UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
AGRONOMIA

Gabriel Costa Freire Vasconcellos Pitanga

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CEVADA À INFECÇÃO SIMULTÂNEA POR MANCHA MARROM (*BIPOLARIS SOROKIANIANA*) E MANCHA EM REDE (*DRECHSLERA TERES*) EM ÁREA DE CERRADO.

Brasília, DF
2025

Gabriel Costa Freire Vasconcellos Pitanga

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CEVADA À INFECÇÃO SIMULTÂNEA POR MANCHA MARROM (*BIPOLARIS SOROKIANIANA*) E MANCHA EM REDE (*DRECHSLERA TERES*) EM ÁREA DE CERRADO.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Professor Orientador: Prof. Dr. Felipe Bittencourt Machado de Souza

Coorientador: Dr. Alexei de Campos Dianese

Brasília, DF

2025

Cr

Costa Freire Vasconcellos Pitanga, Gabriel.
REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CEVADA À INFECÇÃO SIMULTÂNEA POR MANCHA MARROM (BIPOLARIS SOROKIANIANA) E MANCHA EM REDE (DRECHSLERA TERES) EM ÁREA DE CERRADO. / Gabriel Costa Freire Vasconcellos Pitanga;

Orientador: Felipe Bittencourt Machado de Souza; co-orientador Alexei de Campos Dianese . -- Brasília, 2025.
49 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - AGRONOMIA) -- aqui Universidade de Brasília, 2025.

1. resistência a patógenos. 2. avaliação fenotípica. 3. cultivares. 4. cevada irrigada. I. Bittencourt Machado de Souza, Felipe, orient. II. de Campos Dianese , Alexei, co-orient. III. Título.

Gabriel Costa Freire Vasconcellos Pitanga

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CEVADA À INFECÇÃO SIMULTÂNEA POR MANCHA MARROM (*BIPOLARIS SOROKIANIANA*) E MANCHA EM REDE (*DRECHSLERA TERES*) EM ÁREA DE CERRADO.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Agronomia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Agronomia.

Brasília, 10 de Fevereiro de 2025.

Banca examinadora

_____

Prof. Dr. Felipe Bittencourt Machado de Souza,
Orientador
Universidade de Brasília

_____

Dr (a). Ana Izabella Freire
Universidade Federal de Itajubá

_____

Dr. Alexei de Campos Dianese
Universidade de Brasília; Pesquisador Embrapa

Brasília, 2025.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser minha força nos momentos de incerteza, minha luz nos caminhos difíceis.

À minha família, por todo amor, paciência e compreensão.

Ao Dr. Alexei de Campos Dianese, pela orientação precisa e pelas mexericas que alegravam as coletas de campo.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Especialmente à Fazenda Sucupira, pelo suporte e infraestrutura essenciais à condução deste trabalho.

À Universidade de Brasília (UnB), pela formação e pelas experiências que enriqueceram minha trajetória. À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), pelo suporte contínuo e aprendizado.

À minha amiga Evelin Padilha Corrêa, pela parceria e pelas sugestões que ajudaram a aprimorar este trabalho.

Aos amigos feitos nesta trajetória, pelo apoio, pelas risadas e por tornarem essa jornada mais leve e especial.

Ao Clube de Regatas do Flamengo, pelas emoções inesquecíveis e pelo orgulho de ser rubro-negro

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada, seja com apoio, ensinamentos ou incentivo, meu sincero agradecimento.

RESUMO

A cultura da cevada desempenha um papel crucial na alimentação humana e animal, destacando-se especialmente na produção de ração e na indústria cervejeira. Essa cultura enfrenta desafios significativos devido à incidência de doenças foliares fúngicas, como a mancha-marrom (*Bipolaris sorokiniana*) e a mancha em rede (*Drechslera teres*), que afetam seu desenvolvimento e produtividade. A produção de cevada irrigada no Cerrado apresenta grande importância econômica e estratégica, pois permite a diversificação da cultura em uma região que, tradicionalmente, não cultiva esse cereal. Este estudo teve como objetivo selecionar genótipos de cevada resistentes a essas doenças em condições de campo no Cerrado em um ambiente *hotspot* de biodiversidade favorável ao surgimento de doenças fúngicas, visando à identificação de fontes de resistência para expansão da cultura em regiões não tradicionais. Foram avaliados diferentes genótipos, incluindo materiais comerciais e linhagens sintéticas, por meio da análise da severidade das doenças utilizando Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD). Os resultados indicaram que, embora nenhum genótipo tenha apresentado resistência, um grupo de genótipos demonstrou menor severidade acumulada ao longo do tempo, sugerindo um potencial para futuros programas de melhoramento genético. A interação genótipo-ambiente mostrou-se um fator determinante, evidenciando a necessidade de avaliações contínuas para a seleção de materiais mais adaptados ao cultivo no Cerrado.

Palavras-chave: resistência a patógenos; avaliação fenotípica, cultivares, cevada irrigada.

ABSTRACT

The barley crop plays a crucial role in both human and animal nutrition, particularly in feed production and the brewing industry. This crop faces significant challenges due to the incidence of fungal foliar diseases, such as spot blotch (*Bipolaris sorokiniana*) and net blotch (*Drechslera teres*), which affect its development and productivity. The production of irrigated barley in the Cerrado holds great economic and strategic importance, as it enables the diversification of cultivation in a region that has traditionally not grown this cereal. This study aimed to select barley genotypes resistant to these diseases under field conditions in the Cerrado, a biodiversity hotspot environment favorable to the emergence of fungal diseases, with the goal of identifying resistance sources for the expansion of barley cultivation into non-traditional regions. Various genotypes, including commercial materials and synthetic lines, were evaluated through disease severity analysis using the Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC). The results indicated that while no genotype exhibited complete resistance, a group of genotypes showed lower accumulated disease severity over time, suggesting potential candidates for future breeding programs. The genotype-environment interaction proved to be a determining factor, highlighting the need for continuous evaluations to select materials better adapted to cultivation in the Cerrado.

Keywords: pathogen resistance; phenotypic evaluation; cultivars; irrigated barley.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Genótipos e médias de AACPD relacionadas 35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo epidemiológico de *Bipolaris sorokiana*. 24
Figura 2 – Mancha marrom em folha de cevada 25
Figura 3 – Mancha em rede em folhas de cevada. 27
Figura 4 - Escala diagramática 33
Figura 6 - Distribuição dos Genótipos em Relação à Suscetibilidade a Doenças Foliares. 39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16
2 DESENVOLVIMENTO 18
2.1 A CULTURA DA CEVADA 18
2.1.1 Contexto histórico, importância e uso 18
2.1.2 Características taxonômicas, morfológicas e nutricionais 19
2.1.3 Características de cultivo e cultivares 20
2.1.4 O Cerrado e a cevada irrigada 21
2.2 DOENÇAS FÚNGICAS E SEU IMPACTO NA PRODUTIVIDADE 22
2.2.1 *Bipolaris sorokianiana*, Mancha Marrom 23
2.2.2 *Drechslera teres,* Mancha em Rede 26
2.3 TRATAMENTO, RESISTÊNCIA E FENÓTIPO DAS LESÕES 28
3 OBJETIVOS 30
3.1 OBJETIVO GERAL 30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 30
4 MATERIAL E MÉTODOS 31
4.1 LOCALIZAÇÃO 31
4.2 ORIGEM DOS GENÓTIPOS 31
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 31
4.4 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO 32
4.5 AVALIAÇÃO 32
4.5.1 Área abaixo da curva de progresso da doença 33
4.6 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS 33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 35
6 CONCLUSÃO 43
REFERÊNCIAS 44

1. INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare L.)* é uma das espécies agrícolas mais antigas, cuja domesticação remonta a aproximadamente 8.000 anos atrás. Essa cultura desempenha um papel crucial na alimentação humana e animal, destacando-se especialmente na produção de ração e na indústria cervejeira, sendo considerada um alimento funcional devido ao seu valor nutricional (Badr et al., 2000; Zhang et al., 2022).

Atualmente, a cevada ocupa a quarta posição entre os grãos mais produzidos globalmente, com 154,8 milhões de toneladas colhidas em 2022 (FAOSTAT, 2022). No Brasil, a produção da cultura, embora ainda modesta em comparação com outros grãos, tem apresentado crescimento, especialmente nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, que respondem por 95% do total nacional (IBGE, 2024).

A cevada é uma planta adaptável, com uma ampla gama de características morfológicas e fisiológicas que a tornam resistente a condições adversas, como salinidade, seca e solos de baixa fertilidade (Sharma; Gujral, 2010). As variedades cultivadas são predominantemente classificadas em duas subespécies: a *Hordeum vulgare* ssp. vulgare, com grãos hexásticos, e a *Hordeum vulgare* ssp. distichum, com grãos dísticos, cada uma com aplicações específicas na indústria alimentícia e na produção de malte (Bothmer; Jacobsen, 1985; Baik; Ullrich, 2008). No entanto, o cultivo da cevada enfrenta desafios significativos, especialmente devido à incidência de doenças fúngicas que podem comprometer sua produtividade e qualidade.

Entre as doenças fúngicas mais impactantes na cultura da cevada, destacam-se a mancha marrom, causada pelo fungo *Bipolaris sorokiniana*, e a mancha reticulada, provocada por *Dreschlera teres*. Ambas as doenças têm o potencial de reduzir a produtividade significativamente, levando a perdas que podem chegar a 50% em cultivares suscetíveis, como a BRS 195 (Mundstock, 2004; Neto et al., 2014). A compreensão da interação entre os genótipos de cevada e esses patógenos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo que garantam a produtividade e a sustentabilidade do cultivo.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a resistência de diferentes genótipos de cevada frente a fungos patogênicos, contribuindo para a identificação de variedades mais resistentes e, consequentemente, para a melhoria do manejo fitossanitário dessa importante cultura. A análise da resistência a doenças é essencial

para a seleção de cultivares que possam se adaptar às condições adversas e maximizar a produção, promovendo a viabilidade econômica da cevada no Brasil e sua contribuição para a cadeia produtiva de malte e cerveja.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 A CULTURA DA CEVADA

2.1.1 Contexto histórico, importância e uso

A cevada (*Hordeum vulgare L.*) é uma das culturas fundadoras da agricultura. Ela foi usada pela primeira vez há cerca de 10.000 anos e domesticada aproximadamente 8.000 anos atrás. Acredita-se que a cevada cultivada atualmente seja descendente direta da sua forma selvagem (Zohary et al., 2012). Assim, tanto a sua forma domesticada (*Hordeum vulgare*, subespécie *vulgare L*.) quanto selvagem *(Hordeum spontaneum C. Koch*), eram amplamente consumidas em civilizações antigas para a alimentação humana, juntamente com trigo e pimenta (Badr et al., 2000). Atualmente seu cultivo é voltado principalmente para a produção de ração animal e malte, essencial para a indústria cervejeira, embora em algumas regiões, como o Tibete, na China, ela ainda seja um alimento básico, sendo classificada como um alimento funcional devido à sua capacidade nutricional (Zhang et al., 2022).

Esse cultivo é amplamente realizado em regiões de clima temperado durante o verão e em algumas áreas de clima subtropical no inverno (Sharma e Gujral, 2010). Comparada a outros cereais, como trigo, arroz e milho, a cevada se destaca por sua resistência a condições adversas, como salinidade, seca e solos pouco férteis, o que a torna altamente adaptável a ambientes extremos. Essas características garantem à cevada a quarta posição entre os grãos mais produzidos mundialmente (Zhou, 2009), alcançando 154,8 milhões de toneladas em 2022 (FAOSTAT, 2022).

Em 2023, o Brasil produziu 379,4 mil toneladas de cevada, registrando um aumento de 23,3% em 2024, alcançando 467,3 mil toneladas. Os estados do Paraná e Rio Grande do Sul são responsáveis por 95% dessa produção (IBGE, 2024). Devido a menor eficiência da cevada em comparação ao milho e à soja para o setor alimentício, 90% de sua produção é voltada para a malteação de bebidas, principalmente cervejas. Embora o Brasil não seja um grande produtor de cevada, é o terceiro maior fabricante de cerveja mundial e consome 2,1 milhões de toneladas de malte anualmente, sendo o sétimo maior importador global, com 1,91 milhão de toneladas em 2021 (EMBRAPA, 2023).

Desse modo, a demanda por essa commodity continua a crescer, e a produção nas regiões tradicionais, como nos estados do Sul, é insuficiente para atender às necessidades do mercado interno. Esse déficit é compensado por importações que impactam negativamente a balança comercial do país. Pesquisas sugerem que o Cerrado possui grande potencial para suprir essa demanda, oferecendo uma oportunidade de expansão para o agronegócio ao incorporar novas espécies comerciais à produção (EMBRAPA, 2023).

2.1.2 Características taxonômicas, morfológicas e nutricionais

A cevada (*Hordeum vulgare L*.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae e à tribo *Triticeae*, com subespécies classificadas como *Hordeum vulgare ssp*. *spontaneum L*. e *Hordeum vulgare ssp. vulgare L*. O gênero *Hordeum* inclui 32 espécies que são classificadas em três grupos, com base no número de cromossomos: diploides (2n = 2x = 14), tetraploides (2n = 4x = 28) e hexaploides (2n = 6x = 42). *Hordeum vulgare L*., a única espécie cultivada do gênero, é diploide com 2n=2x=14 cromossomas, monoica, autógama e constituída por duas subespécies (*vulgare* e *spontaneum*) (Bothmer e Jacobsen, 1985).

Acredita-se que *Hordeum vulgare L*. surgiu a partir da cevada selvagem dística, *Hordeum spontaneum*, e é notável por sua rápida evolução em comparação a outras espécies (Lakew et al., 2011). De modo geral, essa espécie é cleistogâmica e hermafrodita, com predominância de autofecundação (Pourkheirandish e Komatsuda, 2007). A fecundação cruzada pode ocorrer em resposta a fatores ambientais, como temperaturas mais amenas, baixa umidade, estresse hídrico, alta luminosidade e elevados níveis de adubação nitrogenada (Abdel-Ghani et al., 2004).

A cevada possui um sistema radicular capilar e um colmo cilíndrico e oco, com 5 a 7 nós, de onde surgem folhas alternadas, invaginantes e paralelinérveas. Cada nó dá origem a uma folha que inclui uma lígula fina e uma aurícula proeminente, características que distinguem a cevada de outras gramíneas. As inflorescências formam uma espiga terminal composta por espiguetas dispostas alternadamente ao longo do ráquis, conferindo à estrutura um aspecto quadrangular. Cada espigueta possui duas glumelas (pálea e lema) e um florete completo, com três estames e um pistilo. O fruto é uma cariopse amarelada, com sulco longitudinal. O grão de cevada é

rico em amido, proteínas, fibras e minerais. Na cevada nua, a lema e a pálea não se aderem ao fruto, facilitando sua separação durante a colheita (Reid e Wiebe, 1979).

Dentro da espécie *H. vulgare* L., destacam-se duas principais variedades, de acordo com as espiguetas: *distichum,* com duas fileiras de grãos (dística), tendo apenas a espigueta central fértil, com as laterais sendo estéreis e, *vulgare*, com seis fileiras (hexástica), onde todas as espiguetas são férteis (Bothmer e Jacobsen, 1985). Essa última variedade é resultante de mutações nas espiguetas laterais da variedade dística (Covas,1949). No geral, a variedade de duas fileiras (dísticas), são mais adequadas para a produção de malte pois possuem maior teor de amido, enquanto as de múltiplas fileiras são usadas predominantemente para alimentação humana e animal devido ao seu maior teor proteico (Baik e Ullrich, 2008).

A composição química da cevada pode variar significativamente em função do genótipo e das condições ambientais durante o cultivo. Seus principais componentes incluem carboidratos, como amido, açúcares e fibras, proteínas constituídas por aminoácidos, gorduras compostas por ácidos graxos, além de cinzas que representam os minerais. A cevada também contém vitaminas e compostos fenólicos, contribuindo para seu valor nutricional e funcional (Ullrich, 2010).

2.1.3 Características de cultivo e cultivares

A cevada pode ser anual ou perene, ocorrendo predominantemente em zonas temperadas, mas também em regiões subtropicais e em altitudes superiores a 4.500 metros (Bothmer e Jacobsen, 1985). O cultivo dessa planta geralmente ocorre em solos bem drenados e férteis, com pH variando entre 5,5 e 6,0 (Fontana, 2016). O ciclo do plantio à colheita se completa entre 130 e 150 dias, dependendo da época de semeadura, região, cultivar e do ano (Minella, 1999). No entanto, certos fatores, como a época de semeadura e adubação, podem variar de acordo com a região e as necessidades do solo. A colheita da cevada, por sua vez, deve ser realizada quando os grãos atingem uma umidade entre 13% e 14% (Portinho, 2022).

A escolha do cultivar é um fator decisivo para o sucesso da lavoura, visto que as características agronômicas variam entre os genótipos. Os genótipos podem ser escolhidos de acordo com diversas variáveis, como pelo número de carreiras de grãos por espiga, a exemplo de BRS deméter e BRS 195 que são cultivares dísticas, enquanto BRS 180 e BRS Savanna são hexásticas. Além disso, a cevada também

pode ser classificada de acordo com seus dados médios de ciclo por região ou o período vegetativo (precoce, intermediário ou tardio) (Shekhawat, 2022), reação ao acamamento, com a cor dos grãos (clara, escura ou nua) (FAO, 2023); a resistência a doenças como oídio, escaldadura da folha e mancha marrom (Barba et al., 2004).

Para exemplificar essa diversidade, pode-se citar alguns cultivares. A cultivar ANAG 01, por exemplo, possui um ciclo de 93 dias até o espigamento e 137 dias até a maturação, sendo resistente a doenças como oídio e ferrugem da folha, mas suscetível à giberela (Embrapa Trigo, 2015). Já a cultivar BRS Cauê, com porte anão e altura média de 75 cm, destaca-se por reduzir perdas por acamamento e permitir o uso de doses maiores de nitrogênio, aumentando a produtividade em até 15% para produção de malte (Embrapa, 2008). Por outro lado, a BRS Korbel, voltada para alimentação animal, destaca-se por seu porte médio (80 cm), rendimento elevado superior a 7.000 quilos por hectare (kg/ha), e ciclo precoce a médio (Embrapa, 2023b).

2.1.4 O Cerrado e a cevada irrigada

O Cerrado, uma região de alta biodiversidade e considerada um *hotspot* de biodiversidade, abriga nascentes de importantes bacias hidrográficas do Brasil, como Tocantins-Araguaia, Prata e São Francisco (BRASIL, 2022). Graças ao desenvolvimento de técnicas de irrigação, correção do solo, produção de genótipos de alta produtividade e planejamento agrícola, o Cerrado tornou-se uma das principais regiões produtoras de grãos, contribuindo substancialmente com o cenário agropecuário nacional (Amabille, 2013).

O clima do Cerrado, caracterizado por longos períodos de seca e chuvas irregulares, faz da irrigação uma prática essencial para garantir a umidade nas fases críticas de cultivo, como germinação e enchimento dos grãos. Além disso, a irrigação melhora o manejo do solo, que, apesar de produtivo, necessita de condições hídricas adequadas para atingir seu potencial máximo (Amabile e Minella, 2008).

Assim, a produção de cevada irrigada no Cerrado, consolidou-se graças aos avanços nas pesquisas da Embrapa Cerrados e Embrapa Trigo. Originalmente adaptada a climas frios, a cevada foi introduzida com sucesso nesse bioma, tornando-se uma alternativa valiosa para a rotação de culturas em áreas irrigadas, contribuindo para a diversificação do sistema agrícola e o aumento da produtividade regional (Amabille; Silva e Guerra, 2004).

Um marco importante foi o desenvolvimento da cultivar BRS 180, a primeira variedade de cevada cervejeira de seis fileiras recomendada no Brasil (Embrapa Cerrados, 1999; Silva et al., 2000), com um potencial produtivo de até 8,9 toneladas por hectare em condições experimentais e 7,2 toneladas em produções comerciais. Essa cultivar é indicada para solos corrigidos, sem alumínio trocável, em Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal. Além da BRS 180, a Embrapa desenvolveu outras quatro cultivares de cevada cervejeira para o Cerrado: BRS Sampa (2008) (Minella et al., 2009), BRS Manduri (2011) (Minella et al., 2011), BRS 195 (2005) e BRS Deméter (2007) (Amabile et al., 2008).

O cultivo da cevada no Cerrado é estrategicamente planejado para ocorrer durante no inverno, no período da seca, com o uso de irrigação para suprir as necessidades hídricas e evitar doenças. A irrigação é cuidadosamente manejada para garantir a qualidade dos grãos, controlando o teor de proteína, que deve permanecer entre 9% e 12,5% para atender às exigências da indústria cervejeira. O plantio da cevada nessa época também reduz a incidência de doenças comuns em regiões mais úmidas, como o oídio e a ferrugem, que são prevalentes no Sul do Brasil. A cevada, além disso, não é hospedeira de doenças que afetam outras culturas, como o feijão, o que a torna uma excelente opção de rotação (Salvadori, 2000).

Outro benefício do cultivo de cevada no Cerrado é a qualidade dos grãos, que podem ser malteados logo após a colheita, sem a necessidade de longos períodos de armazenagem. A comercialização é facilitada por contratos prévios com malterias, garantindo segurança de mercado para os produtores. Isso torna a cevada uma alternativa viável e promissora, fortalecendo a sustentabilidade e o desenvolvimento agrícola no Cerrado. Ao alavancar a eficiência do uso de recursos e expandir a produção de cevada por meio do desenvolvimento e melhoria dos cultivares, a região contribui significativamente para a cadeia produtiva da cerveja e reduz a dependência do Brasil em relação às importações de malte, consolidando-se como um polo estratégico para o agronegócio brasileiro (Amabile et al., 2008; Minella et al., 2009).

2.2 DOENÇAS FÚNGICAS E SEU IMPACTO NA PRODUTIVIDADE

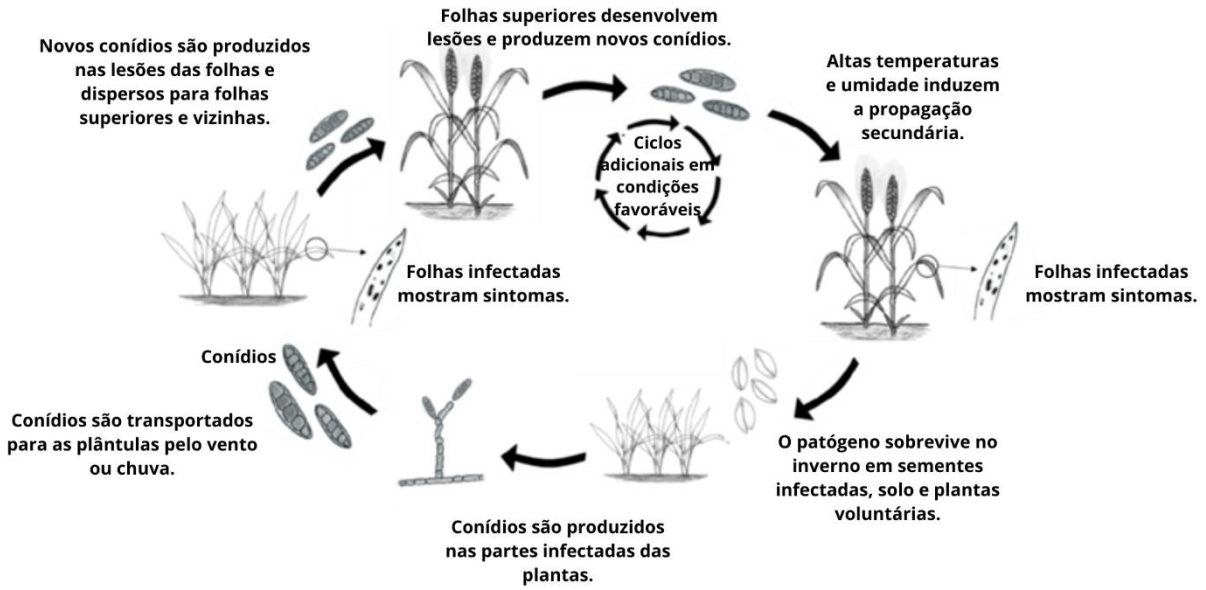
A cultura da cevada é suscetível a diversas doenças que podem comprometer significativamente sua produtividade. As doenças que afetam a cevada são classificadas em três grupos principais: doenças do sistema radicular, foliares e de

espiga, sendo que as foliares, em especial as causadas por fungos, recebem maior atenção (Mathre, 1997; Reis e Casa, 2007). Entre as doenças foliares que mais preocupam, destacam-se a mancha marrom, causada pelo fungo *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., e a mancha reticulada, provocada por *Dreschlera teres* (Sacc.) Shoem. Ambas têm o potencial de reduzir expressivamente o rendimento dos grãos (Neto et al., 2014).

2.2.1 *Bipolaris sorokianiana*, Mancha Marrom

A mancha marrom é causada pelo fungo anamorfo *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorok) Shoemaker (Sivanesan, 1990), que pertence à subdivisão Ascomycotina (classe Loculoascomycetes; ordem Pleosporales; família Pleosporaceae). *B. sorokiniana* possui um ciclo de vida complexo (Figura 1), com fase assexuada (anamorfo) e fase sexuada (teleomorfo). A fase assexuada é predominante na natureza, com produção de conídios que são disseminados pelo vento e pela chuva. O teleomorfo é menos frequente e sua importância na epidemiologia da doença ainda não está totalmente esclarecida (Reis e Casa, 2007).

Figura 1 - Ciclo epidemiológico de *Bipolaris sorokiana*.



O ciclo retratado na imagem ilustra o desenvolvimento e a disseminação de *Bipolaris sorokiana*, descrevendo suas principais etapas de infecção e sobrevivência. Inicialmente, o patógeno sobrevive no inverno em sementes infectadas, no solo ou em plantas voluntárias. Quando as condições ambientais se tornam favoráveis, o fungo começa a produzir conídios (esporos), que são dispersos pelo vento ou pela chuva para plântulas saudáveis. Ao infectar as folhas, surgem lesões que se expandem, tornando visíveis os primeiros sintomas. Nas folhas infectadas, novos conídios são gerados nas lesões e se dispersam para folhas superiores ou próximas, intensificando a infecção. As folhas superiores desenvolvem novas lesões e produzem mais conídios, permitindo a propagação do patógeno. Quando as condições de temperatura e umidade são favoráveis, principalmente com altas temperaturas e umidade elevada, a disseminação secundária ocorre rapidamente. Esse ciclo pode se repetir inúmeras vezes em condições ideais, acelerando o processo de infecção e causando danos severos às plantas. O patógeno continua a se multiplicar até que as condições climáticas mudem, garantindo sua sobrevivência de uma estação para outra. Fonte: Fluturë Novakazi, (2011), tradução realizada pelo autor (2024).

A mancha marrom se destaca por ser capaz de reduzir a produtividade em até 50% em cultivares como BRS 195 (Mundstock, 2004). As perdas de produtividade são causadas pela redução da área foliar fotossinteticamente ativa, pela morte de plantas e pela redução do peso dos grãos. Além disso, reduz a granulometria, o teor de proteína e a capacidade de germinação, fatores essenciais que determinam a classificação dos grãos na tabela de qualidade durante a comercialização (Reis; Casa, 2001).

Bipolaris sorokiniana provoca diversas doenças na cevada, como manchas nas folhas, podridão nas raízes e o ponto preto nos grãos, além de ocasionar queima das espigas e das plântulas (Reis e Casa, 2005). Nas plântulas afetadas, surgem lesões necróticas de coloração marrom escura que se desenvolvem nas raízes, coroas e nas bainhas das folhas inferiores. Nas folhas e bainhas, as infecções aparecem como manchas bem definidas, que variam de ovais a alongadas, com coloração que vai do marrom-claro ao escuro (Figura 2). Já nas raízes e na coroa, a infecção pode ser tão severa que as plantas secam completamente, sem gerar sementes (Kumar et al., 2002).

Figura 2 – Mancha marrom em folha de cevada



Fonte: Picinini; Fernandes (2002).

A severidade da mancha marrom é influenciada por diversos fatores, como: suscetibilidade do cultivar; condições climáticas favoráveis (alta umidade e temperaturas amenas); presença de inóculo no solo ou em restos culturais; práticas

de manejo inadequadas (Silva et al., 2023). Sob condições ambientais adequadas, as espiguetas podem ser afetadas, o que leva à deformação dos grãos. Se as condições climáticas forem propícias — como chuvas contínuas por 5 a 6 dias seguidas de temperaturas elevadas (médias diárias de 20 a 30 °C) — a epidemia de manchas pode se espalhar rapidamente (Mehta et al., 1992). Em situações de pouca luz, o fungo pode colonizar os tecidos da planta intercelularmente sem que haja sinais visíveis de danos. A infecção também acelera o processo de senescência das folhas nos estágios mais avançados de crescimento (Kumar et al., 2002). Quando a semente é infectada, a taxa de transmissão do fungo pode variar entre 60% e 90% (Forcelini, 1991).

As principais fontes de inóculo primário de *B. sorokiniana* incluem sementes, restos culturais de cereais como centeio, cevada, trigo e triticale, plantas voluntárias, hospedeiros secundários e conídios dormentes no solo. Os agentes de disseminação são as sementes, o vento e os respingos de chuva, sendo os restos culturais a fonte mais abundante de inóculo. Quando esses restos permanecem na superfície do solo, especialmente em sistemas de plantio direto e monocultura, a intensidade da doença aumenta (Reis; Casa; Medeiros, 2001).

2.2.2 *Drechslera teres,* Mancha em Rede

A mancha em rede, também conhecida como mancha reticulada, é causada pelo fungo ascomiceto *Drechslera teres* (teleomorfo: *Pyrenophora teres*). *Esse* patógeno causa infecções em folhas, caules e grãos de cevada (Liu et al., 2011). A gravidade dos sintomas depende da virulência do patógeno, do genótipo da planta hospedeira e das condições ambientais. Em variedades suscetíveis, os primeiros sintomas surgem como manchas necróticas marrons que se expandem, formando lesões elípticas ou fusiformes (Hargreaves e Keon, 1983; McLean et al., 2009). (Figura 3). Essas lesões podem ser acompanhadas por áreas cloróticas, que, com o tempo, levam à morte da folha.

Figura 3 – Mancha em rede em folhas de cevada.



Fonte: Picinini e Fernandes (2002).

Classificado como hemibiotrófico, *P. teres* sobrevive saprofitamente em restos de culturas hospedeiras e sementes, servindo como fonte de inóculo primário(Jordan e Allen, 1984). O ciclo de vida de *P. teres* inclui estágios assexuados e sexuados. O estágio assexuado ocorre em resíduos da safra anterior e desencadeia infecções no outono. O fungo produz pseudotécios escuros que, ao amadurecer, geram ascósporos que são liberados e constituem o inóculo primário (Backes et al., 2021; Liu et al., 2011).

Após a infecção inicial, *P. teres* produz conídios que provocam infecções secundárias, aumentando a gravidade da doença (McLean et al., 2009). O processo de infecção se inicia com a germinação de ascósporos ou conídios nas folhas, levando à penetração nas células epidérmicas (Liu et al., 2011).A doença avança da base para o topo da planta, sendo menos severa em plantas mais velhas, que possuem uma cutícula mais espessa e maior capacidade de produzir substâncias antifúngicas. As

condições ambientais, especialmente períodos prolongados de umidade, favorecem o aumento do inóculo primário (McLean et al., 2009).

2.3 TRATAMENTO, RESISTÊNCIA E FENÓTIPO DAS LESÕES

O manejo eficaz das manchas foliares na cevada exige uma abordagem integrada. Para controlar a mancha marrom, recomenda-se o tratamento das sementes e a pulverização com fungicidas triazóis após o estágio de elongação, além da rotação de culturas e eliminação de restos culturais. (Reis; Casa; Medeiros, 2001; Holz et al., 2020). No caso da mancha reticular, o controle químico deve começar com os primeiros sintomas, combinado com rotação de culturas e redução do inóculo primário (Backes et al., 2021; Menegon et al., 2005).

No entanto, o uso de fungicidas encarece a produção e pode representar riscos ao meio ambiente e saúde humana, fazendo com que a melhor medida para controlar doenças, reduzir incidência e minimizar danos seja o uso de variedades resistentes, especialmente quando essas variedades são criadas para ter resistência a múltiplas doenças a um complexo de patógenos. Além disso, a resistência genética é menos impactada por condições ambientais, proporcionando uma proteção mais estável ao longo das safras (Barbosa et al., 2023; Morgounov et al., 2018; Reis e Casa, 2007).

As características fenotípicas apresentadas pela infecção fúngica, ou seja, o tamanho das lesões e a taxa de expansão presente nas folhas são parâmetros visuais mensuráveis, frequentemente utilizados para avaliar a resistência genética de plantas e severidade da doença. Nos estádios iniciais de doenças como a mancha-marrom e a mancha reticular, as lesões são pequenas e, apesar de serem numerosas, representam uma severidade baixa e geralmente não justificam controle químico imediato. No entanto, essas lesões podem aumentar de tamanho e comprometer áreas extensas das plantas, dificultando o controle e reduzindo a produção (Menegon et al., 2005).

Esse tipo de avaliação fenotípica é fundamental para desenvolver variedades menos suscetíveis, permitindo a seleção indireta de resistência. Na prática, cultivares com manchas menores tendem a ser mais resistentes, possivelmente devido a mecanismos fisiológicos e anatômicos que limitam a disseminação do patógeno, como

camadas celulares mais espessas que impedem sua entrada e a produção de compostos antifúngicos, como fitoalexinas, que inibem o crescimento do fungo (Andersen et al., 2018).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Selecionar genótipos de cevada resistentes à infecção por patógenos causadores de manchas foliares em condições de campo no Cerrado, visando à prospecção de fontes de resistência para a expansão da cultura em regiões não tradicionais.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter materiais comerciais, linhagens e/ou materiais sintéticos de cevada com resistência simultânea a *Bipolaris sorokianiana* (Mancha Marrom) e a *Drecheslera teres* (Mancha em Rede).
- Contribuir para a caracterização fenotípica da resistência dos genótipos de cevada por meio da análise de severidade das doenças.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO

O experimento foi realizado na Fazenda Sucupira, pertencente à Embrapa e localizada no Riacho Fundo II, Brasília – Distrito Federal (DF). A fazenda está situada nas coordenadas 15°35'30". S e 47°42'30" W, a uma altitude de 1007 metros acima do nível do mar. Essa área é caracterizada como *hotspot* para doenças foliares em cevada, favorecendo a pressão natural de inóculo.

4.2 ORIGEM DOS GENÓTIPOS

Foram testados 86 genótipos provenientes do Banco de Germoplasma de Cevada pertencente a Embrapa Cerrados. Dentre eles havia cultivares comerciais e linhagens diploides e hexaplóides, com maior prevalência de cultivares dísticas. Os genótipos foram escolhidos de modo a fornecer a maior variedade possível dentro das possibilidades disponíveis no banco de sementes.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido com quatro experimentos distintos, entretanto, simultâneos, identificados como Ricardo, Classe A, Elite e VCU. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com no mínimo três repetições (blocos). As variedades comerciais, BRS.180, BRS.MUSA e BRS.SAVANNA foram incluídas nos quatro experimentos, para permitir comparações mais consistentes.

A área experimental foi dividida em parcelas de cinco linhas com 20 centímetros entre elas, formando blocos de 3 x 1 metros, nas quais cada genótipo foi semeado manualmente e em um mesmo momento (6 de março de 2023) com uma densidade de semeadura de 300 sementes por m².

A adubação de base foi realizada com a aplicação de 400 kg/ha da formulação de 4% de nitrogênio (N), 30% de fósforo (P_2O_5) e 16% de potássio (K_2O). Trinta dias após o surgimento das plântulas, foi realizada a adubação de cobertura, com a aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio (N). Não houve aplicação de fungicidas ou

inseticidas. Capinas manuais e demais tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade e o desenvolvimento da cultura.

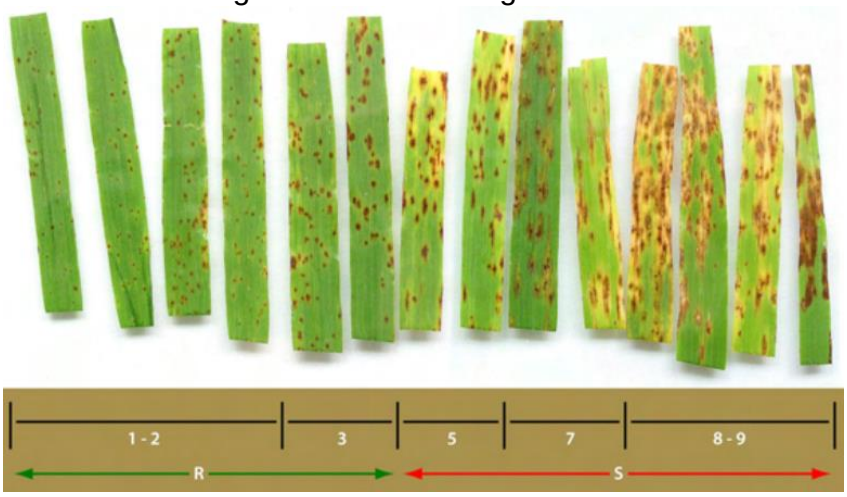
4.4 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação utilizado foi o de pivô central, que proporcionou uma distribuição uniforme da água sobre a área experimental. A irrigação foi manejada de forma a garantir o molhamento superficial das folhas e a necessidade hídrica das plantas, devido ao período de seca. Essa prática, aliada às altas temperaturas prevalentes durante o período dos experimentos, criou condições ideais para o desenvolvimento das doenças.

4.5 AVALIAÇÃO

Foram realizadas seis avaliações em cada uma das tréplicas, no período entre 6 de abril de 2023 e 26 de maio de 2023, considerando que elas ocorreram semanalmente às sextas-feiras. A severidade das doenças foi quantificada por meio de uma escala diagramática de 1 a 9 (Figura 4). A Mancha Marrom e a Mancha em Rede foram avaliadas como um Complexo de Manchas Foliares, devido ao desenvolvimento simultâneo das doenças e à impossibilidade de distinção visual entre os sintomas em cada genótipo. Essa abordagem visual e quantitativa permitiu mensurar a severidade ao longo do tempo, possibilitando o cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).

Figura 4 - Escala diagramática



Escala apresentada por Tekauz, A., Desjardins, M., & Kleiber, F. (2011) para observação de mancha reticular em cevada e adaptada para visualização do progresso da severidade no complexo de doenças foliares (mancha reticular e mancha marrom) em cevada. Valores 1-3 e 5-9 representam fenótipos mais resistentes e mais suscetíveis, respectivamente. Fonte: Tekauz, A., Desjardins, M., & Kleiber, F. (2011).

4.5.1 Área abaixo da curva de progresso da doença

A AACPD é um método quantitativo para avaliar a severidade de doenças ao longo do tempo. Ela reflete o impacto cumulativo da doença na planta e é amplamente utilizada em fitopatologia por ser precisa e objetiva.

A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi calculada individualmente para cada genótipo com base nas observações semanais, oferecendo uma comparação efetiva da resistência entre as diferentes linhagens de cevada por meio da seguinte fórmula: $AACPD = i\Sigma n\text{-}1\ [(xi + xi+1)]\ /2\ (ti+1 – ti)$, onde n é o número de avaliações, x é a severidade da doença e (ti+1 – ti) é o intervalo de tempo entre duas avaliações consecutivas.

4.6 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Para todos os dados foram calculadas medidas de centralidade (média) e variabilidade (desvio padrão e coeficiente de variação). Como suporte à análise descritiva dos dados, utilizou-se a técnica de *boxplot*, que possibilitou a visualização da dispersão dos valores e a identificação de possíveis *outliers*. A variável resposta principal foi a AACPD, com todas as análises realizadas considerando um nível de significância de 5%.

Na análise individual dos dados de cada experimento, verificaram-se os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variância, essenciais para a aplicação da Análise de Variância (ANOVA). A normalidade dos resíduos foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk, e a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Bartlett. Para a comparação entre os diferentes experimentos, foi aplicada uma Análise Conjunta de Experimentos com Tratamentos Comuns, ajustando os valores utilizando os genótipos comuns aos quatro experimentos (BRS.180, BRS.MUSA e BRS.SAVANNA), permitindo assim, comparações consistentes. O teste de F-máximo de Hartley foi utilizado para verificar a homogeneidade das variâncias entre os experimentos.

As análises estatísticas foram conduzidas no software R, versão 4.3.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo avaliou a suscetibilidade de 86 genótipos de cevada a doenças foliares em um ambiente de alta pressão de inóculo, caracterizado por condições favoráveis à disseminação de patógenos fúngicos, como por exemplo temperatura elevada. A severidade das infecções foi quantificada ao longo do tempo utilizando a métrica AACPD (Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença), que permitiu classificar os genótipos em dois grupos: Grupo A (GA), composto por genótipos suscetíveis, e Grupo B (GB), formado por genótipos moderadamente suscetíveis. Todos os genótipos apresentaram sintomas fenotípicos dos patógenos de interesse, indicando suscetibilidade a um complexo de doenças de manchas foliares, sem distinção clara quanto ao tipo específico de infecção. Os dados foram organizados com base em diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$) entre os grupos, resultando na classificação final dos genótipos conforme sua suscetibilidade às doenças foliares. A Tabela 1 apresenta os genótipos avaliados, juntamente com a média da AACPD obtida a partir de triplicatas de cada amostra.

Tabela 1 - Genótipos e médias de AACPD relacionadas

Grupo	Genótipo	Média AAACPD	Média última avaliação
A	MEX 39	163.51	7
A	274330	154.01	7
A	DANUTA	146.10	7,67
A	PRESTIGE	144.35	6,67
A	PFC 213660	142.56	8,33
A	CEV 06	139.05	7,67
A	MEX 9001	135.55	8,33
A	276740	134.76	6,67
A	PFC 2005142	131.38	6,33
A	PFC 2001049	129.73	8,67
A	MEX 17	128.51	5,67
A	PFC 2005145	127.88	8,33
A	FM.404	127.39	8,66
A	PFC.2004212	125.55	7,67

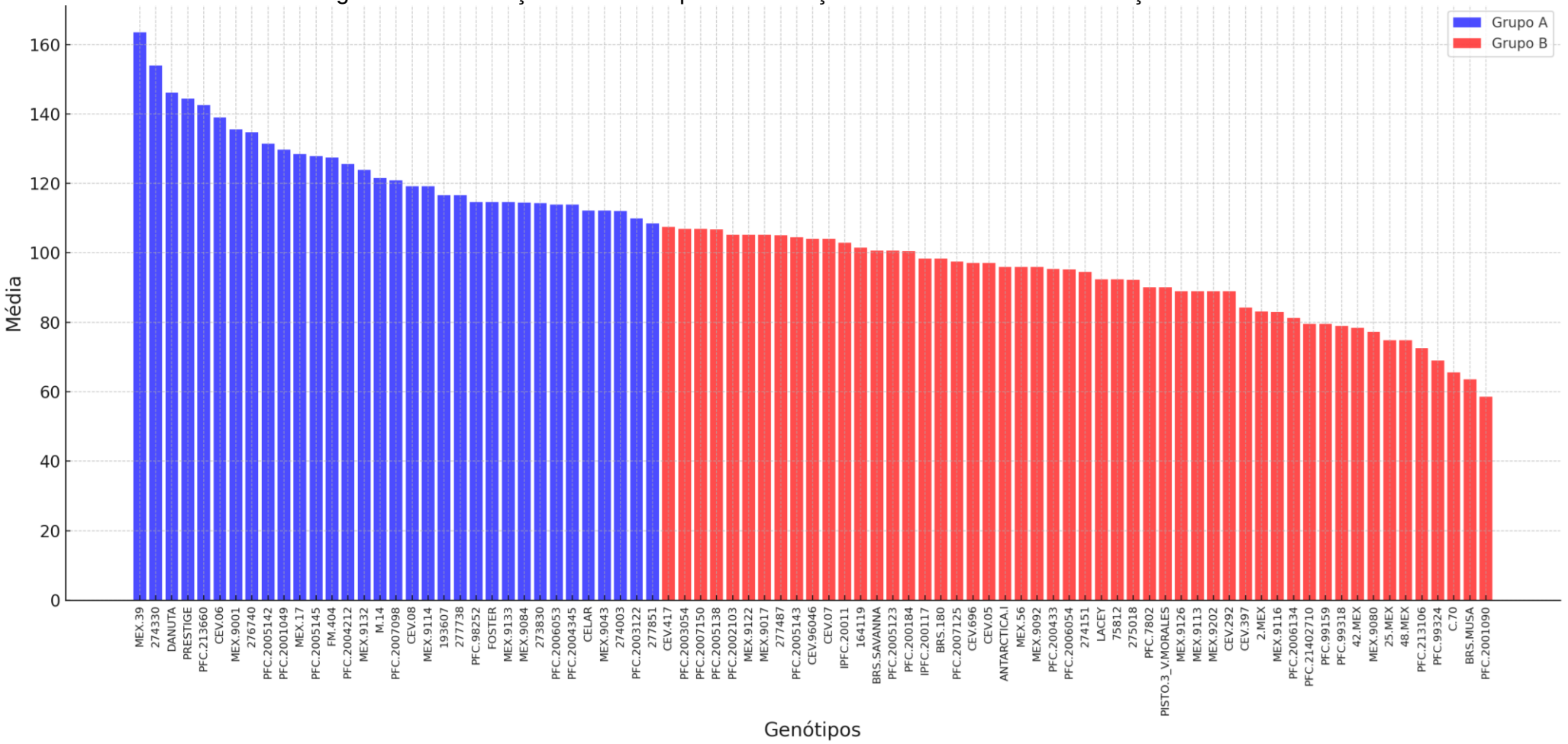
A	MEX.9132	123.88	7
A	M.14	121.56	8,33
A	PFC.2007098	120.88	7,67
A	CEV.08	119.22	5,67
A	MEX.9114	119.22	7
A	193607	116.67	5,67
A	277738	116.67	5,67
A	PFC.98252	114.60	7
A	FOSTER	114.56	8,33
A	MEX.9133	114.55	7
A	MEX.9084	114.51	4,67
A	273830	114.34	5,67
A	PFC.2006053	113.88	7,67
A	PFC.2004345	113.88	6,33
A	CELAR	112.23	7,67
A	MEX.9043	112.22	6,33
A	274003	112.01	5
A	PFC.2003122	109.89	7,67
A	277851	108.55	6,33
B	CEV.417	107.55	5,67
B	PFC.2003054	106.88	7
B	PFC.2007105	106.88	5,33
B	PFC.2005138	106.84	7,67
B	PFC.2002103	105.23	7
B	MEX.9120	105.22	6
B	MEX.9017	105.22	5,67
B	277487	105.01	5
B	PFC.2005143	104.55	7,67
B	CEV.96046	104.06	8
B	CEV.07	104.05	5,67
B	IPFC.20011	102.89	7
B	164119	101.55	6
B	BRS.SAVANNA	100.60	5,58
B	PFC.2005123	100.60	7

B	PFC.200184	100.56	7
B	IPFC.200117	98.35	6
B	BRS.180	98.32	5,91
B	PFC.2007125	97.55	6,33
B	CEV.696	97.05	4,33
B	CEV.05	97.05	4,33
B	ANTARCTICA.I	95.89	6,33
B	MEX.56	95.88	5
B	MEX.9092	95.88	5
B	PFC.200433	95.35	5
B	PFC.2006054	95.21	5
B	274151	94.55	5
B	LACEY	92.39	6,67
B	75812	92.38	4,67
B	275018	92.17	3,33
B	PFC.7802	90.06	6,67
B	PISTO.3_V MORALES	90.06	6,33
B	MEX.9126	88.88	4,33
B	MEX.9113	88.88	4,33
B	MEX.9202	88.88	4,33
B	CEV.292	88.88	5
B	CEV.397	84.22	5
B	2.MEX	83.06	6,67
B	MEX.9116	83.01	7
B	PFC.2006134	81.21	5
B	PFC.21402710	79.60	4
B	PFC.99199	79.56	5,67
B	PFC.99318	78.98	5,83
B	42.MEX	78.39	5,67
B	MEX.9080	77.22	7
B	25.MEX	74.89	5,66
B	48.MEX	74.89	5,67
B	PFC.213106	72.56	7

B	PFC.99324	69.06	5,33
B	C.70	65.52	6,33
B	BRS.MUSA	63.60	4
B	PFC.2001090	58.56	5

AACPD (Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença) é uma métrica utilizada para quantificar a severidade e o progresso de uma doença ao longo do tempo em diferentes genótipos. Quanto maior o valor da AACPD, maior a susceptibilidade do genótipo à doença em questão (Campbell e Madden, 1990). Na tabela, os genótipos estão organizados em dois grupos (A e B), com base em suas médias de AACPD. O Grupo A apresenta genótipos com maiores médias de AACPD, indicando maior susceptibilidade à doença, enquanto o Grupo B contém genótipos com menores médias, sugerindo menor susceptibilidade. Os valores de AACPD são expressos em unidades arbitrárias, e as médias foram calculadas com base em avaliações repetidas ao longo do tempo. Por não haver um padrão relacionado a estabilidade e resistência estabelecido para cevada em relação a um complexo de doenças, na quarta coluna foi disponibilizada a média dos valores da última avaliação realizada em cada material, mostrando a diferença da suscetibilidade dos materiais e confirmando a ausência de resistência deles. Fonte: Produzida pelo autor (2025).

Figura 5 - Distribuição dos Genótipos em Relação à Suscetibilidade a Doenças Foliares.



O gráfico apresenta a distribuição de diferentes genótipos (eixo horizontal) com base em suas médias de suscetibilidade a doenças foliares, quantificadas pela métrica AACPD (Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença). No eixo vertical (Y), os valores variam de 0 a 160, representando as médias de AACPD para cada genótipo. Barras verticais indicam as médias observadas, permitindo a comparação visual da resistência ou susceptibilidade entre os genótipos. Os genótipos estão organizados em dois grupos distintos: Grupo A (GA), representado em azul, reúne genótipos com maiores médias de AACPD, indicando maior

susceptibilidade às doenças foliares; Grupo B (GB), em vermelho, agrupa genótipos com menores médias de AACPD, sugerindo menor susceptibilidade. A classificação em grupos facilita a interpretação dos resultados e a identificação de genótipos promissores para programas de melhoramento genético. Fonte: Produzida pelo autor (2025).

Como dito anteriormente, todos os genótipos apresentaram susceptibilidade ao complexo de doenças foliares. É preciso compreender que não existem variedades altamente resistentes ao patógeno da mancha reticular da cevada (Volkova et al., 2020). Desse modo, ainda que todos os genótipos tenham apresentado sintomas de doenças foliares, menores valores representam menor acúmulo de severidade ao longo do tempo, sugerindo menor susceptibilidade. De outro modo, maiores valores indicam maior acúmulo de severidade, mostrando maior susceptibilidade às doenças.

Em termos absolutos, o genótipo MEX 39 apresentou a maior AACPD (163.51), indicando maior predisposição às infecções. Por outro lado, o genótipo PFC 2001090, de cevada dística, mostrou-se menos suscetível (58.56) ao complexo de manchas foliares em um ambiente desafiador. Esse resultado sugere que o PFC 2001090 pode possuir mecanismos que podem estar relacionados à sua origem brasileira de um cruzamento cujo parental é a cultivar BRS 195 (Amabile et al., 2017), que apesar de suscetível à mancha-marrom (Mundstock, 2004; Minella e Lunardi, 2010) é moderadamente resistente à mancha reticular (Minella e Lunardi, 2010), além de conhecida por apresentar alta produtividade, logo, adaptação, em um amplo espectro de ambientes (Borém e Miranda, 2021).

Entre as cultivares comerciais, a BRS Musa apresentou a menor severidade acumulada (63.60), comparada com outras cultivares como a BRS Savanna (100.60) e a BRS 180 (98.32), todas classificadas estatisticamente no Grupo B, de menor susceptibilidade. A BRS Savanna, uma cevada hexástica, de primavera, adaptada ao Cerrado brasileiro, foi previamente descrita como moderadamente resistente à mancha-marrom (*Bipolaris sorokiniana*) (Amabile et al., 2013). Não obstante, neste estudo, ela se mostrou moderadamente suscetível ao complexo de doenças avaliado. As condições de plantio antecipado (março), favorecem a ocorrência de doenças foliares (Embrapa, 2023). Esse comportamento ressalta a influência de fatores ambientais e práticas de cultivo na expressão da resistência genética (Borém e Miranda, 2021).

A BRS 180, por sua vez, mostrou-se moderadamente suscetível ao complexo de doenças. Em estudos anteriores, ela foi classificada como suscetível à mancha-reticular (*Drechslera teres*) (Silva et al., 2000). É preciso compreender que ao avaliar um complexo de doenças, que é a principal ocorrência no Cerrado, os sintomas de cada doença não foram distinguidos, ou seja, não é possível sinalizar a suscetibilidade a apenas um dos patógenos. A interação genótipo-ambiente, também pode ser

considerada um fator crítico na expressão de resistência a doenças (Cargnin et al., 2006). Além disso, a alta variabilidade na virulência dos patógenos, comum em *B. sorokiniana* (Dutbayev et al., 2022) e *D. teres* (Wordell Filho et al., 2002), pode ter influenciado os resultados.

Dentre os genótipos avaliados, PFC 2005143, PFC 2006134 e PFC 2006054, apresentaram moderada suscetibilidade (GB). Esses resultados, quando alinhados com estudos anteriores que avaliaram índices de interesse comercial em cevada irrigada (Thomé et al., 2024), podem apresentar candidatos promissores para estudos futuros. Por outro lado, genótipos como PFC 2004212 e PFC 2006053 que também aparecem no estudo de Thomé et al., (2024), apresentaram maior suscetibilidade (Fig.5) ao complexo de doenças foliares.

Genótipos exóticos de cevadas de seis fileiras, como LACEY e Pisto.3_V. Morales, apresentaram suscetibilidade moderada e são conhecidos por sua alta produtividade em outros ambientes (Amabile et al., 2017). Ainda nesse sentido, o genótipo C 70, dístico e de origem americana, que não é utilizado no Brasil também apresentou resultados dentro do grupamento B (Fig. 6). Esses resultados reforçam a viabilidade de introduzir materiais genéticos de outros programas de melhoramento no ambiente irrigado do Cerrado brasileiro (Amabile et al., 2017).

A busca por resistência durável, que se mantém efetiva ao longo do tempo e em diferentes ambientes, é um desafio central no melhoramento genético. A resistência durável requer experimentos de longo prazo e ampla cobertura territorial, considerando a interação entre genótipos, ambientes e patógenos (Johnson, 1984). Disso surge a necessidade de selecionar genótipos promissores objetivando a economia de recursos. Genótipos moderadamente suscetíveis podem ser mais adequados na seleção para hibridização, visto que variedades de cevada resistentes a *P. teres* podem induzir o surgimento das populações de patógenos mais agressivas e de rápida propagação (Volkova et al., 2020).

Como esperado, as condições ambientais exerceram forte influência nos resultados. Durante o período de avaliação, a temperatura (20 a 25°C) e a umidade favoreceram o rápido estabelecimento das doenças foliares fúngicas (McLean et al., 2009). Isso gerou diferenças em relação a estudos anteriores conduzidos sob condições ideais de frio e seca para o cultivo da cevada irrigada no Cerrado (Salvadori, 2000; Embrapa, 2023), evidenciando a importância do ambiente na expressão da resistência genética.

6. CONCLUSÃO

Os objetivos do trabalho foram alcançados ao avaliar a reação de 86 genótipos de cevada à infecção por doenças fúngicas em condições de campo no Cerrado. Os resultados deste estudo demonstram a complexidade da seleção de genótipos de cevada resistentes a manchas foliares no Cerrado, destacando a influência das condições ambientais na expressão da resistência genética. Nenhum genótipo se mostrou resistente, reforçando a necessidade de estratégias integradas no melhoramento genético. O genótipo PFC 2001090 apresentou menor severidade acumulada em termos absolutos, sugerindo um potencial para novas cultivares adaptadas ao Cerrado. A interação genótipo-ambiente e a variabilidade dos patógenos reforçam a importância de avaliações contínuas e de longo prazo.

REFERÊNCIAS

ABDEL-GHANI, A. H. et al. Estimating the outcrossing rate of barley landraces and wild barley populations collected from ecologically different regions of Jordan. Theoretical and Applied Genetics, v. 109, n. 3, p. 588–595, 9 ago. 2004.

AKHAVAN, A. et al. Virulence of *Pyrenophora teres* populations in western Canada. Canadian Journal of Plant Pathology, v. 38, n. 2, p. 183–196, 2 abr. 2016.

AMABILE, R. F. Caracterização molecular, morfoagronômica e de qualidade de grãos de genótipos elite de cevada irrigada no Cerrado. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 220 p, 2013.

AMABILE, R. F. et al. Genetic variability in elite barley genotypes based on the agro-morphological characteristics evaluated under irrigated system. Ciência e Agrotecnologia, v. 41, n. 2, p. 147–158, abr. 2017.

AMABILE, R. F.; LOPES, F. G.; MINELLA, E.; GOMES, A. C.; VALENTE, C. M. W.; SOUZA, C. V. B. de; PIMENTEL, A. do P. M. Estudo de épocas de semeadura na cevada cervejeira irrigada no Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 23., 2003, Passo Fundo. Anais e Ata... Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 149-157, 2003.

AMABILE, R. F.; MINELLA, E. Culturas irrigadas alternativas para o Cerrado: o caso da cevada cervejeira. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2., 2008, Brasília, DF. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; GUERRA, A. F.; SILVA, D. B. da; ALBRECHT, J. C.; ANTONIAZZI, N. BRS Deméter: nova cultivar de cevada cervejeira irrigada para o Cerrado do Brasil Central. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, n. 9, p. 1247-1249, 2008.

AMABILE, Renato Fernando; SILVA, Dijalma Barbosa da; GUERRA, Antônio Fernando. Cevada irrigada em áreas de cerrado no Brasil Central. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. (Circular Técnica, 26). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/569238/1/cirtec26.pdf Acesso em: 04 out. 2024.

ANDERSEN, E. J. et al. Disease Resistance Mechanisms in Plants. Genes, v. 9, n. 7, p. 339, 4 jul. 2018.

BACKES, A. et al. Pyrenophora teres: Taxonomy, Morphology, Interaction With Barley, and Mode of Control. Frontiers in Plant Science, v. 12, 6 abr. 2021.

BADR, A. et al. On the Origin and Domestication History of Barley (Hordeum vulgare). Molecular Biology and Evolution, v. 17, n. 4, p. 499–510, 1 abr. 2000.

BAIK, B.-K.; ULLRICH, S. E. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. Journal of Cereal Science, v. 48, n. 2, p. 233–242, set. 2008.

BARBA, J. T.; REIS, E. M.; FORCELINI, C. A. Efeito do substrato na morfologia de conídios de Bipolaris sorokiniana e da densidade de inóculo na intensidade da mancha marrom em cevada. Fitopatologia Brasileira, n. 29, v. 1, 2004.

BOTHMER, R.; JACOBSEN, N. Origin, Taxonomy, and Related Species. Barley, v. 26, p. 19–56, 1 jan. 1985.

BRASIL. Cerrado. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/biomas/cerrado. Acesso em: 21 jan. 2025.

BULSING, A. C.; AVIANI, D. S.; PACHECO, L. G. A.; MACHADO, R. Z. Proteção de cultivares. In: BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (ed.) Curso de propriedade intelectual & inovação no agronegócio. MAPA/EaD/UFSC, Brasília/Florianópolis, p. 258-273, 2010.

CAMPBELL, C. D.; MADDEN, L. V. Introduction to plant disease epidemiology. New York: J. Willey, 1990. 532 p.

CARGNIN, A. et al. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 6, p. 987–993, jun. 2006.

COVAS, G. Observaciones sobre la taxonomia de las cebadas cultivadas y formas relacionados. IDIA - Informativo de Investigaciones Agrícolas, v. 2, n. 24, p. 7, 1949.
DUTBAYEV, Y. et al. Occurrence of Spot Blotch in Spring Barley Caused by Bipolaris sorokiniana Shoem. in South-Eastern Kazakhstan. The Scientific World Journal, v. 2022, p. 1–8, 26 ago. 2022.

EMBRAPA TRIGO. Cultivo de Cevada: Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira nas safras 2015 e 2016. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2015. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155367/1/Cultivo-de-Cevada.pdf Acesso em: 09 out. 2024.

EMBRAPA. Cevada BRS Cauê. 2008. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/179/cevada---brs-caue. Acesso em: 09 out. 2024.

EMBRAPA. Cevada Forrageira BRS Korbel. 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/9814/cevada-forrageira---brs-korbel. Acesso em: 09 out. 2024.

EMBRAPA. Cevada irrigada pode ser opção de cultivo no Brasil Central. 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/83194286/cevada-irrigada-pode-ser-opcao-de-cultivo-no-brasil-central. Acesso em: 21 jan. 2025.

FONTANA, A. C.; FURONI, G. C.; MELO, A. M. R.; SABUNDJIAN, M. T. A cultura da cevada (Hordeum vulgare L.). Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT, n. 1, 2016.

FORCELINI, C. A. Importância epidemiológica de fungos do gênero Helminthosporium em sementes de trigo e cevada. In: MENTEN, J. O. M. (Ed.) Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz ESALQ, p. 179-190, 1991.

FORCELINI, C. A.; REIS, E. M. Doenças da cevada (Hordeum vulgare L.). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). Manual de fitopatologia. Doenças das plantas cultivadas. Vol. 2. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 251-256, 1997.

HARGREAVES, J. A.; KEON, J. P. R. The binding of isolated mesophyll cells from barley leaves to hyphae of Pyrenophora teres. Plant Cell Reports, v. 2, n. 5, p. 240–243, out. 1983.

HOLZ, T. M.; BRUNETTO, A. E.; DORNELES, K. da R.; MOREIRA, L. G.; CRUZ, W. M. V.; DALLAGNOL, L. J. Incidência de mancha marrom em sementes de cevada suprimidas com silício e fungicida. 2020.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados. Acesso em: 21 out. 2024.

JOHNSON, R. A Critical Analysis of Durable Resistance. Annual Review of Phytopathology, v. 22, n. 1, p. 309–330, set. 1984.

JORDAN, V. W. L.; ALLEN, E. C. Barley net blotch: influence of straw disposal and cultivation methods on inoculum potential, and on incidence and severity of autumn disease. Plant Pathology, v. 33, n. 4, p. 547–559, 5 dez. 1984.

KUMAR, J. et al. *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control‡. Molecular Plant Pathology, v. 3, n. 4, p. 185–195, 3 jul. 2002.

LAKEW, B. et al. The potential contribution of wild barley (Hordeum vulgare ssp. spontaneum) germplasm to drought tolerance of cultivated barley (H. vulgare ssp. vulgare). Field Crops Research, v. 120, n. 1, p. 161–168, jan. 2011.

LIU, Z. et al. *Pyrenophora teres*: profile of an increasingly damaging barley pathogen. Molecular Plant Pathology, v. 12, n. 1, p. 1–19, jan. 2011.

MCLEAN, M. S.; HOWLETT, B. J.; HOLLAWAY, G. J. Epidemiology and control of spot form of net blotch (Pyrenophora teres f. maculata) of barley: a review. Crop and Pasture Science, v. 60, n. 4, p. 303, 2009.

MEHTA, Y. R. et al. Integrated management of major wheat diseases in Brazil: an example for the Southern Cone region of Latin America. Crop Protection, v. 11, n. 6, p. 517–524, dez. 1992.

MENEGON, A. P.; FORCELINI, C. A.; FERNANDES, J. M. C. Expansão de lesão por manchas foliares em cevada e sua interação com a aplicação foliar de fungicidas. Fitopatologia Brasileira, v. 30, n. 2, p. 134–138, abr. 2005.

MINELLA, E. Cevada brasileira: situações e perspectivas. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. Comunicado Técnico Online, 23. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co23.htm Acesso em: 09 out. 2024.

MINELLA, E.; AMABILE, R. F.; GOTTI FILHO, E.; COSTAMILAN, L. M.; EICHELBERGER, L.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; CHAVES, M. S.; SCAGLIUSI, S. M. M. BRS Manduri: nova opção varietal de cevada cervejeira para produção irrigada. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CEVADA, 28., 2011, Guarapuava. Anais... Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2011.

MINELLA, E.; AMABILE, R. F.; GOTTI, E.; LIMA, M. I. P. M.; COSTAMILAN, L. M.; EICHELBERGER, L.; NASCIMENTO JUNIOR, A. do; CHAVES, M. S.; BRAMMER, S. P. Cultivar de BRS Sampa. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CEVADA, 27., 2009, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009.

MINELLA, E; LUNARDI, L (org). Cultivares de cevada 2010/2011. Passo Fundo, RS: Embrapa, 2010. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884052/1/CultivaresdeCevada20102011.pdf. Acesso em: 29 jan. 2025.

MORGOUNOV, A. et al. High-yielding winter synthetic hexaploid wheats resistant to multiple diseases and pests. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization, v. 16, n. 3, p. 273–278, 12 jun. 2018.

MUNDSTOCK, C. M. et al. Cevada BRS 195: Densidade de semeadura, adubação nitrogenada, época de semeadura e reação a doenças. Guarapuava: FAPA, 2004.

NETO, N.; QUAINI, J. P.; RIBEIRO, A. L. de P.; BONETTI, L. P.; TRAGNAGO, J. L. Controle da mancha marrom e da mancha reticulada em cevada (Hordeum vulgare). In: Anais do XIX Seminário Interinstitucional, Cruz Alta. p. 1-5, 2014.

NOVAKAZI, F. Identification of QTL for resistance against two fungal pathogens, Pyrenophora teres f. teres and Bipolaris sorokiniana, in a barley (Hordeum vulgare L.) diversity. Julius Kühn-Institut, 2020.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. Guia de identificação de doenças em cereais de inverno. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 200 p. 2002.

PORTINHO, L. N. Análise do coeficiente global de transferência de massa via simulação da secagem da cevada (Hordeum vulgare L.) em leito fixo e camada delgada. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 64 p. 2022.

POURKHEIRANDISH, M.; KOMATSUDA, T. The Importance of Barley Genetics and Domestication in a Global Perspective. Annals of Botany, v. 100, n. 5, p. 999–1008, 28 jul. 2007.

REID, D. A.; WIEBE, G. A. Taxonomy, botany, classification, and world collection. In: Barley: origin, botany, culture, winter hardiness, genetics, utilization, pests. USDA Agric Handb No 338, pp. 78-104, 1979.

REIS, E. M.; CASA, R. T. Danos causados por fungos associados a sementes de cereais de inverno. Summa Phytopathologica, v. 31, p. 138-140, 2005.

REIS, E. M.; CASA, R. T. Doenças da cevada. Embrapa Clima Temperado, Documentos, 113, 2007.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; MEDEIROS, C. A. Diagnose, patometria e controle de doenças de cereais de inverno. Londrina: ES, 94 p. 2001.

SALVADORI, J. R. Pragas da cultura da cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 48 p, 2000.

SHARMA, P.; GUJRAL, H. S. Milling behavior of hulled barley and its thermal and pasting properties. Journal of Food Engineering, v. 97, n. 3, p. 329–334, abr. 2010.

SHEKHAWAT, P. S.; SINGH, S. P.; BISHNOI, S. Integrated Management of Barley Diseases: Current Status and Future Research Priorities. Em: New Horizons in Wheat and Barley Research. Singapore: Springer Nature Singapore, p. 215–260. 2022.

SHEKHAWAT, P. S.; SINGH, S. P.; BISHNOI, S. Integrated Management of Barley Diseases: Current Status and Future Research Priorities. In: New Horizons in Wheat and Barley Research. Singapore: Springer Nature Singapore, p. 215-260. 2022.

SILVA, A. C.; DE ALMEIDA, A. M. R.; MELO, M. G. C. Manejo da mancha marrom da cevada causada por Bipolaris sorokiniana. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, n. 10, v. 1, p. 1-12, 2023.

SILVA, D. B. DA et al. BRS 180: cevada cervejeira para cultivo irrigado no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 8, p. 1689–1694, ago. 2000.

SILVA, D. B. da; GUERRA, A. F.; MINELLA, E.; ARIAS, G. BRS 180: cevada cervejeira para cultivo irrigado no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 8, p. 1689-1694, 2000.

SIVANESAN, A. List of sets, index of species, and list of accepted names for some obsolete species names in CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria Sets 1–100, Nos. 1–1000, issued January 1964–March 1990. Mycopathologia, v. 111, n. 2, p. 91–108, ago. 1990.

THOMÉ, R. D. et al. Genetic parameter estimates in irrigated barley genotypes in the brazilian savanna of the Federal District. Revista Caatinga, v. 37, 2024.

ULLRICH, S. E. Significance, Adaptation, Production, and Trade of Barley. Em: Barley. [s.l.] Wiley, p. 3–13. 2010.

VOLKOVA, G. et al. Study of the influence of barley varieties with different resistance to barley net blotch on the change in the structure of the hemibiotrophic pathogen population by morphological and cultural characteristics and virulence. BIO Web of Conferences, v. 21, p. 00030, 22 jun. 2020.

WORDELL FILHO, J. A.; PRESTES, A. M.; SILVA, M. S. Reação de cultivares de cevada a Drechslera teres, e variabilidade patogênica de isolados do Sul do Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 6, p. 775–781, jun. 2002.

ZHANG, Z. et al. Six Underutilized Grain Crops for Food and Nutrition in China. Plants, v. 11, n. 19, p. 2451, 20 set. 2022.

ZHOU, M. X. Barley Production and Consumption, p. 1–17, 2009.

ZOHARY, D.; HOPF, M.; WEISS, E. Domestication of Plants in the Old World. [s.l.] Oxford University Press, 2012.