

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES INTERVALOS DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DE GIBBERELA E NA CONTAMINAÇÃO POR MICOTOXINA EM CEVADA CERVEJEIRA

BARBOSA, Maria Eduarda¹

SOUZA, Alisson John²

RESUMO

A cevada (*Hordeum vulgare*) é uma cultura tipicamente de inverno. A produção brasileira do grão está concentrada na região sul, sendo o Paraná o maior produtor nacional de cevada, respondendo por cerca de 60% da produção, Guarapuava é considerada a capital nacional da cevada e no malte. A cevada pode ser acometida por doenças causadas por diversos fungos fitopatogênicos, sendo um deles a *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*), causadora da giberela, doença capaz de reduzir o rendimento de grãos e o peso hectolitro, além de produzir micotoxinas. Este trabalho tem como objetivo avaliar se há efeito de diferentes intervalos de aplicação de fungicidas no controle da *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*) na cultura da cevada, considerando parâmetros de sanidade da espiga, produtividade e qualidade dos grãos destinados à indústria cervejeira. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições e cinco tratamentos, consistindo em diferentes épocas de aplicação de fungicidas. As avaliações realizadas foram: severidade, incidência, produtividade e análises do grão (teor de deoxinivalenol (DON), peso hectolitro, proteína e peso de mil grãos). Os tratamentos compostos de três e quatro aplicações foram os mais efetivos no controle de severidade e incidência quando comparados à testemunha. A produtividade e os aspectos bioquímicos do grão não foram afetados pelo nível de controle da giberela. O teor da micotoxina DON ultrapassou o limite definido na legislação apenas na testemunha. Conclui-se que a aplicação sequencial é efetiva no controle da giberela, especialmente para redução no teor de micotoxinas nos grãos de cevada cervejeira, cv. Princesa.

Palavras-chave: *Gibberella zeae*. *Hordeum vulgare*. Micotoxinas. Intervalos. Fungicidas

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare*) is typically a winter crop. Brazilian grain production is concentrated in the southern region, with Paraná being the country's largest barley producer, accounting for approximately 60% of national output, Guarapuava is considered the national capital of barley and malt. Barley is susceptible to diseases caused by several phytopathogenic fungi, one of which is *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*), the causal agent of Fusarium head blight (FHB), a disease capable of reducing grain yield and hectoliter weight, as well as producing mycotoxins. This study aimed to evaluate whether different fungicide application intervals affect the control of *Gibberella zeae*

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (enga-mariabarbosa@camporeal.edu.br).

² Docente orientador do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (prof_allisonsouza@camporeal.edu.br).

(*Fusarium graminearum*) in barley, considering parameters of head health, grain yield, and grain quality for the malting industry. The experimental design was a randomized complete block design with four replications and five treatments, consisting of different fungicide application timings. The assessments included severity, incidence, yield, and grain analyses (deoxynivalenol (DON) concentration, hectoliter weight, protein content, and thousand kernel weight). Treatments involving three and four fungicide applications were the most effective in reducing disease severity and incidence compared with the untreated control. Grain yield and biochemical quality parameters were not affected by the level of FHB control. DON concentration exceeded the legislative threshold only in the untreated control. It is concluded that sequential fungicide applications are effective for FHB management, particularly in reducing mycotoxin levels in malting barley grains of the cultivar Princesa.

Keywords: *Gibberela zeae*. *Hordeum vulgare*. Mycotoxins. Intervals. Fungicides.

1 INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare*) foi uma das primeiras plantas domesticadas pelo ser humano, cujo cultivo data de mais de 10 mil anos. A cevada desempenhou papel fundamental na alimentação primitiva, sendo utilizada tanto para consumo direto quanto para produção de pães e bebidas fermentadas (Harlan; Zohary, 1966).

A produção brasileira de cevada destinada a fins cervejeiros está concentrada em regiões espalhadas pelos três estados da região Sul do Brasil (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná). Conforme dados da CONAB (2024) a estimativa para 2025 é de que sejam cultivados no Brasil 125,8 mil hectares de cevada com produtividade média de 3.517 kg ha⁻¹, um aumento de 9,7% em relação à safra anterior. Segundo dados do Departamento de Economia Rural (DERAL), a estimativa de área projetada para a safra de 2025 no estado do Paraná é de 94,6 mil hectares, crescimento de 18% em relação aos 80,5 mil hectares semeados em 2024 (PARANÁ, 2025a). O Paraná mantém assim o posto de maior produtor nacional, tendo destaque a cidade de Guarapuava que deve semear uma área de 36,9 mil hectares, 25% superior aos 29,6 mil hectares colhidos no ano passado.

Segundo a Embrapa (2024) a indústria cervejeira precisa de grãos de cevada que apresentem um teor mínimo de 9,5% e um máximo de 12% de proteína bruta, além de 95% de taxa de germinação, atributos que permitem fazer malte com qualidade que atende o mercado. Também são desejáveis grãos de maior tamanho (classe 1) e livres da contaminação por micotoxinas.

O clima, o melhoramento genético e as práticas de manejo corretas são os fatores determinantes para a produção de cevada com o padrão de qualidade para malteação (processo controlado de germinação e secagem de grãos de cevada e/ou outro cereal que transforma o amido em açúcares fermentáveis). Os principais fatores de qualidade estão relacionados ao poder germinativo, ao tamanho do grão, ao teor de proteínas, e à sanidade de grãos, que precisam ser livres da contaminação por micotoxinas. (Pereira et al., 2021).

A doença giberela, causada pelo ascomiceto *Gibberella zeae*, principal anamorfo *Fusarium graminearum* (Parry; Jenkinson; McLeod, 1995), afeta a cultura da cevada a partir da exposição das espigas até a maturação fisiológica (Lima; Minella, 2005). A infecção ocorre na época de florescimento, sob condições de alta umidade e temperaturas elevadas, quando o micélio, ascósporos e conídios infectam as anteras e se disseminam para outras espigas e plantas (Luz, 1982).

Os danos provocados podem ser quantitativos e qualitativos, geralmente resultando em redução do rendimento de grãos, no peso hectolitro e na produção de micotoxinas. Além disso, pode ocorrer comprometimento do poder germinativo e do vigor das sementes (Panisson; Reis; Boller, 2003). Pode ainda desvalorizar os grãos devido à rejeição pelo mercado quando detectada a contaminação por micotoxinas, principalmente deoxinivalenol (DON), que tem ocorrência comum no Brasil e com limites máximos tolerados, regidos pela legislação nacional (ANVISA, 2022; Del Ponte; Garda-Bufferon; Badiale-Furlong, 2012; Duffeck et al., 2017; Tibola; Fernandes, 2020)

Este trabalho tem como objetivo avaliar se há efeito de diferentes intervalos de aplicação de fungicidas no manejo da giberela (*Fusarium graminearum*) na cultura da cevada, considerando parâmetros de sanidade da espiga, produtividade e qualidade dos grãos destinados à indústria cervejeira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

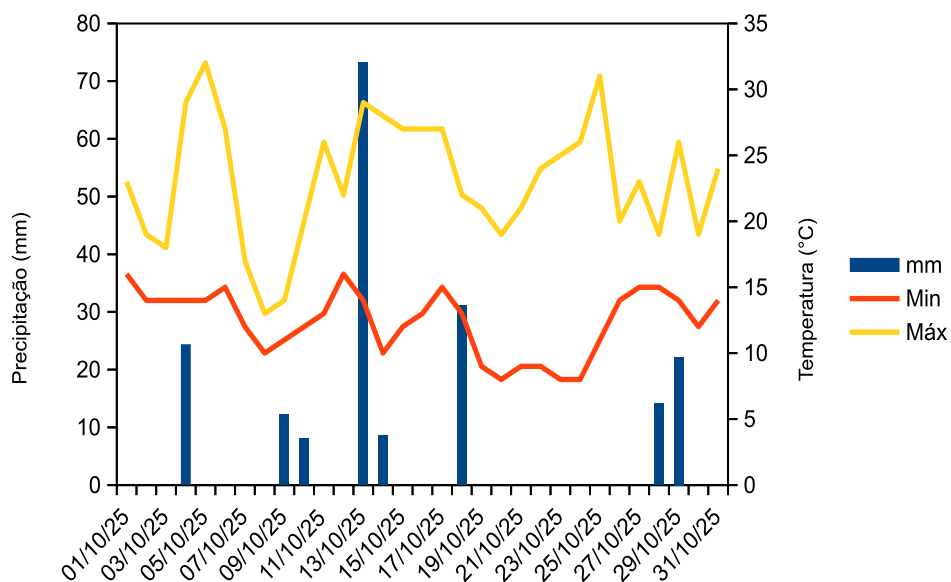
2.1 Localização

O trabalho de pesquisa foi realizado durante os meses de junho a novembro de 2025 no Grupo Três Capões, Fazenda Capão Alto, no talhão 6, Latossolo Vermelho

Distrófico, a fazenda está localizada no município de Candói – PR. As coordenadas são 25°32'41.7" de latitude sul e 51°51'34.0" de longitude oeste com 960 metros de altitude.

A precipitação do mês de outubro, período no qual foram realizadas as avaliações de severidade e incidência, foi obtida por meio do Sistema de Informações Hidrológicas – SIH, que compila os dados de estações meteorológicas paranaenses (IDR, 2025). Os dados obtidos se referem ao município de Candói, coletados pela Estação Cachoeira, localizada em latitude 25° 41' 52" sul e longitude 52° 11' 48" oeste (IDR, 2025). Os dados relacionados à temperatura para o mês de outubro de 2025 na região foram obtidos a partir do site AccuWeather (AccuWeather, 2025). A temperatura mínima média para o período foi de 12,4°C e a temperatura máxima média foi de 23,2°C. A precipitação acumulada foi de 194 mm. Os dados climatológicos estão representados no gráfico 1.

Gráfico 1 – Precipitação semanal acumulada no mês de outubro de 2025, em Candói/PR.



Fonte: Adaptado SIH e AccuWeather (2025)

A análise química mais recente da área do experimento pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1 – Análise química de Solo do Talhão 7, Fazenda Capão Alto, Candói -PR, Inverno de 2025.

M.O.S* (g dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	CTC
				cmol _c dm ⁻³			

40,45	5,46	5,86	0,33	4,79	1,37	0	10,7
H+Al	SB	V%	%Ca	%Mg	%K	Ca/Mg	
cmol _c dm ⁻³			%				
4,21	6,49	60,6	44,7	12,8	3,1	3,5/1	

*M.O.S = matéria orgânica do solo. pH (CaCl₂) = pH em solução de cloreto de cálcio. P = fósforo disponível. K = potássio trocável. Ca = cálcio. Mg = magnésio. Al = alumínio. CTC = capacidade de troca catiônica. H + Al = hidrogênio e alumínio. SB = soma de bases. V% = saturação por bases. %Ca = saturação de cálcio na CTC. %Mg = saturação de magnésio na CTC. %K = saturação de potássio na CTC. Ca/Mg = relação cálcio/magnésio.

Fonte: A autora (2025)

Observa-se que a maior parte dos atributos se encontra em teores adequados de acordo com o recomendado para o estado do Paraná, à exceção do fósforo (P) e do pH que pode se tornar o fator limitante para a produção máxima (NEPAR/SBCS, 2019).

2.2 Delineamento experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas de 5 m de comprimento x 1,6 m de largura, totalizando 10 linhas em cada parcela, sendo a área útil as 6 linhas internas onde foram realizadas as avaliações e a colheita. Ou seja, área total de cada parcela 8 m² (10 linhas x 5 m) e útil de 3,16 m² (6 linhas x 4 m).

2.3 Aplicação dos Tratamentos

Os tratamentos foram aplicados via terrestre por meio de pulverizador costal elétrico, equipamento de barra de 1,8 m com 4 bicos de jato “leque” ADI 110-015, espaçamento entre os bicos de 45 cm. A velocidade de aplicação foi de 1 m s⁻¹ resultando em uma vazão de 180 L ha⁻¹.

Os tratamentos com suas respectivas doses e seus intervalos estão descritos no quadro 1.

Quadro 1 – Tratamentos fungicidas, doses por hectare, momento de aplicação e intervalos. Fazenda Capão Alto, Candói – PR, Inverno 2025.

Tratamento	Antese	Antese + 7 dias	Antese + 14 dias	Antese + 21 dias
------------	--------	-----------------	------------------	------------------

T1	Testemunha	Testemunha	Testemunha	Testemunha
T2	Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5 kg		Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5 kg	
T3		Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5 kg		Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5 kg
T4	Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5	Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5 kg	Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5	
T5	Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5 kg	Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5 kg	Metconazol + 1 l Mancozeb 1,5 kg	Metconazol 1 l + Mancozeb 1,5 kg

Fonte: A autora (2025)

2.3.1 Descrição dos produtos

Ingrediente Ativo: Metconazol. Concentração: 90 g L⁻¹. Dose: 1 L ha⁻¹. Formulação: Concentrado Solúvel SL. Classe Toxicológica: V - Improvável de causar dano agudo. Grupo Químico: Triazol (Inibidor da biossíntese de ergosterol). Fungicida com modo de ação sistêmico.

Ingrediente Ativo: Mancozeb. Concentração: 750 g kg⁻¹. Dose: 1,5 kg ha⁻¹. Formulação: Granulado Dispersível em Água WG. Classe Toxicológica: V - Improvável de causar dano agudo. Grupo Químico: Alquileno-bis (Ditiocarbamato). Fungicida com modo de ação de contato.

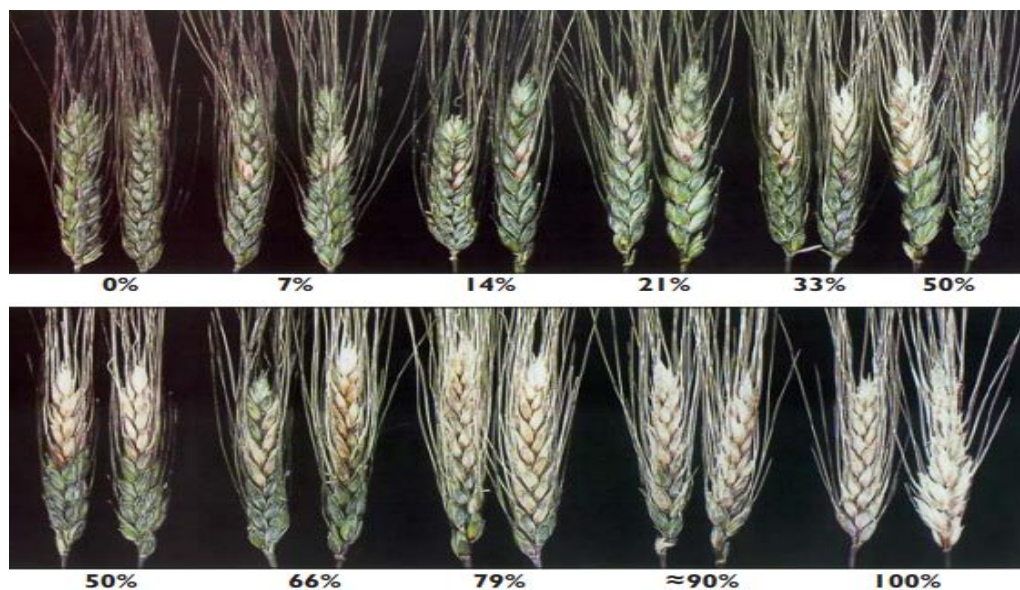
2.4 Manejo cultural da cevada

O sistema de manejo empregado foi plantio direto sobre a palhada de soja cultura antecessora, safra 2023/2024, em área com sucessão soja/milho. A cultivar utilizada foi a cv. Princesa com tratamento de semente industrial, semeadura realizada em 09/06/2025 e emergência em 16/06/2025. O espaçamento de semeadura foi constituído de fileira espaçadas de 15,8 cm, com 100 kg ha⁻¹ de semente e profundidade de 3 cm. A adubação de implantação consistiu em 219 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico (MAP), 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 80 kg ha⁻¹ de ureia (46% N). Durante o ciclo da cultura foi realizado o manejo preventivo contra plantas daninhas, acamamento, insetos e doenças.

2.5 Avaliações

A severidade da giberela foi avaliada a partir da escala de notas propostas em 1995 por Stack e McMullen (Imagem 1), sendo a primeira avaliação no estágio de massa mole dos grãos, ou estágio 85 (Zadoks; Chang; Konzak, 1974), e demais avaliações realizadas em intervalos de sete dias. A avaliação de incidência foi realizada no dia 07/10/2025, também no estágio 85 (Zadoks; Chang; Konzak, 1974), a partir da contagem de plantas infectadas.

Imagem 1 – Escala de notas propostas em 1995 por Stack e McMullen (1995)



Fonte: Stack; McMullen (1995)

As amostras analisadas de cada tratamento correspondem a todas as espigas presentes nas 6 linhas centrais de 5 metro de comprimento, a partir das quais foram realizadas as avaliações de produtividade por hectare dos tratamentos com umidade a 13% e índice de micotoxinas presentes nos grãos.

A análise de micotoxinas nos grãos foi realizada pela metodologia ensaio de imunoabsorção enzimática (ELISA), que detecta e quantifica anticorpos derivados de processos específicos, sendo um método rápido e seletivo (Krska; Josephs, 2001). O peso hectolitro (PH), proteína e peso de mil grãos (PMG) também foram avaliados. Para

proteína e micotoxinas, apenas 1 repetição foi realizada, pois a análise é feita somente pela Cooperativa Agrária.

2.6 Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi testada pelo Teste de Shapiro-Wilk. Atestada a normalidade, realizou-se a análise de variância estudando o efeito dos tratamentos. As médias foram agrupadas usando teste de Scott-Knott a 5% de significância ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

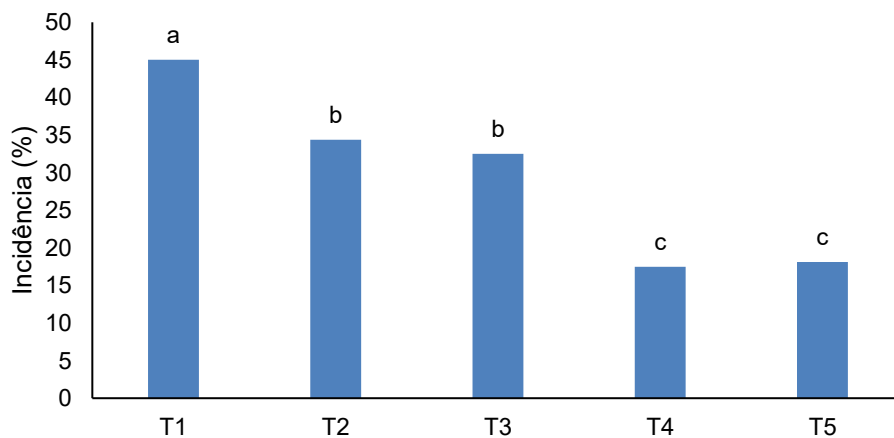
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Incidência, severidade e índice de Giberela (GIBBZE – *Gibberella zeae*)

3.1.1 Incidência

Os tratamentos 4 e 5 se igualaram, apresentando a menor incidência (17,50% e 18,13%), demonstrando a maior eficiência no controle da doença. Os tratamentos 2 e 3 se igualaram, apresentando resultados intermediários em relação aos demais (34,38% e 32,50%), sendo superior ao tratamento 1. O tratamento 1 apresentou a maior incidência entre os demais tratamentos (45,0%), diferindo estatisticamente dos tratamentos com aplicação de fungicida (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Incidência de Giberela (*Gibberella zeae*) em cevada cultivar Princesa, safra 2025.



Fonte: A autora (2025).

Esses resultados reforçam a eficácia do manejo de fungicidas no controle da giberela, especialmente quando associado a estratégias adequadas de época de aplicação. Estudos prévios indicam que a aplicação no período de florescimento, com intervalos reduzidos em condições favoráveis à doença, maximiza o controle (Mendes et al., 2018; Paul et al., 2019). A redução expressiva da incidência nos tratamentos 4 e 5 sugere que maiores frequências de aplicação e menores intervalos contribuem para o controle. Contudo, a ausência de diferença entre T4 e T5 indica que a maior eficiência técnica não é atingida, necessariamente, apenas com o aumento no número de aplicações.

De modo geral, os tratamentos que receberam a aplicação de Metconazol + Mancozeb apresentaram redução significativa da incidência de giberela quando comparados à testemunha. Esse comportamento é coerente com a literatura, que destaca que triazóis, entre eles o Metconazol, apresentam elevada atividade contra *Fusarium graminearum*, reduzindo tanto a infecção quanto a produção de micotoxinas (Machado et al., 2017; Friskop et al., 2023). A eficiência dos fungicidas tem sido variável entre princípios ativos e entre anos, pois depende principalmente de fatores como clima, cultivar e época de aplicação (Feksa et al., 2019) promovendo controle da giberela e da contaminação dos grãos por micotoxinas (Machado et al., 2017; Barro et al., 2021).

3.1.2 Severidade

A severidade teve resultados diferentes entre os tratamentos ao longo das avaliações. Na primeira avaliação, observou-se que os tratamentos 2, 3, 4 e 5 apresentaram menores níveis de severidade, não diferindo estatisticamente entre si, enquanto a testemunha (T1) apresentou a maior severidade (29,75%), distinguindo-se significativamente dos demais tratamentos (gráfico 3A).

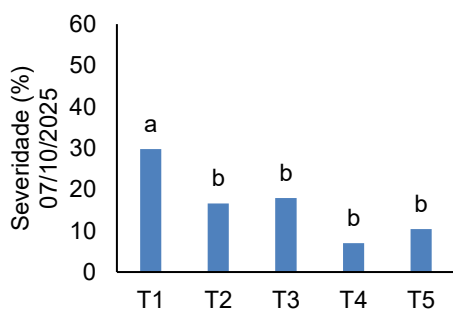
Na segunda avaliação houve aumento na severidade para os tratamentos 2 e 3, com destaque para tratamento 3 (22,75%), sugerindo redução parcial do efeito residual e demonstrando a importância do momento de aplicação na fase do pincel. Os tratamentos 4 e 5 mantiveram os menores níveis de severidade (7,88% e 6,13%), evidenciando estabilidade no controle da doença (gráfico 3B). O tratamento testemunha apresentou

novamente a maior severidade (43,13%), indicando elevada pressão da doença. A precipitação acumulada no período anterior à segunda avaliação foi de 102,1 mm, a maior do mês de outubro (IDR, 2025), contribuindo para o aumento na severidade devido às condições favoráveis de umidade e temperatura.

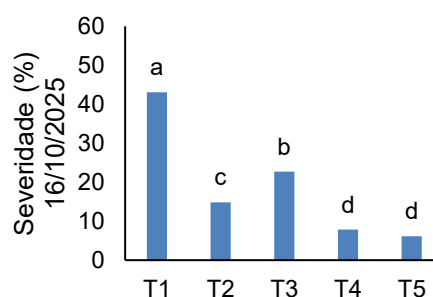
Na terceira avaliação, observou-se uma intensificação no progresso da doença, que se relaciona ao clima favorável para o seu pleno desenvolvimento. A precipitação acumulada entre os períodos de 08 a 22 de outubro (gráfico 1) propiciaram a formação de um ambiente prolongado de elevada umidade e temperaturas amenas, fatores que favorecem infecções secundárias e o avanço epidêmico da giberela (Rossi et al., 2001; Schöneberg et al., 2018). O tratamento 1 manteve-se com a maior severidade (57,00%). Os tratamentos 2 e 3 apresentaram significativo incremento na severidade (45,25% e 26,13%), reforçando a importância da sequência da aplicação no pincel. Os tratamentos 4 e 5 Se mantiveram com os menores índices de severidades ao longo de todas as avaliações, demonstrando superioridade no manejo e maior eficiência de controle (gráfico 3C).

Gráfico 3 – Severidade de Giberela (*Gibberella zeae*) em Cevada Cultivar Princesa, safra 2025
a) Avaliação 07/10/2025 b) Avaliação 16/10/2025 c) Avaliação 23/10/2025

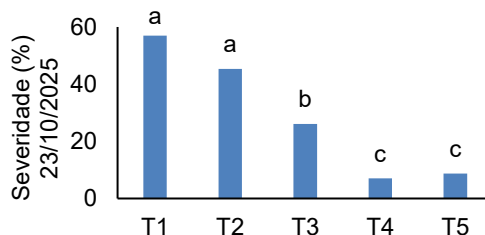
A)



B)



C)



Fonte: A autora (2025).

A figura 1 demonstra a diferença visual das espigas ao longo do tempo de avaliação de severidade.

Figura 1 – Avaliação de severidade das espigas ao longo do tempo. Cada espiga representa um tratamento, da esquerda para a direita: T1, T2, T3, T4 e T5.



Fonte: A autora (2025).

A aplicação na antese se mostrou eficiente, quando seguida de intervalos curtos, reforçando a necessidade de esquemas estratégicos de pulverização em anos favoráveis ao desenvolvimento da doença, especialmente sob condições de elevada umidade, temperaturas amenas e dias consecutivos de chuva durante e após o florescimento (Xu et al., 2025). A temperatura considerada ideal para o desenvolvimento da doença é 15°C (Schöneberg et al., 2018; Xu et al., 2025), próxima à faixa observada no período em Candói (gráfico 1). A precipitação aliada à temperatura afeta a umidade relativa do ar, principal fator determinante para o desenvolvimento da giberela na cultura da cevada (Schöneberg et al., 2018).

A antese é o estágio de maior vulnerabilidade à infecção por giberela devido à exposição das anteras, que atuam como portas de entrada para o patógeno (Reis; Reis; Carmona, 2023). Aplicações realizadas fora desse período crítico resultam em menor proteção dos tecidos florais e, conseqüentemente, menor eficácia de controle (Singh et al., 2021).

A aplicação sequencial de fungicidas se mostrou eficaz no controle da severidade, principalmente nos tratamentos 4 e 5. A época de aplicação também apresentou efeito na severidade, sendo o tratamento 2, que consiste em aplicação na antese, inicialmente superior ao tratamento 3, cuja aplicação inicial ocorreu 7 dias após a antese. Os

resultados se inverteram na terceira avaliação de severidade, de forma que o tratamento 2 se igualou à testemunha, enquanto o tratamento 3 permaneceu estável. Embora a aplicação de fungicidas durante o período da antese seja crucial, o exato momento depende de fatores como época de inoculação, janela de suscetibilidade (Cowger; Beccari; Dong, 2020) e tipo de floração das cultivares (Nakajima; Yoshida; Kawada, 2008). Há indícios de que aplicações realizadas entre 3 e 7 dias após a antese podem ser mais eficazes que aplicações antecipadas (Cowger et al., 2023; Friskop et al., 2023), o que poderia explicar a maior eficácia do T3 em comparação ao T2. A janela de suscetibilidade é afetada pelas características inerentes da cultivar e por condições climáticas, que podem mudar durante a safra, o que reforça a necessidade de múltiplas aplicações no controle da doença (Cowger; Beccari; Dong, 2020; Nakajima; Yoshida; Kawada, 2008) e se reflete no melhor desempenho observado nos tratamentos 4 e 5.

A eficácia da aplicação dos fungicidas pode ser observada na comparação entre os tratamentos e a testemunha, podendo ser atribuída à eficiência do Metconazol na inibição da biossíntese de ergosterol, processo essencial para o desenvolvimento do patógeno (Schuster; Kilaru; Steinberg, 2024). A eficiência de fungicidas é fortemente dependente do momento e da qualidade da aplicação. Um manejo da doença que busque a maior eficiência deve considerar o uso de estratégias múltiplas e integradas (Bai; Shaner, 1994; Parry; Jenkinson; McLeod, 1995; Luz, 2003). Estratégias de manejo integrado incluem a rotação de culturas, uso de cultivares menos suscetíveis e aplicação de fungicidas Triazóis, dentre os quais se destaca o Metconazol, eficaz na redução da infecção floral e do acúmulo de toxinas (Feksa et al., 2019).

3.2 Análises do grão

3.2.1 Rendimento e qualidade

Os resultados de produtividade, PMG, PH e proteína estão descritos na tabela 2. Não foram observadas diferenças estatísticas entre tratamentos para produtividade, PMG e PH. O teor de proteína também foi similar.

Tabela 2 – Produtividade, peso de mil grãos (PMG), peso hectolitro (PH) e proteína do grão de cevada, cv. Princesa, safra 2025.

Produtividade	PMG	PH	Proteína
---------------	-----	----	----------

	kg ha ⁻¹	G	kg hl ⁻¹	%
T1	5861	40,4	62,1	11,87
T2	5889	43,6	62,7	12,03
T3	5824	42,0	63,1	12,01
T4	5867	42,1	63,5	12,07
T5	5536	42,0	63,4	12,20
CV (%)	10,8	3,7	1,3	-

Fonte: A autora (2025).

A produtividade similar entre os tratamentos indica que, embora houvesse presença do patógeno em condição favorável, a pressão da doença se manteve em um patamar de pouco impacto na produtividade, onde há pouca resposta à aplicação de fungicidas (Friskop et al., 2023). O clima é um fator mais importante para a produtividade da cevada, de forma que aplicação de fungicidas tem pouco efeito na produtividade e peso de mil grãos (Karron et al., 2020).

O teor de proteína dos tratamentos ficou próximo ao teor máximo de 12,4% de proteína bruta para produção de malte, determinado pela cooperativa da região, e do valor de 12% determinado pelas normas brasileiras (BRASIL, 1996). Alguns autores relatam mudanças bioquímicas nos teores de lipídeos, proteínas e carboidratos nos grãos infectados por espécies de *Fusarium* (Boyacioğlu; Hettiarachchy, 1995). Espécies de *Fusarium* apresentam potencial de alterar a dinâmica principalmente de proteínas solúveis como a albumina no malte (Geißinger et al., 2019). Contudo, embora o teor da testemunha tenha sido numericamente inferior, ele está na faixa ideal para maltagem.

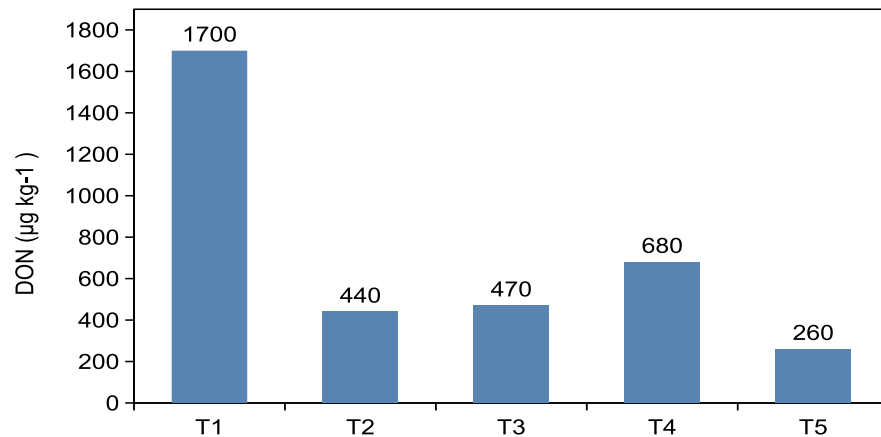
O peso hectolitro e o PMG tendem a ser positivamente correlacionados (Kumar et al., 2015), sendo o PH alto uma característica desejada para a cevada cervejeira devido ao desempenho na maltagem (Rani; Bhardwaj, 2021). Alterações que afetem a translocação de nutrientes para o grão impactam diretamente no PH, o que consequentemente afeta a qualidade do malte (Rani; Bhardwaj, 2021).

A ausência de controle não afetou os aspectos bioquímicos nem de produção da cevada, indicando que a pressão da doença na safra não foi alta o suficiente para afetar negativamente esses aspectos.

3.2.2 Teor de deoxinivalenol (DON)

O teor da micotoxina no grão para cada tratamento está representado pelo gráfico 4. A testemunha (T1) foi o único tratamento que superou o limite de DON determinado pela legislação brasileira, que é de $1000 \mu\text{g kg}^{-1}$ (ANVISA, 2022). Para os demais tratamentos, embora observadas variações nos teores, todos permaneceram abaixo do limite para a cevada destinada à malteação.

Gráfico 4 – Teor da micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada cv. Princesa, safra 2025.



Fonte: A autora (2025).

A contaminação de grãos por *Fusarium* pode comprometer a qualidade do malte por meio da degradação enzimática, reduzindo o valor econômico dos grãos (Geißinger; Gastl; Becker, 2022). Além disso, a presença de micotoxinas é um risco à saúde humana, causando toxicidade nos rins e no fígado (Ganesan et al., 2022). A maltagem de grãos contaminados pode favorecer a síntese de moléculas e aumentar o teor de micotoxinas presentes (Spanic et al., 2019) mesmo em materiais com teores abaixo do limite estabelecido (Jin et al., 2018), o que evidencia a necessidade de controlar os níveis de DON.

A época de aplicação dos fungicidas é crucial para a redução dos teores de micotoxinas no grão. Há indícios que a janela de tempo logo após a emergência das espigas é o período mais efetivo na redução dos teores de DON no grão da cevada (Cowger et al., 2023). Aplicações combinadas durante a antese e dias depois dela

juntamente a cultivares resistentes são capazes de reduzir em até 75% o teor de DON (Cowger et al., 2019).

Comparados à testemunha (T1), todos os tratamentos reduziram o teor de DON no grão de cevada, sendo T5 superior numericamente. A semelhança entre T2 e T3 confirma que a janela de dias durante e após a antese é o período mais importante para o controle. O comportamento de T4 não foi esperado, e pode estar relacionado a falhas na coleta e a ausência de repetições na quantificação de DON.

Os resultados observados confirmam que o controle de giberela por aplicações sequenciais é essencial para redução no teor de micotoxinas no grão, aumentando seu valor econômico, a qualidade do malte e reduzindo riscos à saúde humana.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos por meio deste trabalho demonstram que as aplicações em diferentes intervalos exercem influência significativa no manejo da giberela. Os tratamentos com aplicações sequenciais em intervalos mais curtos, apresentaram resultado superior de controle ao longo nas avaliações, mantendo incidência e severidade reduzida mesmo sob condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. A ausência de diferença significativas entre os tratamentos com maior e menor número de aplicações, reforçam a necessidade de estratégias racionais de controle.

A aplicação sequencial de fungicidas após a fase da antese é eficiente no controle da severidade e incidência da giberela na cevada cv. Princesa, sendo essencial em anos de alta pressão da doença, aplicações subsequentes realizadas após a antese contribuem para prolongar o efeito residual e reduzir o processo infeccioso. O teor da micotoxina deoxinivalenol no grão é reduzido a partir do manejo químico. A produtividade e a qualidade do grão da cevada cv. Princesa não foram afetados pela aplicação sequencial de fungicidas.

O tratamento 4 destacou-se como a alternativa mais adequada sob o ponto de vista técnico e econômico, pois teve semelhança de controle com o tratamento 5 e menor número de aplicações, o que implica redução nos custos com produtos, mão de obra e operações de pulverização.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família pelo apoio, durante todas as fases da graduação, ao meu orientador Alisson John pela dedicação e paciência durante o desenvolvimento do trabalho, aos professores do curso pela contribuição acadêmica e pelo amor que dedicam a nós, e as empresas Deragro e Três Capões, pelo apoio e disposição.

6 REFERÊNCIAS

ACCUWEATHER. Candói, Paraná. 2025. Disponível em: <https://www.accuweather.com/pt/br/cand%C3%B3i/2308241/october-weather/2308241?year=2025>. Acesso em: 14 ago. 2025.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Instrução Normativa nº 160, de 1º de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-160-de-1-de-julho-de-2022-413367081>. Acesso em: 14 ago. 2025.

BAI, Guihua; SHANER, Gregory. Scab of wheat: prospects for control. **Plant Disease**, v. 78, n. 8, p. 760-766, 1994.

BARRO, Jhonatan Paulo et al. Are demethylation inhibitor plus quinone outside inhibitor fungicide premixes during flowering worthwhile for Fusarium head blight control in wheat? A meta-analysis. **Plant Disease**, v. 105, n. 9, p. 2680-2687, 2021.

BOYACIOĞLU, Dilek; HETTIARACHCHY, Navam S. Changes in some biochemical components of wheat grain that was infected with Fusarium graminearum. **Journal of Cereal Science**, v. 21, n. 1, p. 57-62, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Portaria nº 691, de 25 de novembro de 1996. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=2140540241>. Acesso em 15 nov. 2025.

CLIMATEMPO. Climatologia e histórico de previsão do tempo em Candói, BR. 2025. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/2817/candoi-pr>. Acesso em: 14 ago. 2025.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 12, n. 2. Brasília: Conab, 2024.

COWGER, Christina et al. Managing Fusarium head blight in winter barley with cultivar resistance and fungicide. **Plant Disease**, v. 103, n. 8, p. 1858-1864, 2019.

COWGER, Christina; BECCARI, Giovanni; DONG, Yanhong. Timing of susceptibility to Fusarium head blight in winter wheat. **Plant disease**, v. 104, n. 11, p. 2928-2939, 2020.

COWGER, Christina et al. Optimal timing of fungicide application to manage Fusarium head blight in winter barley. **Plant disease**, v. 107, n. 7, p. 2054-2060, 2023.

DEL PONTE, Emerson M.; GARDA-BUFFON, Jaqueline; BADIALE-FURLONG, Eliana. Deoxynivalenol and nivalenol in commercial wheat grain related to Fusarium head blight epidemics in southern Brazil. **Food Chemistry**, v. 132, n. 2, p. 1087-1091, 2012.

DUFFECK, Maíra Rodrigues et al. Survey of mycotoxins in Southern Brazilian wheat and evaluation of immunoassay methods. **Scientia Agricola**, v. 74, n. 4, p. 343-348, 2017.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. 2024. Clima ajuda no crescimento da produtividade da cevada. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/96184920/clima-ajuda-no-crescimento-da-produtividade-da-cevada>. Acesso em: 14 ago. 2025.

FEKSA, Heraldo R. et al. Pre-and postinfection application of strobilurin-triazole premixes and single fungicides for control of fusarium head blight and deoxynivalenol mycotoxin in wheat. **Crop Protection**, v. 117, p. 128-134, 2019.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FRISKOP, Andrew et al. Effects of fungicides and cultivar resistance on Fusarium Head Blight and deoxynivalenol in spring barley from 2014 to 2019. **Plant Health Progress**, v. 24, n. 1, p. 16-23, 2023.

GANESAN, Abirami Ramu et al. Distribution, toxicity, interactive effects, and detection of ochratoxin and deoxynivalenol in food: A review. **Food chemistry**, v. 378, p. 131978, 2022.

GEIßINGER, Cajetan et al. Influence of Fusarium avenaceum infections on barley malt: Monitoring changes in the albumin fraction of barley during the malting process. **International Journal of Food Microbiology**, v. 293, p. 7-16, 2019.

GEIßINGER, Cajetan; GASTL, Martina; BECKER, Thomas. Enzymes from cereal and fusarium metabolism involved in the malting process—a review. **Journal of the American Society of Brewing chemiStS**, v. 80, n. 1, p. 1-16, 2022.

HARLAN, Jack R.; ZOHARY, Daniel. Distribution of wild wheats and barley: the present distribution of wild forms may provide clues to the regions of early cereal domestication. **Science**, v. 153, n. 3740, p. 1074-1080, 1966.

IAT. Instituto Água e Terra. Sistema de Informações Hidrológicas – SIH: Relatório de Alturas Diárias de Precipitação. 2025. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasDiariasPrecipitacao.do?action=carregarInterfacelInicial>. Acesso em 06 nov. 2025.

JIN, Zhao et al. Increase of deoxynivalenol during the malting of naturally Fusarium infected Chinese winter wheat. **Food Control**, v. 87, p. 88-93, 2018.

KARRON, Elina et al. Application of widely used fungicides does not necessarily affect grain yield, and incidence of Fusarium spp. and mycotoxins DON, HT-2 and T-2 in spring barley in northern climates. **Kvasny prumysl**, v. 66, n. 1, p. 215–223, 2020.

KRSKA, R.; BAUMGARTNER, S.; JOSEPHS, R. The state-of-the-art in the analysis of type-A and-B trichothecene mycotoxins in cereals. **Fresenius' journal of analytical chemistry**, v. 371, n. 3, p. 285-299, 2001.

KUMAR, Vishnu et al. Genetic analyses of malting quality characters in barley (*Hordeum vulgare* L.). **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 75, n. 1, 2015.

LIMA, Maria Imaculada Pontes Moreira; MINELLA, Euclides. Suscetibilidade de espigas de cevada à giberela. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 25., 2005, Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2005. p. 373-375

LIMA, Maria Imaculada Pontes Moreira; VILARINHO, Aloisio Alcantara. **Identificação prática de giberela em cevada**. Comunicado Técnico, n. 387. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1153246/1/Comunicado-Tecnico-387.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2025.

LUZ, Wilmar Cório da. **Diagnose das doenças da cevada no Brasil**. Circular técnica, 2. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1982. 24 p.

LUZ, Wilmar Cório da. Avaliação dos tratamentos biológico e químico na redução de patógenos em semente de trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 93-95, 2003.

MACHADO, Franklin J. et al. Differential triazole sensitivity among members of the *Fusarium graminearum* species complex infecting barley grains in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 3, p. 197-202, 2017.

MENDES, Marcelo Cruz et al. Desempenho agrônômico e morfológico de trigo duplo propósito submetido à aplicação foliar de fungicidas. **Scientia agraria**, v. 19, n. 2, p. 232-241, 2018.

NAKAJIMA, Takashi; YOSHIDA, Megumi; KAWADA, Naoyuki. Fungicide application timing on fusarium head blight and mycotoxin accumulation in barley in Japan. **Cereal Research Communications**, v. 36, n. Supplement-6, p. 659-665, 2008.

NEPAR/SBCS. Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: NEPAR/SBCS, 2019. 289 p.

PANISSON, Edivan; REIS, Erlei M.; BOLLER, Walter. Quantificação de danos causados pela giberela em cereais de inverno, na safra 2000, em Passo Fundo, RS. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 189-192, 2003.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. 2025a. Boletim Conjuntural Semana 16/2025. Curitiba: Departamento de Economia Rural – Deral. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2025-04/boletim_semana_16_deral.pdf. Acesso em: 15 set. 2025.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. 2025b. Paraná pode ter maior área de cevada da história e consolidar liderança de produção. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Noticia/Parana-pode-ter-maior-area-de-cevada-da-historia-e-consolidar-lideranca-de-producao>. Acesso em: 15 set. 2025.

PARRY, David W.; JENKINSON, Peter; MCLEOD, L. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals—a review. **Plant pathology**, v. 44, n. 2, p. 207-238, 1995.

PAUL, Pierce Anderson et al. Integrated effects of genetic resistance and prothioconazole+ tebuconazole application timing on Fusarium head blight in wheat. **Plant disease**, v. 103, n. 2, p. 223-237, 2019.

PEREIRA, Paulo Roberto Valle da Silva et al. 2021. Cevada. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cevada>. Acesso em 14 ago. 2025.

RANI, Heena; BHARDWAJ, Rachana D. Quality attributes for barley malt: “The backbone of beer”. **Journal of Food Science**, v. 86, n. 8, p. 3322-3340, 2021.

REIS, Erlei Melo; REIS, Andrea Camargo; CARMONA, Marcelo. Anthesis in small grains and Fusarium head blight infection. **Summa Phytopathologica**, v. 49, p. e268456, 2023.

ROSSI, V. et al. Influence of temperature and humidity on the infection of wheat spikes by some fungi causing Fusarium head blight. **Journal of Plant Pathology**, p. 189-198, 2001.

SCHÖNEBERG, Torsten et al. Infection conditions of Fusarium graminearum in barley are variety specific and different from those in wheat. **European journal of plant pathology**, v. 151, n. 4, p. 975-989, 2018.

SCHUSTER, Martin; KILARU, Sreedhar; STEINBERG, Gero. Azoles activate type I and type II programmed cell death pathways in crop pathogenic fungi. **Nature Communications**, v. 15, n. 1, p. 4357, 2024.

SINGH, Lovepreet et al. Evaluation of application timing of Miravis Ace for control of Fusarium head blight in wheat. **Plant Health Progress**, v. 22, n. 2, p. 94-100, 2021.

SPANIC, Valentina et al. The pressure of Fusarium disease and its relation with mycotoxins in the wheat grain and malt. **Toxins**, v. 11, n. 4, p. 198, 2019.

STACK, Robert W.; MCMULLEN, Marcia P. **A visual scale to estimate severity of Fusarium head blight in wheat**. Fargo: North Dakota State University - Agricultural Experiment Station, 1995.

TIBOLA, Casiane Salete; FERNANDES, José Maurício Cunha. **Micotoxinas no trigo: estratégias de manejo para minimizar a contaminação**. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 120 p.