e de extrema importância (MCGOVERN, 2015). Segundo a revista Nosso Alho (2014), as medidas de controle mais comuns são; plantio de cultivares resistentes às raças fisiológicas 1 e 2 de *F. oxysporum* f. sp. *Lycopersici*, utilização de porta enxertos, uso de sementes e mudas sadias em áreas livres do patógeno, além das práticas culturais como solarização, rotação de culturas não hospedeiras e calagem do solo visando aumentar o ph.

No caso das espécies de hortaliças, a produção de mudas e o posterior transplantio, é a técnica mais utilizada para propagação, sendo que o uso de sementes de alta qualidade para formação dessas mudas, é importante para se obter a produtividade esperada (NASCIMENTO et al., 2011; NASCIMENTO, 2005). Como limitação, tem-se que a maioria das doenças de importância econômica das grandes culturas e das hortaliças, é transmitida pelas sementes (GOULART, 2005).

Quando associados às sementes, os microrganismos patogênicos, podem comprometer a germinação e causar uma série de danos, entre eles, o baixo vigor devido a deterioração de tecidos embrionários, mortes na pré-emergência da plântula, tombamentos, podridões radiculares, manchas necróticas em folhas, caules, frutos e sistema vascular, deformações, descolorações e infecções latentes (PIVETA et al., 2010).

Dessa forma, a utilização de sementes isentas de patógenos ou dentro de padrões de tolerância estabelecidos para as culturas, quando existentes, é fundamental para diminuir a disseminação dos agentes. Do ponto de vista sanitário, isso significa que a semente ideal deve ser livre de qualquer microrganismo indesejável. No entanto, a obtenção de tais sementes dificilmente é alcançada, pois a qualidade sanitária é fortemente influenciada pelas condições climáticas em que estas são produzidas e armazenadas (GAUR; SHARMAM, 2010).

Nas regiões tropicais, a umidade e temperatura elevadas, além de serem os dois principais fatores de aceleração do processo de deterioração, favorecem o crescimento e desenvolvimento de patógenos, fazendo com que as sementes se tornem vulneráveis ao ataque dos mesmos, tanto em campo quanto no armazenamento. Esta última etapa, tem assumido um importante papel, uma vez que visa à preservação da qualidade das sementes, no intuito de proporcionar um ambiente no qual as mudanças fisiológicas, bioquímicas e sanitárias sejam mantidas em um nível aceitável (NASCIMENTO, 2011).

Os fungos do gênero *Fusarium* são frequentemente encontrados associados às sementes de tomate (PARISI; MEDINA, 2017), ocasionando prejuízos na germinação e no vigor das sementes, podendo consequentemente prejudicar o potencial de armazenamento destas. Assim, o uso de sementes de elevada qualidade e o conhecimento dos fatores que as afetam são essenciais para a implantação de qualquer sistema de cultivo, permitindo a expressão do potencial máximo da cultivar em questão (BARBOSA et al., 2012).

A velocidade do processo de deterioração durante o período de armazenamento pode ser reduzida em função de vários fatores, dentre eles; o tratamento fitossanitário (SALES et al., 2011). De maneira geral, o tratamento de sementes compreende qualquer operação com o material de estudo, incluindo o manejo por meio da incorporação, na superfície das sementes ou internamente, de produtos químicos ou biológicos, e/ou o emprego de agentes físicos. O objetivo do tratamento de sementes é assegurar a qualidade sanitária das mesmas, durante o período compreendido entre a semeadura, a germinação e a emergência da plântula, via aplicações de produtos químicos para a desinfecção e proteção destas contra patógenos, especialmente para aqueles fungos que se associam às sementes ou que já se encontram no solo (ABATI; BRZEZINSKI; HENNING, 2013).

O controle químico de sementes é o mais empregado em todo o mundo em razão de sua simplicidade e melhor relação custo/benefício para o produtor. No entanto, o uso de produtos químicos sintéticos no tratamento de sementes pode causar problemas ambientais devido ao seu efeito poluente, elevada toxicidade e biodegradação lenta (ALVES et al., 2010). Para alguns patógenos, como o *Fusarium*, que causa a morte de sementes e plântulas, o tratamento com produtos químicos é uma prática eficiente, porém com restrições, já que pesquisas têm evidenciado que a fitotoxicidade pode afetar drasticamente a qualidade fisiológica das sementes, comprometendo o estabelecimento e a produtividade da cultura (PEREIRA et al., 2016), principalmente quando armazenadas.

Os principais sintomas encontrados para fitotoxicidade em sementes de tomate são: rigidez, encurtamento, fissuras nos hipocótilos, atrofia do sistema radicular e atraso do desenvolvimento vegetativo da parte aérea (TOLEDO, 2011).

Em virtude de tais limitações, busca-se produtos sustentáveis com os padrões de produção agrícola livre de agrotóxicos. Logo, o uso de produtos naturais como medida de controle alternativo vem sendo avaliado, a redução no uso de agrotóxicos pela adoção de práticas mais sustentáveis tem impulsionado essa área de estudo, com aumento significativo de trabalhos nos últimos anos (ABATI et al., 2014). Nessa linha, o uso de óleos essenciais é uma opção a ser avaliada e lapidada.

2.4 Óleos essenciais e tratamento de sementes

A maioria dos produtos para tratamento de sementes são sintéticos, sendo aplicados em formulações e dosagens diversas, não podendo, por este motivo, serem utilizados no setor orgânico. Como alternativa, produtos naturais extraídos de plantas, como extratos e óleos essenciais, estão sendo investigados por apresentarem propriedades antimicrobianas capazes de controlar patógenos associados às sementes (MORAIS et al., 2001).

As plantas aromáticas e medicinais, de modo geral, têm, em sua composição, substâncias que podem exercer importantes funções na interação planta-patógeno, por ação bactericida, fungitóxica ou indução de respostas de defesa da planta, através da produção de fitoalexinas, aumento da atividade das proteínas relacionadas à patogênese e da síntese de outros compostos bioquímicos e estruturais de defesa da planta (VIGO-SCHULTZ, 2006; PEREIRA, 2016).

Estudos conduzidos com óleo essencial ou extrato bruto, extraídos de plantas medicinais, têm mostrado o potencial de controle de fitopatógenos destes produtos, por ação fungitóxica direta e/ou pela indução de produção de fitoalexinas e outros compostos de defesa (FRANZENER et al., 2007).

Os óleos essenciais são produzidos por meio de vias metabólicas secundárias das plantas e compreendem misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas, que ocorrem em estruturas secretoras especializadas das plantas (folhas, flores, caule, frutos e raízes) para sua reprodução e sobrevivência. Além disso, esses óleos exercem funções importantes contra herbivoria, alelopatia, ataque de patógenos, atração de polinizadores e dispersores de sementes. Apresentam também ação protetora contra estresses abióticos como limitação de água, mudanças de temperatura, níveis de luz, exposição à UV e deficiências de nutrientes minerais(WOLFFENBUTTEL, 2011).

O tomilho (*T. vulgaris*) é um subarbusto perene pertencente à família Lamiaceae, muito utilizado para a extração de óleo essencial no controle de doenças em plantas, por apresentar altas concentrações do timol e carvacrol, além de outras substâncias como os terpenóides, esteróides, alcalóides, taninos, fenóis, cumarinas e flavonóides. Estes compostos podem ocasionar efeito alopático e têm sido uma alternativa para substituir os agrotóxicos, promovendo um manejo mais sustentável e ecológico (GUSMAN et al., 2011).

Considerando que revestimentos vêm sendo empregados na preservação de frutas e hortaliças, a incorporação de OE a uma matriz polimérica representa uma alternativa para sua utilização fora das condições laboratoriais (MONTES et al., 2013). Os OEs possuem propriedades hidrofóbicas e sua incorporação nos revestimentos é facilitada pela formação de nanoemulsão. As nanoemulsões possuem como vantagem o tamanho de partícula em escala nanométrica, o que pode aumentar a ação contra micro-organismos e também melhorar as propriedades físicas e químicas das películas (AHMAD et al., 2014). Revestimentos também vêm sendo utilizados no tratamento de sementes por meio da peliculização, como uma camada fina de polímero sobre sementes, apresentando distribuição uniforme dos materiais aplicados (KRISHNAMOORTHY; RAJIV, 2018).

Na peliculização as sementes são revestidas com um filme líquido, geralmente feito em camada única. Este proporciona boa adesão e distribuição dos ingredientes ativos e o formato e peso das sementes neste processo não são alterados. No entanto, agentes de revestimento de sementes tradicionais geralmente contêm pesticidas tóxicos que são prejudiciais à saúde humana, animal e ao meio ambiente (HUANG et al., 2015). Portanto, a preparação de um novo agente de revestimento de sementes ecologicamente correto tornou-se um importante tópico de pesquisa, no campo da agricultura e da conservação ambiental (ZENG et al., 2018).

Alguns trabalhos mostraram a eficiência do uso de óleos essenciais para o controle de patógenos em sementes. Morais et al. (2008), ao avaliar o efeito dos óleos essenciais de melaleuca (*Melaleuca sp.*), capim-limão (*Cymbopogon citratus* e *C. flexuosus*) e manjerição (*Ocimum sp.*) na sanidade de dois lotes de sementes de feijão, observaram uma menor incidência de alguns fungos (*Aspergillus spp.*, *Penicillium spp* e *Cladosporium sp.*), porém os autores constataram redução na germinação das sementes quando tratadas com *C. citratus* e *C. flexuosus* e *melaleuca*.

Costa et al. (2008) estudaram a ação do óleo essencial de citronela, com concentrações variando de 0,25% a 8,0%, sobre *Erwinia carotovora* (*sin. Pectobacterium carotovora*), e verificaram a formação de halos de inibição maiores do que o proporcionado pelo antibiótico tetraciclina (30µL/mL), no estudo, a concentração inibitória mínima do óleo essencial de

citronela foi de 1,0%. Romero et al. (2011), ao avaliar o efeito dos óleos essenciais de *Croton zehntneri* e *Illicium verum* no controle de fungos fitopatogênicos em sementes de alface e de tomate, observaram que os óleos promoveram uma completa inibição de crescimento dos fungos *Corynespora cassiicola* e *Colletotrichum truncatum* e não afetaram a germinação das sementes.

As substâncias naturais obtidas de óleos essenciais e extratos vegetais apresentam as vantagens de não promover a contaminação ambiental, oferecer menor risco à saúde humana, ser de fácil aplicação e apresentar eficiência comprovada no controle de doenças em diversas culturas. Portanto, sendo uma considerável alternativa ao uso de agrotóxicos. Várias pesquisas demonstram a eficiência de óleos essenciais na inibição do desenvolvimento *in vitro* de fitopatógenos e no controle de doenças em plantas, porém pesquisas aplicadas em campo ou em sistemas de produção ainda são escassas e necessárias.

2.5 Uso de revestimento ativo em sementes

A aplicação direta de agroquímicos sintéticos na agricultura tem provocado uma série de limitações, já que a combinação de micronutrientes, fungicidas e nematicidas nas sementes pode causar fitotoxicidade (HENNING et al., 2010; HENNING, 2014). Além disso, a técnica apresenta eficiência variável e riscos de contaminação ambiental e humana (RAKESH et al., 2017).

Atualmente, novas tecnologias têm sido desenvolvidas a partir de materiais poliméricos (proteínas, polissacarídeos, ceras e resinas) para o preparo de revestimentos ativos, podendo ser empregados puros ou em combinação com agentes antimicrobianos (ZACHARIAS et al., 2022).

O material polimérico utilizado conjuntamente com o tratamento químico ou biológico em quantidade suficiente para o recobrimento das sementes, melhora a adesão e distribuição do ingrediente ativo com a atividade antimicrobiana nas sementes (KHANEGHAH; HASHEMI; LIMBO, 2018).

Se estão encapsulados e dispersos na emulsão da matriz polimérica, oferecem algumas vantagens como, controle da taxa de liberação, redução da volatilidade e aumento da estabilidade oxidativa do ativo e maior área de contato do composto com o microrganismo alvo (ABADA et al., 2019).

O polímero à base de amido, como a fécula de mandioca, é utilizado como matriz para a incorporação de ingredientes ativos nas sementes, pois é abundante, biodegradável, de baixo custo e de fácil implantação tecnológica (LI et al., 2019). O uso de óleos essenciais atribuído a

esses polímeros propicia o manejo de doenças causadas por microrganismos fitopatogênicos, por exemplo (KOTAN et al., 2013; LA TORRE et al., 2016; TOMAZONI et al., 2017).

Porém, é de suma importância ter conhecimento do revestimento utilizado para cada tipo de semente, visto que, os compostos que formam tanto o revestimento como seus possíveis aditivos podem causar efeito fitotóxico no material assim como os agrotóxicos sintéticos e, conseqüentemente, reduzir drasticamente a qualidade fisiológica das sementes ao invés de ser considerada uma técnica vantajosa e promissora (ZANINI, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Sementes, Departamento de Agronomia (DAG), Laboratório de Fitopatologia de Sementes, ambos da Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e no laboratório de Encapsulação Molecular e Biomateriais do Departamento de Química na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Para a realização do experimento, foram utilizadas sementes de duas cultivares de tomate; Ibiza e Napolitano, provenientes do programa de melhoramento genético da cultura, conduzido no setor de Olericultura do Departamento de Agronomia (DAG) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). As cultivares foram escolhidas mediante a grande importância econômica e susceptibilidade ao FOL.

Inicialmente, uma amostra de sementes de cada cultivar foi desinfestada, por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio (0,25%), durante 30 segundos, para isolamento de fungos endofíticos por meio de pré-testes.

Em seguida foi realizada a infestação das sementes de tomate com o fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, (FOL) com o melhor nível de infestação, de 72 horas, visto que, foram realizados pré testes com três níveis de infestação, sendo eles 24, 48 e 72 horas, em que as sementes ficavam em contato direto com o fungo nos tempos sugeridos a fim de determinar o tempo que houve maior número de sementes infestadas. Para tal, o fungo foi isolado e multiplicado através do processo de repicagem, sendo inoculado em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) e mantidos em placas de *petri* durante 7 dias, à temperatura de 25° C e fotoperíodo de 12 horas, para a multiplicação do inóculo (CAROLLO, E. M.; SANTOS FILHO, H. P., 2016).

Após a disseminação do fungo nas placas, as sementes de tomate foram contaminadas por meio da deposição destas sobre o micélio dos fungos, de modo que todas as sementes

permanecessem em contato com as estruturas (RAMOS et al., 2014). O período de incubação das sementes sobre as colônias dos fungos foi de 72 horas, visto que, esse intervalo de tempo foi o melhor nível de infestação pré-estabelecido.

Uma vez infestadas, as sementes foram enviadas em pequenos sacos de papel dentro de uma caixa de isopor, a fim de manter o fungo viável, para o Laboratório de Encapsulação Molecular e Biomateriais do Departamento de Química na Universidade Federal do Espírito Santo. Uma parte das sementes foi tratada apenas com nanoemulsão de óleo essencial (OE) de tomilho em diferentes concentrações. Outra parte recebeu revestimento a base da fécula de mandioca incorporado com nanoemulsão do OE de tomilho em diferentes concentrações.

A nanoemulsão foi preparada a partir da homogeneização ultrassônica do OE de tomilho a 5% (m m^{-1}) e Tween 80[®] a 5% (m m^{-1}) em água destilada. O OE de tomilho utilizado no preparo apresentou como componentes majoritários o *p*-cimeno (18,17%), timol (29,99%) e carvacrol (21,18%) (MELO, 2019). Após o preparo, a nanoemulsão foi diluída em água destilada para o tratamento das sementes com OE de tomilho nas concentrações de 0ppm; 5.000ppm e 10.000ppm. A nanoemulsão designada como 0ppm contém, em sua composição, apenas Tween 80[®]/água destilada e representa um dos controles utilizados. Outra parte da nanoemulsão foi incorporada nas soluções filmogênicas para obtenção do OE de tomilho a 0ppm; 5.000ppm e 10.000ppm. Estas foram utilizadas para o revestimento das sementes, no qual o volume de calda utilizado foi de 10 ml para cobrir 1.000 sementes, o processo foi realizado duas vezes para que cada semente obtivesse duas camadas de revestimento.

As soluções filmogênicas (SF) formadoras dos revestimentos foram preparadas utilizando a metodologia de *casting*. Inicialmente a fécula de mandioca e o glicerol foram adicionados em água deionizada autoclavada, a dispersão foi agitada e aquecida lentamente até gelatinização da fécula. As SFs obtidas foram mantidas nessa temperatura durante cinco minutos e, posteriormente, resfriadas à temperatura ambiente para incorporação da nanoemulsão do OE de tomilho (GAVARIC et al., 2010).

Para cada cultivar (Ibiza e Napolitano), os tratamentos foram assim definidos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Controle); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de

revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

Para avaliação da qualidade física, sanitária e fisiológica das sementes de tomate, as seguintes determinações e testes foram realizados:

Para a *Determinação do teor de água* utilizou-se o método de estufa a 105°C durante 24 horas (BRASIL, 2009). Foram colocados dois gramas de sementes em cada recipiente, com duas repetições para cada tratamento. Os resultados foram expressos em percentagem.

Para o *Teste de sanidade* utilizou-se o método do papel filtro (“Blotter test”) (BRASIL, 2009). Foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. As placas foram mantidas em câmara de incubação por um período de 10 dias, sob regime alternado de luz e escuro por 12 horas, a uma temperatura de 20°C. As sementes foram analisadas individualmente utilizando-se um microscópio estereoscópico e o resultado expresso em percentagem de ocorrência dos fungos.

O *Teste de germinação (G)*, realizado com quatro repetições de 50 sementes distribuídas em caixas do tipo gerbox com papel mata borrão, umedecidos com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Essas caixas foram mantidas em câmaras de germinação do tipo BOD, com temperatura de 25 °C e o fotoperíodo de 6h de luz e 18h de escuro. A avaliação ocorreu no 14º dia após a semeadura, determinando-se a porcentagem de plântulas normais, plântulas anormais (deformadas, deterioradas e danificadas) e sementes mortas (BRASIL, 2009).

A *primeira contagem de Germinação (PC)* foi realizada utilizando-se a mesma metodologia descrita anteriormente para o teste de germinação, sendo, no entanto, contabilizada a porcentagem de plântulas normais aos cinco dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

O *teste de emergência (TE)* foi realizado com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, distribuídas em bandejas plásticas com a mistura de solo e areia na porção de 2:1. A quantidade de água foi equivalente a 60% da capacidade de campo (BRASIL, 2009). As bandejas foram distribuídas em câmara de crescimento com temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 6h de luz e 18h de escuro. A avaliação ocorreu no décimo quarto dia após a semeadura, determinando-se a porcentagem de plântulas emergidas.

O *índice de velocidade de emergência (IVE)* foi realizado por meio do teste de emergência descrito anteriormente. Durante os 14 dias de execução do teste de emergência, diariamente, foram contabilizadas as plântulas emergidas do solo. O índice foi calculado conforme fórmula proposta por Maguire (1962).

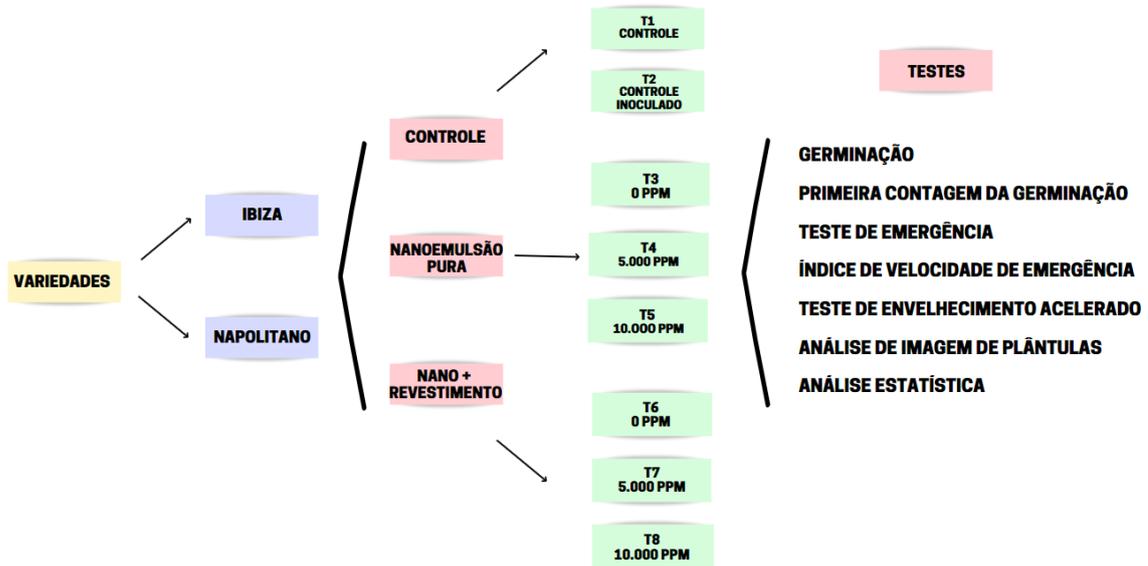
Para o teste de envelhecimento acelerado (EA) foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes distribuídas em caixas plásticas (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) com o compartimento individual (mini- câmaras), possuindo em seu interior uma bandeja de tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada simples sobre a superfície da tela. No interior de cada caixa foram adicionados 40 mL de água. As caixas, tampadas, foram mantidas em câmaras de germinação do tipo BOD por um período de envelhecimento de 72 horas a temperatura de 41°C. Decorrido o período de envelhecimento, as amostras foram colocadas para germinar conforme metodologia descrita para o teste de germinação. A avaliação foi realizada aos cinco dias após a semeadura, computando-se o número de plântulas normais (PANOBIANCO; FILHO, 2001)

Na análise de imagem para mensuração das características das plântulas, 50 sementes de cada tratamento, foram colocadas para germinar em caixas do tipo gerbox em papel mata borrão, umedecidos com água destilada o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco e mantidas em câmara de germinação tipo BOD com temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 6h de luz e 18h de escuro. Foram realizadas avaliações e captura das imagens das plântulas aos 5 e 14 dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem.

Para a captura das imagens foi utilizado o sistema GroundEye®, versão S120. As plântulas foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção de imagens de alta resolução. Na configuração da análise para a calibração da cor de fundo foi escolhido o modelo HSV, calibração de brilho de 0 a 1,00, matiz; 95,1 a 317,2 e saturação; 0,459 a 1,00. O fundo de preenchimento não selecionado, tamanho mínimo de descarte do objeto de 0,008 cm² e dilatação -0,006 cm.

Depois da calibração da cor do fundo foi realizada a análise das imagens e foram extraídos valores médios das características das plântulas: comprimento da raiz (CR), comprimento do hipocótilo (CH) e comprimento total da plântula (CT) em milímetros.

Figura 1. Fluxograma esquemático dos tratamentos utilizados no presente trabalho e testes realizados.



O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 8 tratamentos e 4 repetições para cada cultivar.

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, os dados que não atenderam os pressupostos foram realizados a transformação arco seno da raiz quadrada da proporção $\sqrt{x/100}$. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

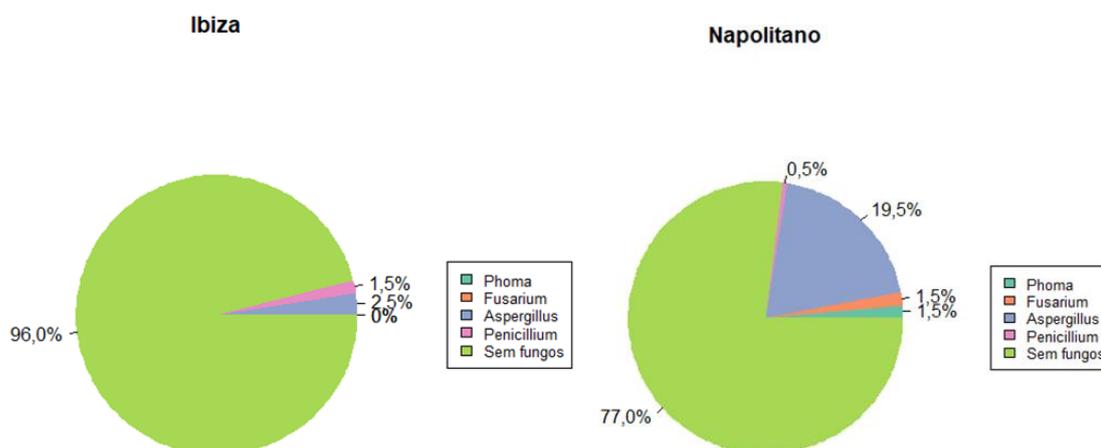
Para verificar o efeito dos tratamentos nas variáveis, ou seja, que seguem uma distribuição binomial (percentual de germinação, plântulas normais, plântulas anormais e de sementes mortas), empregou-se dois tipos de análise: a análise de variância (ANOVA) com a transformação dos dados e modelos lineares generalizados (MLG), sem a necessidade de utilizar uma transformação. Utilizou-se para o MLG distribuição binomial e função de ligação logit. As inferências da análise da deviance (ANODEV), foram baseadas na estatística Qui-quadrado.

Realizou-se também uma estatística multivariada através da análise dos componentes principais (PCA), que consiste em reduzir um grande número de variáveis criando novas variáveis, chamadas de eixos principais. A partir da matriz de correlação foram calculados os autovalores (valores representativos da variabilidade retida por cada novo componente) e autovetores (combinação linear dos parâmetros avaliados). Os resultados foram expressos pelo gráfico bidimensional (biplot). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R (R CORE TEAM, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da caracterização inicial da qualidade de sementes de tomate, quanto a sanidade das mesmas, constatou-se fungos de armazenamento nas amostras, o que justificou a necessidade de desinfestação inicial com hipoclorito de sódio antes do estabelecimento dos tratamentos, visando a eliminação de fungos endofíticos. Observa-se inicialmente que a cultivar Ibiza apresentava uma qualidade sanitária superior, ou seja, a cultivar Napolitano, com uma menor incidência de fungos (Figura 2).

Figura 2. Porcentagem (%) de incidência dos fungos *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* e *Phoma spp.* em sementes de tomate das cultivares Ibiza e Napolitano.



As sementes das cultivares Ibiza e Napolitano apresentavam-se, imediatamente antes de sua utilização nos ensaios e desinfestação, com umidade de 9,4% e 10,2% e germinação de 96% e 81%, respectivamente. A diferença no grau de umidade entre as repetições das cultivares e entre as cultivares não superou 1 ponto percentual, demonstrando, segundo Marcos Filho (2005), uniformidade e consistência dos resultados apurados. Acrescido, apresentavam-se com germinação acima do mínimo de 80% estabelecido para comercialização de sementes de tomate, segundo Instrução Normativa nº 42 (MAPA, 2019).

Nas amostras de sementes da cultivar Ibiza notou-se que os tratamentos 1 ao 6 não diferiram entre si (Tabela 1). É sabido que essa variável apresenta baixa sensibilidade em avaliar o vigor, justificada pelo fato de que a redução da velocidade de germinação não está entre os primeiros eventos do processo de deterioração de sementes, conforme afirmaram

Delouche e Baskin (1973). Portanto, trata-se de um teste que dificilmente detecta pequenas diferenças de vigor.

Para a mesma variável e cultivar, os tratamentos 7 (nanoemulsão pura e revestimento de 2 camadas a 5.000 ppm) e 8 (nanoemulsão pura e revestimento de 2 camadas a 10.000 ppm) apresentaram uma média inferior as demais, com reduções significativas de 37 e 74 pontos percentuais respectivamente em relação ao controle (tratamento 1).

Nota-se que os tratamentos 7 e 8 possuem revestimento de 2 camadas. O revestimento é uma barreira física que ocasiona e dificulta a disponibilidade de água necessária para a hidratação dos tecidos e a translocação efetiva de fotoassimilados no desenvolvimento das sementes (SIMÃO, 2009).

Comportamento diferente foi observado para a cultivar Napolitano (Tabela 2), variável primeira contagem de germinação, em que houve uma maior estratificação em níveis de qualidade. Os tratamentos 1, 2 e 4 apresentaram porcentagens de plântulas normais obtidas na primeira contagem da germinação superior aos lotes 3, 5 e 6 que foram classificados como intermediários e os lotes 7 e 8 de vigor inferior. Estes dois últimos, similar a cultivar Ibiza, apresentaram uma redução significativa de, respectivamente, 51 e 60 pontos em relação à testemunha.

Tabela 1. Valores médios de primeira contagem - PC(%), germinação - G(%), plântulas anormais - ANOR(%) e sementes mortas - MOR(%) de sementes e plântulas de tomate da cultivar Ibiza submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento – Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum.*); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

Cultivar Ibiza				
Tratamentos	PC (%)	G (%)	ANOR (%)	MOR (%)
T1	85 a	96 a	1 a	4 b
T2	70 a	89 a	5 a	7 b
T3	81 a	91 a	3 a	6 b
T4	87 a	96 a	1 a	4 b
T5	78 a	94 a	1 a	6 b

T6	84 a	89 a	1 a	11 b
T7	48 b	94 a	2 a	5 b
T8	11 b	77 b	4 a	20 a
Cv (%)	24,59	5,92	78,79	58,16

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores médios de primeira contagem - PC(%), germinação - G(%), plântulas anormais – ANOR (%) e sementes mortas - MOR(%) de sementes e plântulas de tomate da cultivar Napolitano submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

(continua)

Cultivar Napolitano				
Tratamentos	PC (%)	G (%)	ANOR (%)	MOR (%)
T1	62 a	81 a	1 a	16 b

Tabela 2. Valores médios de primeira contagem - PC(%), germinação - G(%), plântulas anormais – ANOR (%) e sementes mortas - MOR(%) de sementes e plântulas de tomate da cultivar Napolitano submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

(conclusão)

T2	65 a	74 a	1 a	25 a
T3	46 b	64 b	2 a	34 a
T4	64 a	72 a	1 a	27 a
T5	54 b	71 a	2 a	27 a
T6	56 b	69 a	2 a	29 a
T7	11 c	64 b	3 a	33 a
T8	2 c	63 b	6 a	30 a

Cv (%)	14,15	8,82	90,82	32,11
---------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para as duas cultivares, é notável a diminuição da variável primeira contagem quando foi utilizado nanoemulsão acrescido de duas camadas de revestimento. Sabe-se que o *pellet* pode atuar como uma barreira física dificultando a emissão da raiz primária e provocar um retardamento na fase inicial da germinação por conta de uma barreira formada. Além disso, pode restringir trocas gasosas entre a semente e o ambiente externo que é responsável pelo suprimento de oxigênio necessário para o início do processo de germinação (LOPES; NASCIMENTO, 2012).

O mesmo ocorreu no trabalho de Oliveira et al. (2003) que revestiram sementes de tomate com os materiais, microcelulose, calcário + microcelulose e areia, avaliaram seu comportamento durante o armazenamento e concluíram que sementes revestidas apresentaram uma germinação mais lenta do que as não revestidas.

Para a variável germinação e obtenção de plântulas normais para a cultivar Ibiza (Tabela 1), observou-se comportamento semelhante à variável primeira contagem de germinação, onde os tratamentos de 1 a 7 apresentaram maiores médias e diferiram estatisticamente do tratamento 8. Este último em relação à testemunha, apresentou redução de 19 pontos percentuais, sendo o único tratamento que apresentou valor de germinação abaixo do mínimo exigido para comercialização de sementes de tomate, de 80%, portanto, seria o único tratamento reprovado (MAPA, 2019).

Pelos valores observados para os tratamentos 1 a 6, verificou-se que não ocorreu efeito fitotóxico sobre a germinação. Em trabalho com sementes de alface, Miranda et al. (2015) observaram que o óleo essencial de tomilho, quando feita a avaliação conjunta dos constituintes voláteis, não teve efeito fitotóxico para as sementes. No entanto, a avaliação isolada do componente majoritário, timol, o mesmo majoritário no presente estudo, provoca efeitos inibitórios significativos sobre a germinação das sementes em relação à mistura em óleo essencial, ou seja, ainda há necessidade de estudos deste componente isolado para entender melhor seu efeito em sementes.

De acordo com Ferreira e Aquila (2010), os efeitos dos aleloquímicos nos diferentes processos fisiológicos de uma planta dependem das concentrações e do óleo essencial utilizados. Em trabalho realizado com sementes de alface, por exemplo, hortaliça mais susceptível aos compostos aleloquímicos, sendo utilizada como referência em estudos dessa

natureza, mostrou que altas concentrações dos compostos químicos, timol e o carvacrol, afetaram a germinação e o desenvolvimento dessas sementes. Altas concentrações, podem tornar tais compostos, tóxicos às sementes. Essa afirmação, no entanto, não foi observada no presente trabalho, até as maiores doses utilizadas uma vez que para a cultivar Ibiza (Tabela 1), os tratamentos com dosagens maiores de óleo essencial de tomilho, não apresentaram diferenças estatísticas entre si. O mesmo foi observado para a cultivar Napolitano (Tabela 2), onde os tratamentos que apresentavam concentrações crescentes não diferiram estatisticamente entre si. Exceção é observada para o tratamento 3, que apresentou resultado estatisticamente menor que o tratamento 4, considerado similar, porém com concentração maior de óleo essencial.

O valor observado de sementes mortas no tratamento 8 da cultivar Ibiza foi significativo em relação aos demais (Tabela 1), totalizando 16 pontos percentuais acima do valor observado no tratamento 1, testemunha. Isso infere dizer que as altas concentrações de óleos essenciais e a presença das camadas de revestimento influenciaram na mortalidade de sementes de tomate.

De acordo com a Tabela 2 nota-se que para a cultivar Napolitano, a quantidade de sementes mortas no tratamento 1 foi inferior aos demais tratamentos, resultado que evidencia que o lote em estudo possivelmente já estava com qualidade inferior desde o início das análises, além de confirmar que o efeito dos óleos essenciais varia de acordo com o genótipo e a qualidade do lote no momento do tratamento, neste caso, a cultivar Napolitano obteve resultados inferiores. Sementes com qualidade inferior inicial tendem a apresentar mais problemas de fitotoxidez.

Em relação à variável emergência, os dados para ambas as cultivares não apresentaram evidências suficientemente fortes para provarem que a hipótese nula era falsa, ou seja que os tratamentos teriam efeito redutor na variável emergência em bandeja. Ainda assim, os dados são apresentados na Tabela 3, para as duas cultivares com as contagens de plântulas normais emergidas observadas aos 5 e aos 14 dias.

Tabela 3. Valores médios de plântulas normais aos 5 e 14 observados no teste de emergência (E%), das cultivares Ibiza e Napolitano submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

(continua)		
Tratamentos	Cultivar Ibiza	
	E(%) 5ºDia	E(%) 14ºDia
T1	35 a	100 a
T2	31 a	71 a
T3	40 a	92 a
T4	47 a	97 a
T5	38 a	97 a
T6	30 a	90 a
T7	31 a	95 a
T8	33 a	69 a
CV(%)	31,32	19,81
Tratamentos	Cultivar Napolitano	
	E(%) 5ºDia	E(%) 14ºDia
T1	22 a	72 a
T2	41 a	66 a
T3	34 a	68 a
T4	38 a	69 a
(conclusão)		
T5	37 a	72 a
T6	42 a	79 a
T7	32 a	63 a
T8	30 a	62 a
CV(%)	35,70	16,42

Tabela 3. Valores médios de plântulas normais aos 5 e 14 observados no teste de emergência (E%), das cultivares Ibiza e Napolitano submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na verificação dos valores, destaca-se a diferença entre os dados fisiológicos das sementes de tomate quando em condições ótimas de germinação (Tabelas 1 e 2) e em condições no teste de emergência (Tabela 3), ou seja, para as duas cultivares, os dados referentes a primeira contagem de emergência, sugerem um atraso na emergência de plântulas em condições de substrato, areia e terra, isso para todos os tratamentos, independente da concentração de nanoemulsão e da quantidade de revestimentos.

Nas Figuras 2 e 3, apresentam-se os dados referentes ao índice de velocidade de emergência para as cultivares Ibiza e Napolitano, respectivamente.

Para Índice de Velocidade de Emergência, sementes da cultivar Ibiza (Figura 2) o tratamento T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm) apresentou comportamento diferente aos tratamentos 1 e 2, sendo o T8 o de menor vigor.

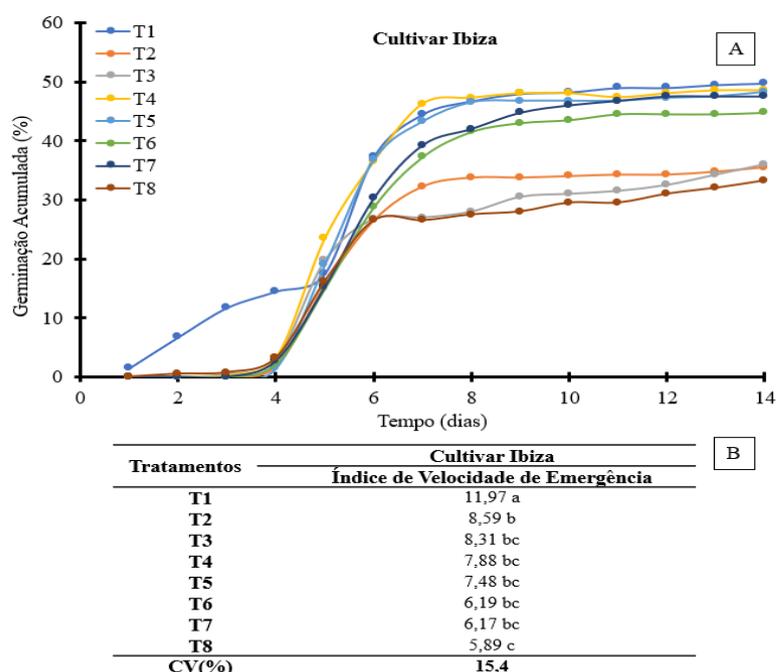
Este teste baseia-se no princípio de que quanto maior o vigor de uma semente, expresso por sua velocidade de germinação, maiores são suas chances de germinar e emergir rapidamente, produzindo uma plântula normal sob uma ampla gama de condições no campo (KRZYZANOWSKI et al., 2020).

Além do mais, uma alta velocidade de germinação indica altas taxas de atividades metabólicas, resultando em altas taxas de crescimento e conclusão antecipada da fase de germinação e emergência de plântulas (KRZYZANOWSKI et al., 2020).

Menores valores nos tratamentos que apresentam maiores barreiras físicas de revestimento e nanoemulsão, foram observados (Tabela 3). Para estes, a análise conjunta do IVE e demais variáveis de qualidade fisiológica, foi determinante na observação da redução da qualidade fisiológica, principalmente a germinação e aumento do tempo médio de emergência exigido. Ocorreu uma maior taxa de consumo das reservas das sementes, impedindo a emergência por restrição de água e oxigênio suficiente para que as plântulas conseguissem romper a barreira física constituída pelo revestimento (ALVES et al, 2008).

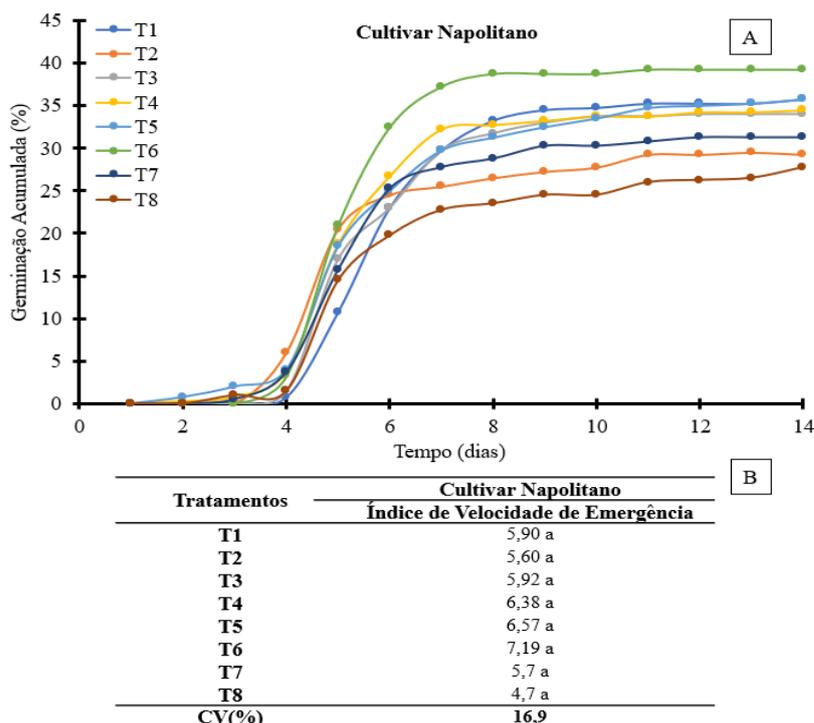
Ainda em relação a cultivar Ibiza, é interessante mencionar que as sementes sem tratamento (testemunha), apresentaram maior velocidade de emergência, demonstrando o seu maior vigor, portanto, a submissão das sementes ao tratamento com óleo essencial de tomilho (revestidas ou não) afetou o IVE das sementes de tomate. O mesmo comportamento não foi observado para as sementes da cultivar napolitano (Figura 3), onde os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Isso reforça a ideia de que a efetividade do óleo essencial é dependente da espécie utilizada, da dosagem e dos compostos majoritários presentes no óleo.

Figura 2. Proporção cumulativa de emergência de plântulas de tomate (cultivar Ibiza) em relação aos dias do teste (A) e efeito dos tratamentos sobre a velocidade de germinação de sementes de tomate (cultivar Ibiza), sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).



Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Figura 3. Proporção cumulativa de emergência de plântulas de tomate (cultivar Napolitano) em relação aos dias do teste (A) e efeito dos tratamentos sobre a velocidade de germinação de sementes de tomate (cultivar Napolitano), sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).



Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Conforme visto no presente trabalho, estudos realizados por Rosado et al. (2009) demonstraram que a qualidade fisiológica de sementes de tomate quando tratadas com óleo essencial de manjeriço, tiveram redução somente no parâmetro de qualidade, índice de velocidade de germinação. Já quando da utilização do mesmo óleo essencial que o usado no presente estudo, Forte et al. (2008) verificaram que altas concentrações afetaram a germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de alface.

É sabido que existem vários fatores que podem influenciar na velocidade de emergência das plântulas, como; disponibilidade de oxigênio, temperatura, incidência de luz e umidade, mas também, a presença de fitopatógenos nas sementes, pois os mesmos reduzem a viabilidade, longevidade e a emergência do material de estudo. As sementes com baixa incidência de fungos germinam quando semeadas em condições ambientais favoráveis. Quando apresentam inóculos, a germinação das sementes é lenta e os fungos têm melhores condições de colonização e rápido desenvolvimento, podendo levar à morte das mesmas (GOMES, 2009).

Um aspecto importante de se avaliar no presente trabalho, é a performance de sementes inoculadas e tratadas, em situação adversas. Para tal, além de avaliação da primeira contagem, foi realizado o teste de envelhecimento acelerado. Dessa forma, nota-se que a adição do revestimento ativo é prejudicial aos processos fisiológicos da semente, notório nos tratamentos 7 e 8 (Tabela 4).

Tabela 4. Teste de envelhecimento acelerado para os tratamentos da cultivar Ibiza, sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

(continua)

Tratamentos	Envelhecimento acelerado
T1	20,00a
T2	40,00a
T3	15,00a

Tabela 4. Teste de envelhecimento acelerado para os tratamentos da cultivar Ibiza, sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

(conclusão)

T4	36,00a
T5	39,00a
T6	5,00b
T7	8,00b
T8	10,00b
CV(%)	64,44

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a cultivar Napolitano obteve-se que os tratamentos com presença do revestimento ativo com 2 camadas, apresentaram resultados inferiores aos demais tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Teste de envelhecimento acelerado para os tratamentos da cultivar Napolitano, sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e

tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

(continua)

Tratamentos	Envelhecimento acelerado
T1	40,00a
T2	32,00a
T3	36,00a

Tabela 5. Teste de envelhecimento acelerado para os tratamentos da cultivar Napolitano, sendo os tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

(conclusão)

T4	49,00a
T5	38,00a
T6	14,00b
T7	14,00b
T8	20,00b
CV(%)	30,85

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em suma, conforme discutido no teste IVE, a germinação tende a diminuir à medida que se aumenta o número de camadas de revestimento. Cabe ressaltar que o teste de envelhecimento tem como objetivo expor as sementes a níveis de estresse, altas temperaturas e umidade, o que viabiliza a proliferação de fungos (RUPOLLO et al., 2006).

Para as variáveis obtidas por meio de análise de imagem, para a cultivar Ibiza (Figura 4), observou-se de modo geral, que aos 5 e 14 dias, o desenvolvimento da parte radicular foi maior que da parte aérea, o mesmo sendo observado para a cultivar Napolitano (Figura 5).

O desenvolvimento da parte radicular é indício de um genótipo mais vigoroso, visto que por ser mais extenso consegue explorar maior volume de solo, absorver mais água e nutrientes, além de gerar expectativa de uma maior produtividade final (TOMAZ, 2001). Este se dá devido a necessidade da planta de exercer suas funções vitais, com intuito de promover o crescimento e consequentemente o desenvolvimento da planta e seus estádios fenológicos.

Os efeitos do óleo essencial sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plantas são explicados principalmente em ocasião dos constituintes individuais que contenham, uma vez que óleo essencial é uma mistura de diferentes componentes, em proporções variadas e é, frequentemente, desconhecido como esses constituintes interagem entre si e promovem seus efeitos sobre outros organismos. Acrescido, há considerável variação na composição do óleo essencial de certas espécies de plantas; tal variação pode ser em função da sazonalidade, da diferença entre indivíduos de populações e indivíduos de mesma população (FILHO, 2009).

Independentemente da concentração, a parte radicular das plântulas das cultivares de tomate sob efeito do óleo essencial de tomilho, sofreram efeito no desenvolvimento da radícula (Figuras 4 e 5), principalmente para a contagem inicial aos 5 dias.

Esse efeito pode ser atribuído tanto às diferenças na composição dos constituintes do óleo essencial, como também, à concentração com que cada constituinte é encontrado em cada óleo.

Carvalho et al. (2020) relataram para a cultura da soja, que a fitoxidez em tratamentos de sementes pode afetar o desenvolvimento inicial das plântulas, com tendência de menores efeitos com o avanço do cultivo, e que a fitotoxicidade causada pelo tratamento das sementes de soja é evidente sobre a característica comprimento das raízes.

Figura 4. Características de comprimento do hipocótilo aos 5 dias (A) e 14 dias (B), tamanho da raiz primária aos 5 dias (C) e 14 dias (D) e comprimento total aos 5 dias (E) e 14 dias (F) de plântulas de tomate (cultivar Ibiza) submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

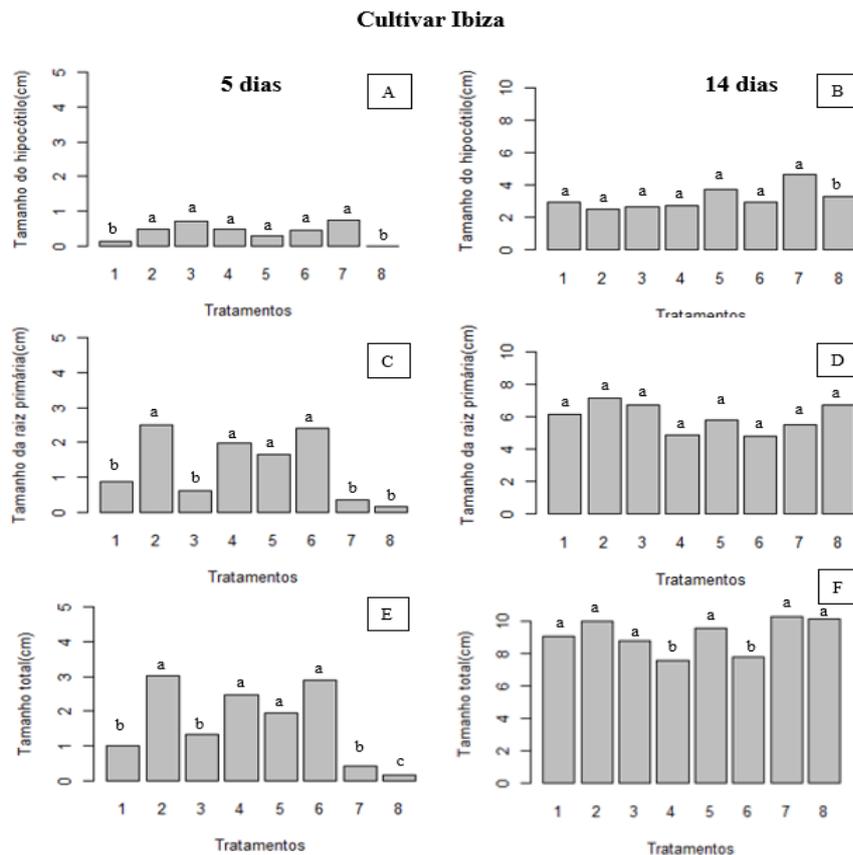
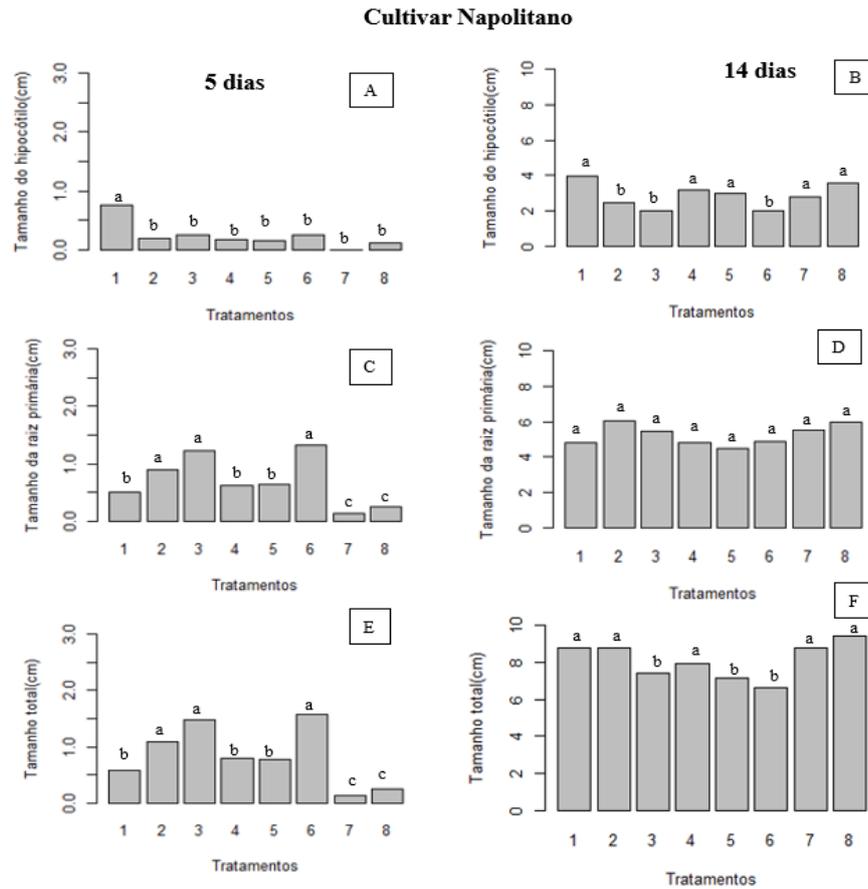


Figura 5. Características de comprimento do hipocótilo aos 5 dias (A) e 14 dias (B), tamanho da raiz primária aos 5 dias (C) e 14 dias (D) e comprimento total aos 5 dias (E) e 14 dias (F) de plântulas de tomate (Cultivar Napolitano) submetidas aos tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).



Realizou-se um refinamento no uso e na expressão dos resultados por meio da aplicação da análise estatística multivariada. Uma proposta para expressão de resultados é utilizar a análise de componentes principais (PCA), que reduz o número de variáveis criando novas variáveis, chamadas componentes principais, ordenando os pontos em um gráfico bi-dimensional, que avalia as variáveis de forma conjunta. Assim, realizou-se o PCA para as duas cultivares Ibiza e Napolitano (Figuras 6 e 7) considerando as quatro variáveis: primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), germinação (G) e índice de velocidade de emergência (IVE).

Para o PCA sabe-se que os pontos que estão no mesmo quadrante e próximos as setas, significam que estão associados àquelas variáveis, ou seja, que naquele tratamento tem maior incidência daquela variável. E os pontos que estão em quadrantes opostos às setas, apresentam comportamentos opostos. Sendo assim, os tratamentos 7 e 8 apresentam pontos opostos as variáveis relacionadas a qualidade fisiológica, logo, possui um comportamento oposto à essas variáveis, ou seja, nesses tratamentos ocorreram menor germinação, primeira contagem, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado.

Figura 6. Biplot de análise de componentes principais (PCA) considerando os tratamentos (A) e Biplot de análise de componentes principais (PCA) considerando os tratamentos destacando as regiões (dados clusterizados) para a cultivar Ibiza, considerando os seguintes tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).

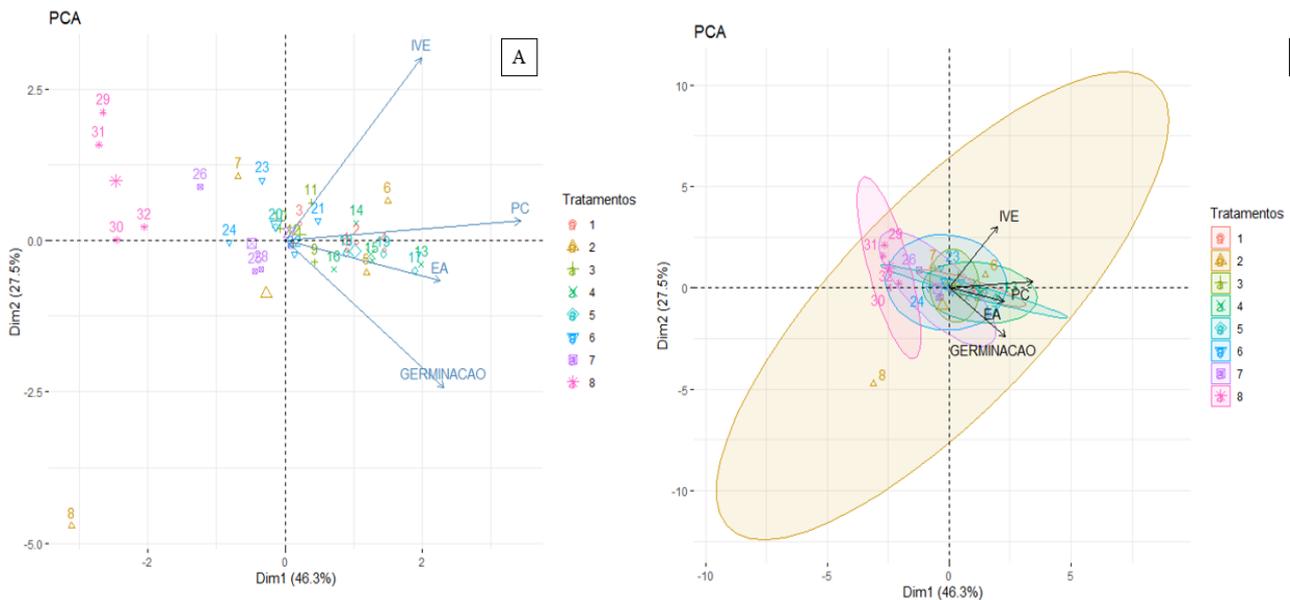
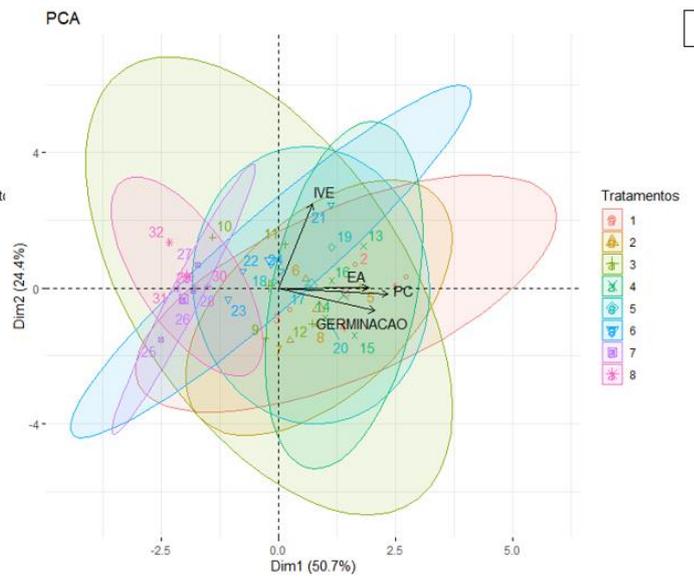
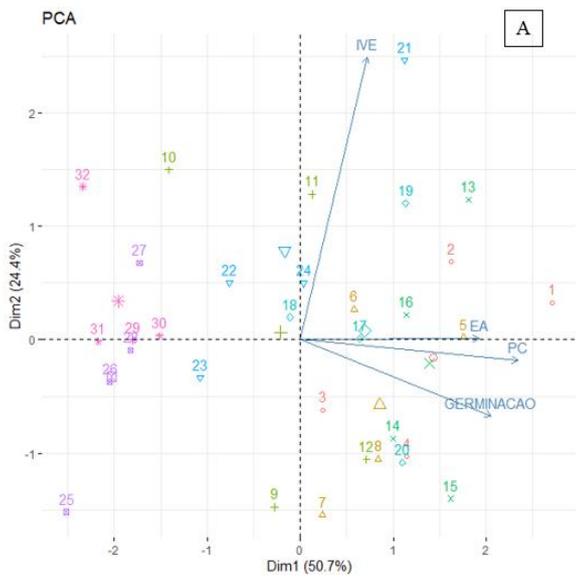


Figura 7. Biplot de análise de componentes principais (PCA) considerando os tratamentos (A) e Biplot de análise de componentes principais (PCA) considerando os tratamentos destacando as regiões (dados clusterizados) para a cultivar Napolitano, considerando os seguintes tratamentos: T1 (sementes de tomate sem tratamento - Testemunha); T2 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum*.); T3 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 0 ppm); T4 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 5.000ppm); T5 (sementes de tomate inoculadas com *F. oxysporum* e tratadas com nanoemulsão de OE de tomilho 10.000ppm); T6 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 0 ppm); T7 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 5.000 ppm) e T8 (2 camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000ppm).



Dessa forma, ao analisar graficamente ambas as figuras (Figuras 6 e 7) das cultivares Ibiza e Napolitano é possível observar que para os tratamentos 7 e 8 os pontos se concentram na região oposta das setas, podendo concluir que estes tratamentos tiveram pior desempenho. Os demais tratamentos se concentram na região das variáveis avaliadas.

5 CONCLUSÃO

Não houve efeito fitotóxico do óleo essencial na germinação das sementes de tomate, com exceção do uso de duas camadas de revestimento incorporado com nanoemulsão de OE de tomilho a 10.000 ppm.

A qualidade fisiológica de sementes de tomate foi afetada devido incorporação do revestimento duplo, visto como barreira física dificultando a emissão da raiz primária e provocando atraso na fase inicial da germinação.

REFERÊNCIAS

- ABADA, M. B.; HAMDI, S. H.; GHARIB, R.; MESSAOUD, C.; FOURMENTIN, S.; GREIGE-GERGES, H.; JEMÂA, J. M. B. **Post-harvest management control of *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae): new insights through essential oil encapsulation in cyclodextrin.** *Pest Management Science*, v. 75, n. 1, 2019. p. 2000-2008.
- ABATI, J. *et al.* **Treatment with fungicides and insecticides on the physiological quality and health of wheat seeds.** *Journal of Seed Science*, Londrina, v. 36, n. 4, p. 392-398, 2014.
- ABATI, J.; BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A. **Grandes Culturas Cultivar: Semente tratada.** *Revista Cultivar*, n° 173 p. 30-32, 2013.
- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários.** Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons> Acesso em 10 de Dezembro, 2022.
- AHMAD, N.; RAMSCH, R.; LLINÀS, M.; SOLANS, C.; HASHIM, R.; TAJUDDIN, H. A. **Influence of nonionic branched-chain alkyl glycosides on a model nano-emulsion for drug delivery systems.** *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, v. 115, p. 267-274, 2014.
- ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; CARDOSO, E. A.; DORNELAS, C. S. M.; GALINDO, E. A.; BRAGA JÚNIOR, J. M. **Profundidades de semeadura para emergência de plântulas de juazeiro.** *Ciência Rural*. vol.38, n.4, p.1158-1161. Santa Maria. 2008.
- ALVES, M. R. R. *et al.* **Efeito de soluções de enxágue na remoção de resíduos de mancozeb em tomates de mesa.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 40, n. 1, p. 96-1011, 2010.
- Anuário Brasileiro de Horti&Fruti 2022.** Editora Gazeta, 2022. Disponível em:< <https://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2022/> >. Acesso em 26 out. 2022.
- ARRUDA, S.C. **Murcha de *Fusarium* do tomateiro.** *Biológico*, p. 199-200, 1941.
- AOSA - Association of Official Seed Analysts. Seed vigor test committee. **Seed vigor testing handbook.** *East Lansing*, 1983. 88p. (Contribution, 32).
- BARBOSA, R.M.; SILVA, C.B.; MEDEIROS, M.A.; CENTURION, M.A.P.C. & VIEIRA, R.D. **Condutividade elétrica em função do teor de água inicial de sementes de amendoim.** *Ciência Rural*, vol. 42, n. 1, p. 45-51. 2012.

BASSO, P.; FERREIRA, E. Z. **Sanidade de sementes por meio da rotação de culturas.** *Sementes com vigor*, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 42, de 17 de setembro de 2019.** *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, ano 182, n. 42, p. 4-6, 17 set. 2019.

CARMELLO, C.R; CARDOSO, J.C. **Effects of plant extracts and sodium hypochlorite on lettuce germination and inhibition of *Cercospora longissima* in vitro.** *Scientia horticulturae*. v.234. 2018.

CARRER FILHO, RENATO *et al.* **Fontes de resistência múltipla à murcha de fusário em tomateiro.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, p. 1225-1231, 2015.

CAROLLO, E. M.; SANTOS FILHO, H. P. **Manual básico de técnicas fitopatológicas: laboratório de fitopatologia.** Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016.

CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 588p. 2000.

CONRAD, V. A. D.; RADKE, A. K.; VILLELA, F. A. **Atributos físicos e fisiológicos em sementes de soja no beneficiamento.** *Magistra*, Cruz das Almas, BA, v. 29, n.2, p. 56-63, 2017.

COSTA, C.M.G.R.; SANTOS, M.S.; BARROS, H.M.M.; AGRA, P.F.M.; FARIAS, M.A.A. **Óleo essencial de citronela no controle da bactéria fitopatogênica *Erwinia carotovora*.** *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v.2, n.2, p.11-14, 2008.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. **Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots.** *Seed Science and Technology*, Zurich. v.1, n.2, p.427-452. 1973.

DOSSA, D.; FUCHS, F. **Tomate: análise técnico-econômica e os principais indicadores da produção nos mercados mundiais, brasileiro e paranaense.** *Boletim Técnico 03 Tomate*, Curitiba, 2017.

CARVALHO, E. R.; ROCHA, D. K.; ANDRADE, D. B.; PIRES, R. M. O.; PENIDO, A. C.; REIS, L. V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of Seed Science**, 2020.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics) 2019. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/> >. Acesso em: 26 out. 2022.

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. **Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia.**

Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, p. 175-204. 2010.

FILHO, A. P. S. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; ZOGHBI, M. G. B.; CUNHA, R. L. **Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus* Benth sobre plantas daninhas.** *Acta Amazonica*, v.39, p.2-19, 2009.

FORTE, F.; PAULETTI, G.F. **Efeito alelopático do óleo essencial de *Thymus mastichina* sobre sementes de alface.** Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa Universidade de Caxias do Sul, Universidade de Caxias do Sul. 2008

FRANZENER, G.; MARTINEZ-FRANZENER, A. S.; STANGARLIN, J.R.; CZEPAK, M.P.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F.; CRUZ, M.E.S. **Atividades antibacteriana, antifúngica e indutora de fitoalexinas de hidrolatos de plantas medicinais.** *Seminário: Ciências Agrárias*, v.28, p.29-38, 2007.

GAUR, R.B.; SHARMAM, R.N. **Biocontrol of root rot in cotton and compatibility of potential bioagents with fungicides.** *Indian Journal of Plant Protection*, v.38, p.176- 182, 2010.

GAVARIC, N.; SMOLE, S.; NEBOJŠA, M.; BOZIN, B. **Chemical profile, antioxidant and antibacterial activity of essential oils of thyme and oregano, thymol and carvacrol and their possible synergism.** *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, v. 18, n. 4, p. 1013-1021.2015.

GOMES, P.D. **Interação de fatores bióticos e abióticos na ocorrência de “damping-off” em milho e feijoeiro.** Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, 2009.

GORDON, T. R. ***Fusarium oxysporum* and the *Fusarium* wilt syndrome.** *Annual Review of Phytopathology*, v. 55, n. 1, p. 23-39, 2017.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja. Detecção, Importância e Controle.** *Revista Editorial Brasil: EMBRAPA*, 2018.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle.** Dourados: *Embrapa Agropecuária Oeste*, 72 p. 2005.

GUEIROS, M. A. F. *et al.* **Qualidade físico-química do tomate submetido a diferentes tipos de armazenamento.** *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 9, 2019.

GUSMAN, G. S.; YAMAGUSHI, M. Q.; VESTENA, S. **Potencial alelopático de extratos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. Iheringia.** *Série Botânica*, p. 87 -98. 2011.

HENNING, A. A. **Tratamento industrial de sementes ganha espaço.** *Informativo Meridional*, v. 14, n. 51, p. 8, 2014.

HENNING, A. A.; NETO, J. B. F.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I. **Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de “La Niña”.** Londrina, PR: Embrapa soja, *Circular Técnica* 82, 2010.

HUANG, L.; ZHAO, C. L.; HUANG, F.; BAI, R. E.; LU, Y. B.; YAN, F. M.; HAO, Z. **P. Effects of imidacloprid and thiamethoxam as seed treatments on the early seedling characteristics and aphid resistance of oilseed rape.** *Journal of Integrative Agriculture*, v. 14, n. 12, p. 2581–2589, 2015.

JUNIOR, J.C.L. **Manejo integrado de pragas na cultura do tomate: uma estratégia para a redução do uso de agrotóxicos.** *Extensão em Foco*. 2019.

KHANEGHAH, A. M., HASHEMI, S. M. B., LIMBO, S. **Antimicrobial agents and packaging systems in antimicrobial active food packaging: an overview of approaches and interactions.** *Food and Bioproducts Processing*, 111, p. 1-19. 2018.

KOTAN, R.; DADASOGLU, F.; KARAGOZ, K.; CAKIR, A.; OZER, H.; KORDALI, S.; CAKMAKCI, R.; DIKBAS, N. **Antibacterial activity of the essential oil and extracts of *Satureja hortensis* against plant pathogenic bacteria and their potential use as seed disinfectants.** *Scientia Horticulturae*, v. 153, p. 34–41, 2013.

KRISHNAMOORTHY, V.; RAJIV, S. **Tailoring electrospun polymer blend carriers for nutrient delivery in seed coating for sustainable agriculture.** *Journal of Cleaner Production*, v. 177, n. 10, p. 69-78, 2018.

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. **Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: *Abrates*. p. 601.2020.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M.A. **Doenças do Tomateiro.** Manual de fitopatologia. Doenças das plantas cultivadas. 4.ed. São Paulo: *Agronômica Ceres*. v.2. p.607-626. 2005.

LA TORRE, A.; CARADONIA, F.; MATERE, A.; BATTAGLIA, V. **Using plant essential oils to control *Fusarium* wilt in tomato plants.** *European journal of plant pathology*, v. 144, n. 3, p. 487–496, 2016.

LI, H.; QI, Y.; ZHAO, Y.; CHI, J.; CHENG, S. **Starch and its derivatives for paper coatings: A review.** *Progress in Organic Coatings*, v. 135, p. 213-227, 2019.

LOPES, A. C. A.; NASCIMENTO, W. M. **Peletização de sementes de hortaliças.** Brasília, DF: *Embrapa*, Documentos Embrapa Hortaliças, 2012.

LOPES, C.A.; ÁVILA, A.C. **Doenças do tomateiro**. *Embrapa Hortaliças*, Brasília, 151p. 2005.

LOPES, C.A.; REIS, A.; ÁVILA, A.C. **Principais doenças do tomate para a mesa causadas por fungos, bactérias e vírus**. *Informe Agropecuário*, v.24, n.219, p.66-78, 2003.

MAGUIRE, J. D. **Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor**. *Crop Science*, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARCHESE, A.; ORHAN, I. E.; DAGLIA, M.; BARBIERI, R.; LORENZO, A. D.; NABAVI, S. F.; GORTZI, O.; IZADI, M. & NABAVI, S. M. **Antibacterial and antifungal activities of thymol: a brief review of the literature**. *Food Chemistry*, p. 1-45, 2016.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: *FEALQ*, 2005. 495p.

MCGOVERN, R.J. **Management of Tomato Diseases Caused by *Fusarium oxysporum***. *Crop Protection*, 73, 78-92. 2015.

MELO P.C.T. **Desenvolvimento tecnológico para cultivo de tomateiro de mesa em condições agroecológicas tropicais e subtropicais**. Tese de Livre Docência. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, *ESALQ*, 2017.

MELO, D. C. A. **Desenvolvimento e efeito de nanoemulsões de óleo essencial de tomilho ou timol em água sobre *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici***. Dissertação (Mestrado - Agroquímica) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2019.

MIRANDA, C. A. S. F.; CARDOSO, M. G.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, S. M. F.; GOMES, M. S.; SANTIAGO, J. A.; TEIXEIRA, M. L. **Atividade alelopática de óleos essenciais de plantas medicinais na germinação e vigor de aquênios de alface**. Seminário: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 3, suplemento 1, p. 1783-1798, 2015.

MONTES, S. S.; NETA, L. G. S.; CRUZ, R. S. Óleos essenciais em embalagens para alimentos, revisão de literatura de 2000 a 2012. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 1-2, p. 1-11, 2013.

MORAIS, L.A.S.; RAMOS, N.P.; GONÇALVES, G.G.; BETTIOL, W.; CHAVES, F.C.M. **Atividade antifúngica de óleos essenciais em sementes de feijão cv. carioquinha**. *Horticultura Brasileira*, v.26, n.2, p.S6261-S6266, 2008.

MORAIS, L.A.S.; SILVA, M.A.S.; GONÇALVES, M.A.; SILVA, S.M.P.; CARDOSO, A.I.I. **Interferência de extratos de alho na germinação e no vigor de sementes de tomate**. *Horticultura Brasileira*, v.19, p.345-349, 2001.

- NASCIMENTO, W. M. **Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 2, p. 211-214, 2005.
- NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D. C. F. S.; SILVA, P. P. **Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas e hortaliças no campo.** *Embrapa*, Documentos Embrapa Hortaliças Porto Alegre: RS, p. 16, 2011.
- OLIVEIRA, J.A. *et al.* **Efeito de diferentes materiais de peletização na deterioração de sementes de tomate durante o armazenamento.** *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 25, n° 2, p.20-27, 2003.
- PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. **Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate.** *Scientia Agricola*, v.58, n.3, p.525-531, 2001.
- PARISI, J.J.D.; MEDINA, P.F. **Tratamento de Sementes.** 2017. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/81.pdf>. Acesso em 26 out. 2022.
- PEREIRA, K.C.; REDA, F.R.; PIVETA, G.; GARCIA, F.A.O. **Avaliação de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes e mudas de *Schinus molle*.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.36, n.85, p.71-78, 2016.
- PIVETA, G.*et al.* **Superação de dormência na qualidade de sementes e mudas: influência na produção de *Senna multijuga* (LC Rich.) Irwin & Barneby.** *Acta Amazônica*, v. 40, n. 2, p.281-288, 2010.
- QUEZADO-DUVAL M. A.; ZAMBOLIM L.; **Produção integrada do tomateiro tutorado.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.
- RAKESH, P.; PRASAD, R. D.; DEVI, G. U.; BHAT, B. N. **Effect of biopolymers and synthetic seed coating polymers on castor and groundnut seed.** *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, v. 5, n. 4, p. 2043-2048, 2017.
- RAMOS, D. P. *et al.* **Infecção por *Fusarium graminearum* e *Fusarium verticillioides* em sementes de milho.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 24-31, 2014.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing.** *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria, 2022. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 26 out. 2022.
- REIS A.; BOITEUX LS. **Outbreak of *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* race 3 in commercial fresh-market tomato fields in Rio de Janeiro State, Brazil.** *Horticultura Brasileira*, p. 451-454, 2007.

REIS A; COSTA H; BOITEUX LS; LOPES CA. **First report of *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* race 3 on tomato in Brazil.** *Fitopatologia Brasileira* p. 426-428. 2005.

REIS, A.; LOPES, C. A. **Principais fungos de solo em hortaliças: epidemiologia e manejo. Manejo integrado de doenças e pragas, hortaliças**, p. 189-224. Viçosa, MG Universidade Federal de Viçosa, 2007.

REIS, M. V.; BALDONI. I. J.; OLIVARES, L. F. **Defesa de plantas contra o ataque de Fitopatógenos.** Seropédica, RJ: EMBRAPA-RJ, 2008. 56 p.

Revista Nosso Alho. XXVII Encontro Nacional dos Produtores de Alho. Edição nº 21. Dezembro, 2014.

ROMERO, A.L.; ALMEIDA, A.L.; OLIVEIRA, R.R.; VIDA, J.B. **Composição química e avaliação das atividades antifúngica e alelopática dos óleos essenciais de *Croton zehntneri* e *Illicium verum***, p.112. Congresso Científico da Região Centro Ocidental do Paraná, Campo Mourão. Anais, 2011.

RONGA, D. **Carbon footprint and energetic analysis of tomato production in the organic vs the conventional cropping systems in Southern Italy.** *Journal of Cleaner Production.* v.220. 2019.

ROSA, A. J. S., SALA, F. C., CARDOSO, J. C. **Performance and selection of tomato cultivars for organic cultivation in greenhouse.** *Revista Ceres.* v. 66. 2019.

ROSADO, L.D.S.; RODRIGUES, H.C.A.; PINTO, J.E.B.P.; CUSTÓDIO, T.N.; PINTO, L.B.B.; BERTOLUCCI, S.K.V. **Alelopatia do extrato aquoso e do óleo essencial de folhas do manjeriço “Maria Bonita” na germinação de alface, tomate e melissa.** *Revista Brasileira Plantas Mediciniais*, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 422-428. 2009.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARTINS, I. R.; ELIAS, M. C. **Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético rupollo, g. Et al. na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia.** *Ciências agrotec.*, Lavras, v. 30, n. 1, p. 118-125, jan./fev., 2006.

SALES, J. F. *et al.* **The germination of bush mint (*Hyptis marruboides* EPL) seeds as a function of haverst stage, light, temperature and duration of storage.** *Acta scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 4, p. 709-713, 2011.

SELLITTO, V. M. *et al.* **Biocontrole microbiano como alternativa aos fungicidas sintéticos: limites entre aplicações pré e pós-colheita em hortaliças e frutas.** *Fermentação*, v. 7, n. 2, 60 p. 2021.

SIMÃO, E. **Aspectos ecofisiológicos da germinação, sobrevivência e desenvolvimento inicial de *Styrax camporum pohl.* (styracaceae).** Tese de doutorado (Curso de Ciências Biológicas). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 12 p. 2009.

TOLEDO, M. A. **Desenvolvimento de plântulas de soja em função da dessecação das plantas e do tratamento das sementes.** Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, São Paulo, 152 p. 2011.

TOMAZ, M.A. *et al.* **Avaliação do sistema radicular e eficiência nutricional de cálcio e magnésio em mudas de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*.** Embrapa Café, Brasília, 2001.

TOMAZONI, E. Z.; PAULETTI, G. F.; RIBEIRO, R, T, S.; MOURA, S.; SCHWAMBACH. **In vitro and in vivo activity of essential oils extracted from *Eucalyptus staigeriana*, *Eucalyptus globulus* and *Cinnamomum camphora* against *Alternaria solani* Sorauer causing early blight in tomato.** *Scientia Horticulturae*, v. 223, p. 72–77, 2017.

VIGO-SCHULTZ, S. **Avaliação da eficácia da tintura etanólica de guaco (*Mikania glomerata*) no controle da podridão negra (*Xanthomonas campestris pv.campestris*) em couve-flor.** Seminário: Ciências Agrárias, v.27, n 4, p. 515-524, 2006.

VILLELA, J. G. A. **Tratamento Químico De Sementes De Feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*) para o Controle de *Curtobacterium flaccumfaciens pv. flaccumfaciens*.** Dissertação (Mestrado do Programa de Pós Graduação em Fitopatologia) Universidade de Brasília, Brasília, 132p. 2015.

WAN, J.; ZHONG, S.; SCHWARZ, P.; CHEN, B.; RAO, J. P. **Physical properties, antifungal and mycotoxin inhibitory activities of five essential oil nanoemulsions: Impact of oil compositions and processing parameters.** *Food Chemistry*, v. 291, p. 199-206, 2019.

WOLFFENBUTTEL, A. N. **Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia: abordagem técnica e científica.** São Paulo: Roca, 312 p. 2011.

ZACHARIAS, M.B.; FORTI, V.A.; BASTOS, R.G.; DA SILVA, M.A. **Revestimento de sementes de milho com quitosana e biomassa microalgal.** *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, vol. 12, 2022.

ZANINI, W. **Interferência de diferentes tratamentos comerciais e períodos de armazenamento sobre os parâmetros fisiológicos de sementes de soja.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 25 p. 2018.

ZENG, D.; FAN, Z.; TIAN, X.; WANG, W.; ZHOU, M.; LI, H. **Preparation and mechanism analysis of an environment-friendly maize seed coating agent.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 98, n. 8, p. 2889–2897, 2018.