

EFEITO DO USO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA INCIDÊNCIA DE FUNGOS E VIGOR EM SEMENTES SALVAS DE TRIGO

¹Jayne Deboni da Veiga, ²Eveline Ferreira Soares, ³Alieze Nascimento da Silva, ⁴Marcos Lenz, ⁵José Junior da Cruz de Camargo, ⁶Samara Streda, ⁷Juliane Ludwig

¹ Mestranda em Fitotecnia-Fitossanidade na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, Brasil Email: jaynedeboniveiga73@gmail.com

²Doutoranda em Fitotecnia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, Brasil

³Docente na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Campus Frederico Westphalen, Brasil

⁴ Doutorando em Tecnologia da Aplicação na Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, campus Santa Maria, Brasil

⁵ Graduado em Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS, campus Cerro Largo, Brasil

⁶ Graduada em Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS, campus Cerro Largo, Brasil

⁷ Docente na Universidade Federal da Fronteira Sul, UFFS, campus Cerro Largo, Brasil

Recebido em: 15/01/2026 – Aprovado em: 02/03/2026 – Publicado em: 30/03/2026

DOI: 10.18677/EnciBio_2026A3

RESUMO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um importante cereal na alimentação humana e animal. Entretanto, sofre injúrias que limitam seu potencial produtivo devido principalmente à ocorrência de doenças fúngicas. Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos do uso dos óleos essenciais como tratamento de sementes, buscando analisar a incidência de fungos, avaliar seus efeitos na germinação e vigor. A utilização dos óleos essenciais de canola, citronela e eucalipto combinados, nim, canela, citronela, eucalipto e o agente dispersante (acetona) compuseram os tratamentos, no qual foram conduzidos sob delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. O uso dos óleos não influenciou o desenvolvimento da parte aérea das plântulas. No desenvolvimento radicular, não foram observadas diferenças entre os tratamentos. O uso do óleo de citronela proporcionou o menor percentual de germinação, afetando negativamente a variável. No tempo médio de germinação foi observado o menor valor no uso da mistura binária de óleos. No índice de velocidade de germinação não foi observado diferença significativa no uso da mistura binária dos óleos em relação ao tratamento controle. As colônias fúngicas encontradas pertencem à espécie *Alternaria spp.*, as quais incidiram em todos os tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum aestivum*, Fonte de inóculo, Potencial produtivo.

EFFECT OF THE USE OF ESSENTIAL OILS ON THE INCIDENCE OF FUNGI AND VIGOR IN SAVED WHEAT SEEDS

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum*) is an important cereal in human and animal nutrition. However, it suffers injuries that limit its productive potential mainly due to the occurrence of fungal diseases. The objective of this work was to evaluate the effects of using essential oils as a seed treatment, to analyze the incidence of fungi, to evaluate their effects on germination and vigor. The use of canola, citronella and eucalyptus essential oils combined, neem, cinnamon, citronella, eucalyptus and the dispersing agent (acetone) distributed the treatments, which were followed under a completely randomized design with four replications. The use of oils does not influence the development of the aerial part of the plants. In root development, no differences were observed between treatments. The use of citronella oil influenced the lowest percentage of germination, affecting the variable. No mean germination time was observed or a lower value was observed when using a binary mixture of oils. In the germination speed index, no significant difference was observed in the use of the mixture of oils in relation to the control. The fungal colonies belonged to the *Alternaria* spp. species, which affected all treatments.

KEYWORDS: *Triticum aestivum*, inoculum source, productive potential.

INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) constitui uma das principais culturas alimentares do mundo, sendo responsável por parcela significativa do suprimento global de calorias e proteínas vegetais, com produção anual superior a 780 milhões de toneladas e papel estratégico na segurança alimentar, na estabilidade dos mercados agrícolas e na economia de inúmeros países produtores e importadores (FAO, 2024; USDA, 2026). No Brasil, a produção de trigo tem oscilado nos últimos anos, com registros de 6,23 milhões de toneladas em 2021 e 7,89 milhões de toneladas em 2024, refletindo variações de área e produtividade entre safras (FAO, 2024; CONAB, 2026; USDA, 2026).

A cultura, nas regiões onde é tradicionalmente cultivada no Brasil, sempre foi importante e parceira, principalmente da soja no que concerne à promoção da sustentabilidade da agricultura. Apesar das frustrações das safras, os benefícios diretos e indiretos do cultivo de trigo ao longo dos anos são maiores do que a alternativa de manter as áreas em pousio (PIRES, 2017). Com isso, no ano de 2021, o Brasil produziu cerca de 7,7 milhões de toneladas, demonstrando a importância dessa cultura, tanto para comercialização como na rotação de culturas (CONAB, 2021).

A cultura mostra-se uma ótima opção na rotação de culturas, sendo de boa aceitação pelo mercado agropecuário. Estudos realizados demonstram que a rotação de culturas favorece a redução do potencial de inóculo de organismos causadores de doenças no trigo, como manchas foliares e podridões radiculares. A implantação do trigo de acordo com a rotação de culturas traz consigo diversas vantagens pois é capaz de prevenir algumas doenças que a monocultura proporciona. O cultivo em sucessão de leguminosas acaba por aumentar a incidência de doenças, como mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e rhizoctonia (*Rhizoctonia* spp.). Como o trigo não é hospedeiro desses patógenos possui a

capacidade de romper a ponte verde e a sobrevivência do inóculo, representando a principal alternativa econômica no inverno (REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 2025).

A presença de fungos patogênicos em sementes de trigo tem sido relatada com frequência em diversos países, inclusive no Brasil (ARMENOVA *et al.*, 2025). Dentro disso, os patógenos são capazes de causar danos, podendo associar-se as sementes, resultando na morte em pré-emergência, podridão radicular, tombamento de mudas, manchas necróticas em folhas e caules, deformações, como hipertrofias e subdesenvolvimento, descoloração de tecidos e infecções latentes (ARMENOVA *et al.*, 2025).

Os fungos necrotróficos infectam a flor e contaminam os componentes da espiga, assim as sementes contaminadas com o patógeno constituem a principal fonte de inóculo e as lesões de plantas infectadas representam importante fonte de inóculo secundário (ABDI-MOGHADAM *et al.*, 2023). Os patógenos associados às sementes podem estar contaminando a superfície ou os tecidos internos da mesma, sendo capaz de disseminar a doença a longas distâncias. O uso dos óleos apresenta-se como uma forma de controle de fitopatógenos e pragas devido a produção de metabólitos secundários, justifica-se seu estudo devido ao intenso uso de agrotóxicos promover problemas ambientais (SILVA *et al.*, 2010). Atualmente os óleos têm sido amplamente utilizados para diversas finalidades, destacando-se como fungicida, sendo explorados pela indústria agrícola e alimentícia (CHEN *et al.*, 2026). Podem ser extraídos de plantas, apresentando atividade antimicrobiana frente a diversos microrganismos conhecidos (POMBO *et al.*, 2018; ZACHARIAS, 2021; PADRILAH *et al.*, 2024; PAZ JÚNIOR *et al.*, 2025).

Fungos do gênero *Alternaria* spp. são frequentemente relatados como contaminantes de sementes de trigo, podendo afetar a qualidade fisiológica e servir como fonte de inóculo para doenças foliares. A resistência desses patógenos a fungicidas sintéticos tem levado à exploração de biopesticidas, como o óleo de eucalipto (*Eucalyptus* spp.), que demonstrou inibição significativa do crescimento de *Alternaria* triticina em condições laboratoriais (KALAIVANI *et al.*, 2025).

A busca por alternativas sustentáveis ao tratamento químico de sementes tem impulsionado o estudo de óleos essenciais (OEs) devido à sua rica composição em metabólitos secundários com propriedades antimicrobianas. Estudos recentes destacam que o uso de OEs como agentes de priming ou tratamento direto pode atuar como um estimulante natural, aumentando a tolerância a estresses e reduzindo a carga de patógenos iniciais (OĞUZ *et al.*, 2023). No entanto, a eficácia desses compostos é altamente dependente da espécie botânica, da concentração utilizada e da sensibilidade do patógeno alvo, como observado para fungos do gênero *Alternaria* (TIAN *et al.*, 2012).

Diante do exposto, o objetivo dessa pesquisa foi verificar a incidência dos fungos em sementes de trigo quando submetidas a diferentes tratamentos com óleos essenciais, estas que podem apresentar alterações relacionadas à qualidade fisiológica. Cabe destacar que o trabalho tem um viés exploratório, uma vez que não são encontrados trabalhos sobre o tema. Com isso, a questão dos efeitos dos óleos essenciais, tanto na qualidade sanitária quanto fisiológica, poderá ser eficaz ou não nos tratamentos. Salienta-se que os resultados poderão contribuir no desenvolvimento de trabalhos posteriores sobre o assunto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul- UFFS, campus de Cerro Largo. Foi utilizado um lote de sementes “salvas” de trigo da cultivar TBIO Audaz, colhidas em outubro de 2021, no município de Giruá-RS.

O uso dos óleos essenciais e a acetona compuseram os tratamentos, sendo estes adquiridos comercialmente. As sementes foram pesadas e 100 gramas foram acondicionadas em cada saco plástico. Posterior a isso, em cada um dos óleos essenciais foram realizadas diluições, e foi obtida a concentração de 10% (mistura água destilada, óleo essencial e acetona). No tratamento onde foi utilizada a mistura binária dos óleos a concentração de cada um foi de 5%. A acetona foi utilizada para promover uma boa dispersão dos óleos, sendo que promove melhor efeito emulsionável comparado ao Tween (DOMENE *et al.*, 2016). O uso dos óleos essenciais e da acetona compôs os tratamentos, sendo ambos adquiridos comercialmente. As sementes foram previamente pesadas, sendo utilizadas 100 g por unidade experimental, acondicionadas em sacos plásticos.

Posteriormente, foram preparadas soluções contendo óleo essencial na concentração final de 10%. Para isso, foi utilizada uma mistura composta por 10% de óleo essencial, 10% de acetona e 80% de água destilada (v/v). No tratamento contendo mistura binária de óleos essenciais, cada óleo foi utilizado na concentração de 5%, totalizando 10% de óleo essencial na solução, mantendo-se as mesmas proporções de acetona e água destilada.

A acetona foi utilizada como agente dispersante para facilitar a emulsificação dos óleos essenciais em água, promovendo maior estabilidade da solução e melhor homogeneização do tratamento. Estudos demonstram que a acetona pode apresentar eficiência semelhante ou superior a surfactantes convencionais na dispersão de compostos hidrofóbicos (DOMENE *et al.*, 2016).

Nos tratamentos foram utilizados 1 mL de óleo, 1 mL de acetona e 8 mL de água destilada. Os óleos essenciais utilizados foram: citronela (*Cymbopogon winterianus*), eucalipto comum (*Eucalyptus globulus*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), canola ionizado (*Brassica napus*), nim (*Azadirachta indica*) e a mistura binária de 0,5mL de óleo de citronela e 0,5mL de óleo de eucalipto. Um dos tratamentos foi composto apenas pelo uso da acetona, que foi utilizado como agente dispersante, e também o tratamento controle, cujo não foi utilizado nenhum produto.

Dentre os óleos essenciais utilizados, os ingredientes destes se diferiram. O óleo de canela foi extraído das folhas da planta e é composto por *Cinnamomum zeylanicum*, *Cinnamal*, *Coumarin*, *Benzyl benzoate*, *Eugenol*, *Limonene* e *Linalool*. O óleo de citronela, eucalipto, canola ionizado e nim foram extraídos pelo método destilação e seus ingredientes são inteiramente provindos da composição das plantas cujo foram manipuladas.

Os tratamentos foram realizados nas sacolas plásticas, sendo necessário esperar secar a mistura aplicada para posterior utilização das sementes. A mistura dos óleos essenciais, juntamente ao agente dispersante foi realizada em béqueres, sendo necessária a utilização de micropipeta volumétrica, para a aplicação dos óleos.

Doravante, no texto e nas tabelas os tratamentos serão denominados como “citronela”, “eucalipto comum”, “canela”, “canola”, “citronela + eucalipto”, “nim”, “acetona” e o controle.

Qualidade fisiológica

Para determinar a qualidade fisiológica das sementes da cultura, foram desenvolvidos cálculos utilizando os valores obtidos através da contagem de sementes germinadas, seguindo a metodologia proposta por Popinigis (1977).

Germinação (G): foi conduzido com oito tratamentos, cujo cada qual foi realizado quatro repetições. As sementes foram dispostas em rolos de papel germitest, contendo duas folhas umedecidas abaixo, e uma acima das sementes devidamente acondicionadas, sendo utilizadas 200 sementes para cada um dos tratamentos estabelecidos. As folhas foram umedecidas com água destilada com o equivalente de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram mantidos em câmara de crescimento, sob temperatura de 20°C (BRASIL, 2009).

Índice de Velocidade de Germinação (IVG): para a determinação do IVG, foi realizada a contagem das sementes germinadas presentes no rolo de papel durante os oito dias do experimento, sendo a atividade desenvolvida todos os dias no mesmo horário, adaptado conforme a proposta de Maguire (1962). Sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$IVG = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$$

Onde: n_i = número de sementes que germinaram no tempo "i"; t_i = tempo após instalação do teste; Unidade: adimensional.

Tempo Médio de Germinação (TMG): para a determinação do TMG, foi realizada a contagem das sementes germinadas durante todos os oito dias do experimento. Para que assim os dados fossem aplicados a seguinte fórmula (LABOURIAU, 1983):

$$TMG = \frac{\sum n_i * t_i}{\sum n_i}$$

Onde: n_i = número de sementes germinadas por dia; t_i = tempo de incubação; Unidade: dias

Foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentaram sistema radicular com no mínimo 2 mm de comprimento. Além disso, em cada um dos tratamentos foi escolhido de forma aleatória 10 plântulas de cada uma das repetições, para que fossem efetuadas as devidas medições da parte aérea e radicular, por meio do uso do paquímetro eletrônico.

Análise sanitária

Para a realização da avaliação da qualidade sanitária das sementes, utilizou-se oito tratamentos, com quatro repetições. As sementes foram acondicionadas em caixas de polietileno, do tipo gerbox (11x11x3cm), desinfestadas com hipoclorito de sódio à 1%, posteriormente foi adicionado duas folhas de papel germitest, e umedecidos com água destilada até atingir sua saturação. Foram dispostas 25 sementes em cada gerbox utilizando ao todo 100 sementes em cada tratamento. Após sua distribuição e identificação, foram acondicionadas em câmara de crescimento do tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) a 20°C (BRASIL, 2009).

O método utilizado por meio da fitopatometria, foi a avaliação de incidência, classificando as sementes em doentes ou sadias (OĞUZ *et al.*, 2023). A contagem foi realizada após sete dias da implantação dos tratamentos, observando em cada semente a presença ou ausência de colônias fúngicas, com auxílio de uma lupa e um microscópio óptico, para a realização de lâminas utilizando corante azul de metil.

Para o desenvolver dos cálculos utilizou-se a equação 4 adaptada (OĞUZ *et al.*, 2023):

$$I (\%) = \frac{\text{Número de sd}}{ts}$$

Onde; I (incidência), sd (sementes doentes) e ts (total de sementes da amostra).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior percentual de incidência de fungos fitopatogênicos associados às sementes de trigo que foram submetidas aos tratamentos utilizando óleos essenciais, juntamente com acetona, atuando como agente surfactante, foi do gênero *Alternaria* spp., na qual incidiu em todos os tratamentos em percentagens elevadas. Já o fungo *Aspergillus* spp. incidiu nos tratamentos em que foram utilizados, o óleo de citronela, eucalipto, canela e canola, sendo que nos demais tratamentos não houve incidência. O fungo do gênero *Chaetomium* spp. apenas não incidiu nas sementes tratadas com a mistura binária de óleo de citronela e eucalipto. Já *Nigrospora* spp. não incidiu nas sementes tratadas com óleo de eucalipto, canela e nim. *Cladosporium* spp. apenas não incidiu no tratamento com uso de óleo de canela. Os resultados referentes estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Incidência de fungos em sementes expressa em porcentagem, em oito tratamentos, na cultura do trigo, na Universidade Federal da Fronteira Sul (2022).

Óleos essenciais	Incidência dos fungos (%)				
	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Chaetomium</i> spp.	<i>Nigrospora</i> spp.	<i>Cladosporium</i> spp.
Controle	29,00	0,00	7,00	7,00	2,00
Acetona	15,00	0,00	3,00	20,00	3,00
Citronela + Eucalipto	32,00	0,00	0,00	4,00	1,00
Eucalipto	25,00	3,00	2,00	0,00	1,00
Nim	31,00	0,00	3,00	0,00	4,00
Canela	45,00	8,00	1,00	0,00	0,00
Canola	22,00	21,00	8,00	6,00	5,00
Citronela	26,00	3,00	4,00	1,00	2,00

Em relação às características fisiológicas (Tabela 2), a partir do teste de germinação foi possível observar que todos os tratamentos não apresentaram efeito fitotóxico, com exceção do uso do óleo de citronela que afetou negativamente a germinação, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Vale ressaltar que muitas vezes o efeito alelopático não afeta a germinabilidade, mas sim a velocidade da germinação ou outros parâmetros (ALJAYAN *et al.*, 2025).

No índice de velocidade de germinação foi observado o maior valor no tratamento “citronela + eucalipto”, sendo constatado que em pequenas quantidades o uso do óleo não afetou a qualidade das sementes submetidas ao tratamento. O menor valor foi obtido com o uso de óleo de citronela, sendo o efeito aleloquímico prejudicial à variável avaliada.

No que se refere ao tempo médio de germinação, que é expresso em dias, a mistura binária dos óleos de citronela + eucalipto afetou de forma positiva as sementes, diferindo significativamente dos demais tratamentos, obtendo o tempo de

3,92 dias. Assim verifica-se que o uso da mistura de dois óleos influenciou positivamente no tempo em dias de germinação em relação aos tratamentos. Já com o uso dos demais óleos foram obtidos os maiores tempos de germinação, não diferindo significativamente entre si.

TABELA 2. Sementes germinadas (%), Índice de Velocidade de Germinação (%) e Tempo Médio de Germinação (dias), de oito tratamentos desenvolvidos na cultura do trigo, em sementes salvas, na Universidade Federal da Fronteira Sul (2022).

Tratamentos	Germinação (%)	IVG (%)	TMG (dias)
Controle	95,00 a	72,58 a	5,04 a
Acetona	90,00 a	58,95 bc	5,25 a
Citronela + Eucalipto	88,50 a	65,00 ab	3,92 b
Eucalipto	86,00 a	54,25 c	4,97 a
Nim	86,00 a	50,05 c	5,39 a
Canela	84,50 a	56,08 bc	5,24 a
Canola	84,50 a	55,80 bc	5,24 a
Citronela	69,00 b	42,13 d	4,69 a
CV(%)	7,22	7,40	7,27

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey, $p>0,05$).

Em relação ao desenvolvimento das plântulas (Tabela 3), no tratamento “citronela + eucalipto” foi observado os maiores valores em centímetros de comprimento radicular. Nos demais tratamentos, verificou-se que houve a influência negativa sobre o desenvolvimento radicular das plântulas. Foram observados os menores desenvolvimentos com o uso dos óleos de canela, eucalipto, canola, citronela e nim, os quais demonstraram seu efeito fitotóxico no parâmetro avaliado.

Os resultados de comprimento da parte aérea das plântulas submetidas aos diferentes tratamentos, demonstraram um comportamento semelhante, não sendo visualizadas diferenças significativas entre os tratamentos. Os tratamentos não prejudicaram e não se mostraram eficientes como estimulantes nas quantidades utilizadas de óleo essencial.

TABELA 3. Desenvolvimento radicular e aéreo, em centímetros, de oito tratamentos desenvolvidos na cultura do trigo, na Universidade Federal da Fronteira Sul (2022).

Tratamentos	Raiz (cm)	Parte aérea (cm)
Controle	8,96 a	9,01 ns
Citronela + Eucalipto	7,52 ab	8,86 ns
Acetona	6,75 b	8,21 ns
Canela	5,47 c	8,88 ns
Eucalipto	5,30 c	9,45 ns
Canola	5,29 c	9,03 ns
Citronela	4,95 c	8,54 ns
Nim	4,87 c	8,43 ns
CV (%)	13,99	9,18

Médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey, $p>0,05$).

No Brasil, um dos principais fungos fitopatogênicos veiculados pela semente de cereais de inverno é a *Alternaria* spp. (TIAN *et al.*, 2012; NIKOLIĆ *et al.*, 2016; KALAIVANI *et al.*, 2025). A maior incidência em todos os tratamentos foi deste fungo. Vale ressaltar que o tratamento de sementes é mais eficaz em lotes em que a incidência está abaixo de 10% (OĞUZ *et al.*, 2023), nos resultados observados avaliando esse parâmetro nos tratamentos foram encontrados valores maiores que 10% de incidência.

O fungo *Alternaria* spp. interfere na germinação e no desenvolvimento de plântulas (TIAN *et al.*, 2012; NIKOLIĆ *et al.*, 2016). Seu principal meio de disseminação consiste nas sementes contaminadas afetando negativamente a viabilidade e vigor (ALJAYAN *et al.*, 2025). Este resultado justifica-se devido ao patógeno afetar diretamente a qualidade fisiológica da semente, resultado da produção de micotoxinas (PEDROSO *et al.*, 2010).

O efeito dos óleos essenciais sobre os parâmetros relacionados as características fisiológicas depende do óleo utilizado e da dose. Aljayan *et al.*, (2025), estudando alguns óleos essenciais extraídos de plantas da região do Mediterrâneo, como: *Laurus nobilis* (louro), *Citrus bergamia* (bergamota), *Foeniculum vulgare* (funcho) e *Lavandula hybrida* (lavanda), demonstraram a ocorrência de efeito inibitório da germinação de sementes de trigo e milho, contudo, a diminuição foi mais evidente quando se elevou a dose de óleo na solução de tratamento, de 1 para 50%. No entanto, quando em doses elevadas, e maior concentração, os componentes químicos presentes nos óleos podem mostrar-se tóxicos, afetando a qualidade da semente, ocasionando a diminuição da germinação, aumento do tempo médio de germinação, diminuição do índice de velocidade de germinação e retardo no desenvolvimento de plântulas, tanto da porção radicular quanto da parte aérea. A interferência ocasionada por substâncias químicas produzidas por organismos, que no meio ambiente afetam os outros componentes da comunidade, é denominada de alelopatia (REZENDE *et al.*, 2021; ALLAGUI *et al.*, 2024).

Estudos demonstram que os efeitos dos aleloquímicos estão relacionados a processos fisiológicos na planta (REZENDE *et al.*, 2021), destacando a influência que o uso ocasiona nas culturas. Segundo Bousta *et al.*, (2025), é assumido que os efeitos alelopáticos de um aleloquímico, quando em baixa concentração, podem não ser inibitórios para dada espécie receptora ou apresentar efeitos estimulatórios em determinados casos, verificando-se com devidos testes. Os óleos essenciais poderiam causar alterações devido ao potencial alelopático. Os resultados encontrados em relação ao uso do óleo de nim em relação a germinação foram semelhantes aos citados por Almeida *et al.*, (2019), no qual não houve interferência nesse parâmetro.

Os resultados relacionados à germinação quando utilizado o óleo de canela no tratamento de sementes, foram semelhantes aos obtidos por Danielewicz *et al.*, (2024), quando foi utilizado o óleo na concentração de 0,5%, não ocasionando danos à germinação das sementes. A avaliação do percentual de germinação das sementes submetidas aos tratamentos justifica-se devido compreender o processo pelo qual o embrião da semente se desenvolve originando uma nova planta (SILVA, 2014). Consequentemente, quando o percentual é baixo, pode acarretar na diminuição da população de plantas desejadas por área, ocasionando prejuízos nos componentes da produtividade da lavoura.

Ressalta-se que o teste de germinação por si só não é eficiente para avaliar a qualidade fisiológica da semente, requerendo complementação com resultados de avaliação do vigor, devido sofreram mais alterações com o uso dos óleos essenciais (CHRAPAČIENĚ *et al.*, 2022). Como a velocidade da germinação é uma das primeiras características que são afetadas no processo de deterioração das sementes, podendo ser ocasionado a campo ou durante o armazenamento, a primeira contagem de germinação pode ser considerada um teste de vigor (DANIELEWICZ *et al.*, 2024).

A vantagem encontra-se na possibilidade da determinação do percentual de germinação e o vigor em apenas um teste, visando a determinação do potencial fisiológico de sementes (GOMES *et al.*, 2025).

Para o desenvolvimento da cultura, o crescimento inicial das plantas é de grande importância devido determinar a densidade do estande, grau de infestação das plantas daninhas e a produção por área (GOMES *et al.*, 2025). O tamanho e a distribuição da parte aérea influenciam o sistema radicular através do suprimento de carbono (TOKGÖZ *et al.*, 2024).

A elevada incidência de *Alternaria* spp. observada em todos os tratamentos deste estudo corrobora com achados de Tokgöz (2024), que aponta a persistência de micoflora associada a grãos de trigo mesmo após tratamentos alternativos. A resistência de *Alternaria* pode estar relacionada à sua elevada capacidade de adaptação estrutural e fisiológica, o que pode exigir concentrações mais elevadas ou combinações sinérgicas de compostos naturais para alcançar uma inibição completa. Estudos demonstram que óleos essenciais, como o óleo de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), apresentam atividade antifúngica significativa contra espécies de *Alternaria*, atuando principalmente na desorganização da membrana celular e na inibição do crescimento micelial (TIAN *et al.*, 2012; NIKOLIĆ *et al.*, 2016).

O efeito deletério do óleo de citronela (*Cymbopogon winterianus*) sobre a germinação das sementes de trigo, observado nesta pesquisa, alinha-se aos resultados de Olinto *et al.*, (2023), que verificaram redução na viabilidade de sementes tratadas com este óleo. Esse fenômeno é frequentemente atribuído à fitotoxicidade de compostos como o citronelal e o geraniol, que em determinadas concentrações podem interferir nos processos bioquímicos da germinação, apesar de possuírem forte ação antifúngica (GOMES *et al.*, 2025).

A melhora no tempo médio de germinação com o uso da mistura binária (citronela + eucalipto) sugere um possível efeito sinérgico ou de diluição da fitotoxicidade individual dos óleos. Estratégias de combinação de óleos essenciais têm sido recomendadas para otimizar o controle sanitário sem comprometer o vigor das plântulas, permitindo que os benefícios antimicrobianos sejam aproveitados com menor impacto fisiológico (VALENTE *et al.*, 2023).

A análise do sistema radicular é indispensável, devido ser responsável pela obtenção de água e nutrientes do solo, síntese de reguladores de crescimento, e para o armazenamento de carboidratos (TOKGÖZ *et al.*, 2024). De acordo com Barbosa *et al.*, (2023), o crescimento radicular se justificaria pela presença de algum dos agentes aleloquímicos, estimulando o crescimento e podendo caracterizar um efeito alelopático. Os dados observados mostram o efeito alelopático prejudicando a variável, na qual o maior desenvolvimento foi visualizado no tratamento controle. Danielewicz *et al.*, 2025 demonstraram a atividade inibitória do uso do óleo de nim no desenvolvimento radicular das plantas malícia (*Mimosa pudica*) e mata-pasto (*Senna obtusifolia*), os mesmos observados no experimento.

CONCLUSÕES

Os óleos essenciais não possuem efeito na incidência de *Alternaria* spp. e não promovem o crescimento de plântulas. Em termos fisiológicos, o uso dos óleos essenciais não ocasiona alterações no potencial germinativo das sementes, entretanto o óleo de citronela reduz o vigor e a germinação das sementes, não sendo recomendado para aplicação em sementes salvas de trigo. A combinação binária do óleo de eucalipto e citronela acelera a germinação das sementes, sendo recomendado para quando as sementes são postas em condições não ideais para germinar, e encontram-se suscetíveis ao ataque de patógenos habitantes do solo.

REFERÊNCIAS

ABDI-MOGHADAM, Z.; MAZAHERI, Y.; REZAGHOLIZADE-SHIRVAN, A.; MAHMOUDZADEH, M.; SARAFRAZ, M.; *et al.* The significance of essential oils and their antifungal properties in the food industry: a systematic review. **Heliyon**, v. 9, n. 11, e21386, 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e21386. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21386>.

ALJAYAN, L. N.; ASTATKIE, T.; ERICKSON, S.; CANTRELL, C. L.; ZHELJAZKOV, V. D. Effect of 11 essential oils on seed germination, radicle development, and seedling growth in wheat and barley. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 21, 101944, 2025. DOI: 10.1016/j.jafr.2025.101944. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101944>.

ALLAGUI, M. B.; MOUMNI, M.; ROMANAZZI, G. Antifungal activity of thirty essential oils to control pathogenic fungi of postharvest decay. **Antibiotics**, v. 13, n. 1, 28, 2024. DOI: 10.3390/antibiotics13010028. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antibiotics13010028>.

ALMEIDA, L.; TEIXEIRA, M. C. S. A.; LEMOS, J. R.; LACERDA, M. N.; SILVA, T. C. Bioatividade dos óleos essenciais na germinação e no vigor de sementes de tomate. **Biotemas**, v. 32, n. 2, p. 13-21, 2019. DOI: 10.5007/2175-7925.2019v32n2p13. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n2p13>.

ARMENOVA, N.; TSIGORIYNA, L.; ARSOV, A.; STEFANOV, S.; PETROV, K.; *et al.* Antifungal biocontrol in sustainable crop protection: microbial lipopeptides, polyketides, and plant-derived agents. **Journal of Fungi**, v. 12, n. 1, 22, 2025. DOI: 10.3390/jof12010022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jof12010022>.

BARBOSA, L. M. P. S. J. O.; SOUSA, R.C. M.; FURTADO, J. L. B; VIDINHA, P. Bioherbicide from *Azadirachta indica* seed waste: exploitation, efficient extraction of neem oil and allelopathic effect on *Senna occidentalis*. **Recycling**, Basel, v. 8, n. 3, p. 50, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/recycling8030050> . Acesso em: 9 mar/2026.

BOUSTA, A.; ASTATI, S.; WAHBY, I.; FIDAH, A.; JANAH, T.; *et al.* Vapour-phase effects of thyme and eucalyptus oils, alone and combined, against toxin-producing fungi from stored durum wheat. **Scientific Reports**, v. 15, 21379, 2025. DOI:

10.1038/s41598-025-21379-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-21379-7>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

CHEN, C.; LIU, L.; TANG, S.; LI, D.; DAI, C. Antifungal activity of natural thymol: advances on molecular mechanisms and therapeutic potential. **Biomolecules**, v. 16, n. 1, 149, 2026. DOI: 10.3390/biom16010149. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biom16010149>.

CHRAPAČIENĚ, R.; KEMEŽYTĚ, V.; KAVALIAUSKIENĚ, D.; JODINSKIENĚ, M.; *et al.* Impact of essential oils on seed quality and seed-borne pathogens of *Althaea officinalis* seeds of different ages. **Horticulturae**, v. 8, n. 3, 220, 2022. DOI: 10.3390/horticulturae8030220. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030220>.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Estimativa da produtividade de grãos: safras 2019/20 e 2020/21**. Brasília: Conab, 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2021/08/ConabBoletimSafra11levantamento.pdf>.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2025/26**, v. 13, n. 5, quinto levantamento, fevereiro 2026. Brasília: Conab, 2026.

DANIELEWICZ, J.; HOROSZKIEWICZ, J.; JAJOR, E.; KORBAS, M.; ZAMOJSKA, J.; *et al.* The use of selected essential oils as an alternative method of controlling pathogenic fungi, weeds and insects on oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Agriculture**, v. 15, n. 21, 2214, 2025. DOI: 10.3390/agriculture15212214. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture15212214>.

DANIELEWICZ, J.; SOBIECH, Ł.; HOROSZKIEWICZ-JANKA, J.; SKRZYPCZAK, G.; SAWIŃSKA, Z.; *et al.* Impact of various essential oils on the development of pathogens of the *Fusarium* genus and on health and germination parameters of winter wheat and maize. **Molecules**, v. 29, n. 10, 2376, 2024. DOI: 10.3390/molecules29102376. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules29102376>.

DOMENE, M. P.; GLÓRIA, E. M.; BIAGI, J. D.; BENEDETTI, B. C.; MARTINS, L. Efeito do tratamento com óleos essenciais sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de milho (*Zea mays*). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, p. 1-6, 2016. DOI: 10.1590/1808-1657000072014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000072014>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crop prospects and food situation**. Rome: FAO, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cd0548en/cd0548en.pdf>.

GOMES, K. N. F.; MACHADO, F. P.; MOTA, E. M.; SILVA, A. C. R.; XAVIER, M. G.; *et al.* Potential of essential oils from *Cymbopogon winterianus* Jowitt: promising

evaluation for the control of mollusks and embryos of *Biomphalaria glabrata* and *Schistosoma mansoni* cercariae. **Pharmaceuticals**, v. 18, n. 3, 318, 2025. DOI: 10.3390/ph18030318. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ph18030318>.

KALAIVANI, K.; MUTHUKUMAR, A.; RAJESH, M.; SANGEETHA, G.; KUMAR, S.; *et al.* Efficacy of eucalyptus oil as a sustainable biopesticide. **South African Journal of Botany**, v. 277, p. 109-118, 2025.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington, D.C.: Secretaria Geral da OEA, 1983.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/journal/14350653>.

NIKOLIĆ, M.; GLAMOČLIJA, J.; FERREIRA, I. C. F. R.; CALHELHA, R. C.; FERNANDES, Â.; MARKOVIĆ, T.; MARKOVIĆ, D.; GIWOJNA, A.; SOKOVIĆ, M. Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil. **Industrial Crops and Products**, v. 81, p. 190–197, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.032>.

OĞUZ, M. Ç.; OĞUZ, E.; GÜLER, M. Seed priming with essential oils for sustainable wheat agriculture in semi-arid region. **PeerJ**, v. 11, e15126, 2023. DOI: 10.7717/peerj.15126. Disponível em: <https://doi.org/10.7717/peerj.15126>.

OLINTO, F. A.; SILVA, P. H.; SANTOS, L. M.; FERREIRA, J. R.; ALMEIDA, M. C.; *et al.* Óleos essenciais no tratamento de sementes florestais. **Revista Principia**, v. 60, n. 2, p. 195-207, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/6299>.

PADRILAH, S. N.; SAMSUDIN, N. I. P.; SHUKOR, M. Y. A.; MASDOR, N. A. Nanoemulsion strategies in controlling fungal contamination and toxin production on grain corn using essential oils. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 17, n. 1, 2315138, 2024. DOI: 10.1080/17518253.2024.2315138. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17518253.2024.2315138>.

PAZ JÚNIOR, F. B.; SOUSA, R. E.; ARAÚJO, C. F.; LIMA, A. P. Atividade antifúngica de óleos essenciais contra *Fusarium* spp.: revisão de literatura. **Arace – Journal of Agricultural Science**, v. 14, n. 1, p. 45-62, 2025.

PEDROSO, D. C.; MENEZES, V. O.; MUNIZ, M. F. B.; PIVETA, G.; TUNES, L. M.; *et al.* Métodos de inoculação de *Alternaria alternata* e *A. dauci* em sementes de salsa e sua influência na qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 79-85, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/>.

PIRES, J. L. F. **A importância do trigo para a sustentabilidade da agricultura**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2017.

POMBO, J. C. P.; RIBEIRO, E. R.; PINTO, R. L.; SILVA, J. M. Efeito antimicrobiano e sinérgico de óleos essenciais sobre bactérias contaminantes de alimentos. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 25, n. 2, p. 108-117, 2018. DOI: 10.20396/san.v25i2.8651521. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/san.v25i2.8651521>.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE- **Informações técnicas para trigo e triticale – safra 2025**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/trigo/publicacoes/informacoes-tecnicas>. Acesso em: 9 mar. 2026.

REZENDE, C. P.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; SANTOS, I. P. A. **Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens**. Lavras: Editora UFLA, 2021.

SILVA, L.; ALMEIDA, F.; QUEIROGA, V. **Sementes: estudos tecnológicos**. Aracaju: IFS, 2014.

SILVA, M. B.; MORANDI, M. A. B.; PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M.; FONSECA, M. C. M. Uso de princípios bioativos de plantas no controle de fitopatógenos e pragas. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 255, p. 70-77, 2010.

TIAN, J.; BAN, X.; ZENG, H.; HE, J.; CHEN, Y.; WANG, Y. The mechanism of antifungal action of essential oil from cinnamon bark against *Alternaria alternata*. **Food Control**, v. 24, n. 1–2, p. 84–89, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.09.033>.

TOKGÖZ, S.; SCHMIDT, A. M.; KOELSCH, R.; SCHOTT, L. R.; YOST, J. L.; WRIGHT, C. L.; JACKSON-Ziems, T. A. Evaluation of essential oils and their major components for wheat protection. **Crop Protection**, v. 128, 105002, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105002>

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE)**. Washington, DC: USDA, 10 fev. 2026. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0226.pdf>.

VALENTE, M. T.; ORZALI, L.; MANETTI, G.; MAGNANIMI, F.; MATERE, A.; *et al.* Rapid molecular assay for the evaluation of clove essential oil antifungal activity against wheat common bunt. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 1130793, 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1130793. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1130793>.

ZACHARIAS, M. B. Estudo da atividade antifúngica do óleo essencial de dill (*Anethum graveolens* L.) contra fungos fitopatogênicos de milho. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 24, n. 6, p. 1333-1348, 2021. DOI: 10.1080/0972060X.2021.2003448. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.2003448>.