

EFEITO DE DIFERENTES HERBICIDAS SOBRE O TEOR DE CLOROFILA E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE DIFERENTES HÍBRIDOS DE MILHO

REGIANI, Mauricio Da Silva¹

DE SOUSA, Allison John²

RESUMO

A cultura do milho (*Zea mays L.*) possui grande importância agrícola, seja para a segurança alimentar, para a alimentação humana ou, principalmente, animal. A utilização de herbicidas é essencial para o manejo de plantas daninhas e para garantir uma produtividade economicamente viável. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da fitotoxicidade de herbicidas sobre os teores de clorofila e as injúrias causadas em diferentes híbridos de milho. O experimento foi conduzido no município de Ponta Grossa – PR, na safra 2025/2026. Foram avaliados 12 híbridos, sendo 3 já comercializados e 9 em fase de avanço comercial. Os tratamentos 1 e 2 utilizaram dois produtos (Sanson® e Accent®) com o mesmo princípio ativo, nicosulfuron, associado à atrazina. Nos tratamentos 3 e 4 foram aplicadas duas formulações distintas (Callisto® e Calaris®), ambas contendo mesotriona combinada com atrazina. O experimento foi conduzido em esquema fatorial, distribuído em faixas de tratamento, com duas repetições. Os híbridos T1299PWU e CORN 7 apresentaram maior sensibilidade aos tratamentos, enquanto FS422PWU e T1488PWU mantiveram maiores índices de pigmentação da clorofila e ausência de fitotoxicidade visual. A combinação mesotriona + atrazina resultou em injúrias leves a moderadas, variando conforme o material genético.

Palavras-chave: Fitotoxicidade. Clorofilômetro. Genética.

ABSTRACT

The maize crop (*Zea mays L.*) plays a major agricultural role in food security, as well as in human and, especially, animal nutrition. The use of herbicides is essential for weed management and for ensuring economically viable productivity. The objective of this study was to evaluate the effect of herbicide-induced phytotoxicity on chlorophyll content and on the injuries caused in different maize hybrids. The experiment was conducted in the municipality of Ponta Grossa, Paraná State, during the 2025/2026 growing season. Twelve hybrids were evaluated, three of which are already commercialized and nine that are in the process of commercial advancement. Treatments 1 and 2 used two commercial products (Sanson® and Accent®) with the same active ingredient, nicosulfuron, combined with atrazine. Treatments 3 and 4 received two distinct formulations (Callisto® and Calaris®), both containing mesotrione combined with atrazine. The experiment was conducted in a factorial design, arranged in treatment strips, with two replications. Hybrids T1299PWU and CORN 7 showed greater sensitivity to the treatments, whereas FS422PWU and T1488PWU maintained higher chlorophyll pigmentation indices and showed no visual phytotoxicity. The combination of mesotrione + atrazine resulted in mild to moderate injuries, varying according to the genetic material.

Keywords: Phytotoxicity. Chlorophyllometer. Genetics.

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

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

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o milho (*Zea mays L.*) alcançou o patamar de maior cultura agrícola do mundo, sendo a única a ultrapassar a marca de 1 bilhão de toneladas produzidas, superando outras gramíneas como o arroz e o trigo. Além da relevância no aspecto da segurança alimentar, na alimentação humana e, principalmente, animal, é possível produzir com o milho uma infinidade de produtos, tais como combustíveis, bebidas, polímeros etc. (Contini, 2019).

O milho é o cereal mais expressivo cultivado no Brasil, com cerca de 57 milhões de toneladas de grãos produzidos em uma área de quase 15 milhões de hectares (safra e safrinha) (Cruz, 2021). O Brasil ocupou o 3º lugar na produção mundial de milho, com 132 milhões de toneladas, o que corresponde a 10,6% do total global (posição estável entre 2021 e 2023), sendo que, nesse período, a produção brasileira ficou atrás dos Estados Unidos e da China, totalizando 60% da produção mundial (Embrapa, 2023).

A exigência do mercado consumidor proporciona ao agricultor cada vez mais seletividade na escolha dos híbridos de milho. Neste contexto, o rendimento de produção é uma das principais variáveis levadas em consideração na escolha do material a ser cultivado (Arnhold *et al.*, 2010), sendo influenciado pelo ambiente e manejo adotado no cultivo. É certo que, um fator que interfere de forma direta na produção do cereal são as plantas daninhas, principalmente quando ocorre a convivência a partir do estágio de V2, sendo crítico até V7 (Kozłowski, 2002).

No Brasil, a cultura do milho possui ampla utilização de herbicidas que atuam no controle destas plantas invasoras. A exemplo destes grupos, utilizam-se as triazinas (Atrazina, Ametrina, Simazina etc.) em pré e pós-emergência (Gonçalvez, 2020). A associação de Atrazina e, mais recentemente, de terbutilazina, com outros herbicidas, como mesotriona, glyphosate, nicosulfuron ou tembrotriona, visam ampliar o espectro de controle das plantas daninhas de folhas largas e estreitas (Biomatrix, 2022).

O herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura, não causando injúria nas plantas de milho, tanto a parte aérea quanto no sistema radicular, visto que inúmeras condições de uso podem causar distintos efeitos fitotóxicos

(López, 2003). A planta do milho atua na defesa do efeito da fitotoxicidade, liberando enzimas como os citocromos P450 mono-oxigenases e glutathione S-transferases (GSTs), que possuem ação de detoxificação, sendo um mecanismo que demanda gasto energético considerável, pois envolve consumo de ATP e NADPH, que são desviados das rotas de crescimento e fotossíntese para sustentar a defesa metabólica da planta (Taiz *et al.*, 2017).

Esta injúria está diretamente ligada a interferência dos herbicidas na clorofila, onde ocorre, principalmente, através de dois mecanismos de ação: a inibição da fotossíntese (direta ou indireta) e a inibição da biossíntese de pigmentos, como carotenoides e, em alguns casos, a própria clorofila (Peterson *et al.*, 2001). A ação dos herbicidas associa-se a obstrução no processo de transferência de elétrons, sendo todo o sistema afetado (Markwell *et al.*, 2006).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de clorofila e o efeito fitotóxico decorrente da aplicação de herbicidas em diferentes híbridos de milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos Campos Gerais, no município de Ponta Grossa, PR, na Fazenda Santa Cruz, localizada nas coordenadas latitude 25°13'22,6" S, longitude 50°07'13,9" O, e altitude de 980 m. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região apresenta clima Cfb, caracterizado como temperado, com verões frescos, temperaturas amenas ao longo do ano e chuvas bem distribuídas, sem estação seca definida. A temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 22°C, e a precipitação média anual é de aproximadamente 1.495 mm (Salton *et al.*, 2016).

O solo da área experimental é classificado como de textura argilosa, com cerca de 67%, segundo análise de solo coletada no local (0–20 cm). O pH em SMP foi de 5,44, e o pH em CaCl₂, de 6,85. O fósforo, determinado por Mehlich, apresentou valor de 8,36 mg/dm³, enquanto o potássio foi de 0,21 cmol/dm³ no complexo catiônico. Para a cultura do milho, recomendam-se valores de V₂ > 60–70% (Sebim, 2025); neste experimento, o valor obtido foi de 66,13%.

A área total do experimento é denominada pela empresa como um “Big Location”, ou seja, uma grande área composta por diferentes ensaios de manejo, totalizando 14 ha. Para este estudo, selecionou-se o ensaio referente à aplicação de herbicida (BPDC25KHER) em híbridos de milho. A área específica analisada possui 5.760 m², sendo cada parcela composta por 4 metros de largura por 5 metros de comprimento, totalizando 20 m². As mesmas distribuições de parcelas foram repetidas, estabelecendo duas repetições por tratamento.

O delineamento experimental foi dividido por faixas de manejo dos tratamentos, com 5 tratamentos, 2 repetições e 12 híbridos transgênicos avaliados. Nove desses híbridos encontram-se em fase de avanço, portanto, não possuem identificação comercial. Para preservação das informações da empresa, esses materiais foram nomeados como CORN 01, CORN 02, CORN 03, e assim sucessivamente, enquanto os demais já estão em comercialização (TEVO1488PWU, TEVO1299PWU e FORSEED422PWU).

A semeadura do experimento foi realizada no dia 15/09/2025, sobre sistema de plantio direto, com profundidade de semente em 5 centímetros, espaçamento de 50 centímetros entre linhas, população de 70.000 plantas/ha, com aplicação a lanço de 400 kg/ha de cloreto de potássio (60%), e adubação com NPK de 330 kg/ha na formulação 12-33-00. O kit de plantio utilizado foi uma plantadeira de parcelas 8 linhas articulada, com chassi John Deere série 1109, dosador pneumático de sementes com sistema a vácuo e kit sulcador com discos desencontrados.

Como demonstrado na tabela 1, os produtos químicos utilizados têm por princípio ativo a mesotriona do grupo das tricetonas (inibidores da biossíntese da carotenoides - Grupo F2), atrazina do grupo das triazinas (Inibidores do FSII – Grupo C1) e o nicosulfuron do grupo das sulfonilureias (Inibidores da ALS – Grupo B), utilizados em associação. Foram utilizadas cinco marcas de químicos que apresentam a composição destes princípios ativos, sendo: Sanson®, Primóleo®, Accent®, Callisto® e Calaris®.

Tabela 1. Combinações dos herbicidas aplicados nos tratamentos.

T	Dose (ha-1)	Ingrediente ativo	Produtos	Grupo químico	Nome Comercial
T1	1,50L + 6,0L	Nicosulfuron + Atrazina	Produto 1	Sulfonilureias + triazinas	Sanson® +Primóleo®
T2	80g + 6,0L	Nicosulfuron + Atrazina	Produto 2	Sulfonilureias + triazinas	Accent® +Primóleo®
T3	0,4L+ 6,0L	Mesotriona + Atrazina	Produto 3	Tricetonas + Triazinas	Callisto® +Primóleo®
T4	2,4L	Mesotriona + Atrazina	Produto 4	Tricetonas + Triazinas	Calaris®
T5	**	**	**	**	Testemunha

**Sem aplicação de produto

Fonte: O autor (2025).

As aplicações dos tratamentos foram realizadas após o estágio V4, utilizando-se uma bomba de pressurização por CO₂ para os tratamentos herbicidas, enquanto as aplicações de inseticidas, bioestimulantes e fungicidas foram conduzidas com o auxílio do drone EAVISION J150. A metodologia de aplicação consistiu no tratamento das quatro linhas centrais da parcela, consideradas as unidades de interesse para avaliações. Todos os tratamentos foram submetidos a uma aplicação “padrão fazenda”, ou seja, realizou-se a aplicação de glifosato + atrazina sobre todas as parcelas do ensaio, procedimento adotado pela empresa para aumentar o controle geral de plantas daninhas.

Para avaliar o efeito da fitotoxicidade nas folhas das plantas, realizou-se a medição do teor de clorofila em três plantas por parcela, utilizando-se o clorofilômetro Clorofilog CFL2060 (Falker). As leituras foram realizadas no terço médio das plantas, na quinta folha plenamente expandida, tomando-se os pontos a partir da base.

Os dados obtidos referem-se ao índice SPAD de clorofila nas folhas, o qual considera a diferenciação entre clorofila A (principal pigmento fotossintético) e clorofila B, associada à absorção de luz em condições de menor intensidade luminosa.

Realizaram-se também avaliações visuais diretas no estágio V5–V6 dos híbridos, analisando a sensibilidade quanto a aplicação dos herbicidas. A nota foi atribuída em escala percentual (%), considerando os sintomas de clorose (amarelecimento), necrose e branqueamento das plantas. A escala variou de <5% (Sem injúria) a 76% a 100%

(Destruição completa da cultura), conforme metodologia descrita por SBCPD (1995), apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Descrição dos valores conceituais aplicados para avaliações visuais de sintomas de fitotoxicidade na escala da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina/PR, 1995.

Descrição conceitual
< 5% Sem injúria. Sem efeito sobre a cultura.
Até 20% Injúrias leves e ou redução de crescimento com rápida recuperação. Efeitos insuficientes para promover reduções de produtividade.
21 a 40% Injúrias moderadas e ou reduções de crescimento com lenta recuperação ou definitiva. Efeitos intensos o suficiente para promover pequenas reduções de produtividade.
41 a 75% Injúrias severas e ou reduções de crescimento não recuperáveis e ou reduções de estande. Efeitos intensos o suficiente para promover drásticas reduções de produtividade.
76 a 100% Destruição completa da cultura ou somente algumas plantas vivas.

Fonte: SBCPD, 1995.

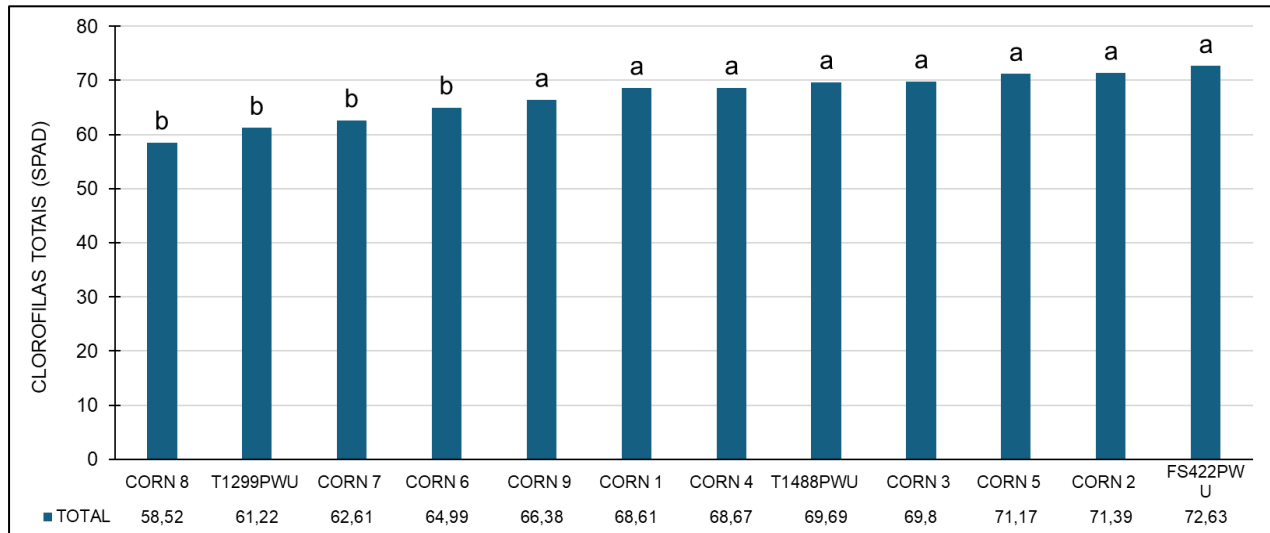
O delineamento utilizado foi o sistema fatorial, e os resultados foram submetidos ao teste de Scott Knott (1974), à 5 % de significância, com auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 1998).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível observar o desempenho significativo para o fator “híbrido”, destacando-se os materiais com maior teor de clorofila, conforme demonstrado no Gráfico 1, abaixo. Os resultados apresentaram um coeficiente de variação (CV = 8,08%), indicando que os híbridos FS422PWU, CORN 2, CORN 5, CORN 3, T1488PWU, CORN 4, CORN 1 e CORN 9 exibiram valores superiores de clorofila quando comparados aos híbridos CORN 6, CORN 7, T1299PWU e CORN 8. A média resultante corresponde ao

conjunto de todos os valores obtidos nos diferentes tratamentos, refletindo, portanto, o desempenho genético individual de cada híbrido.

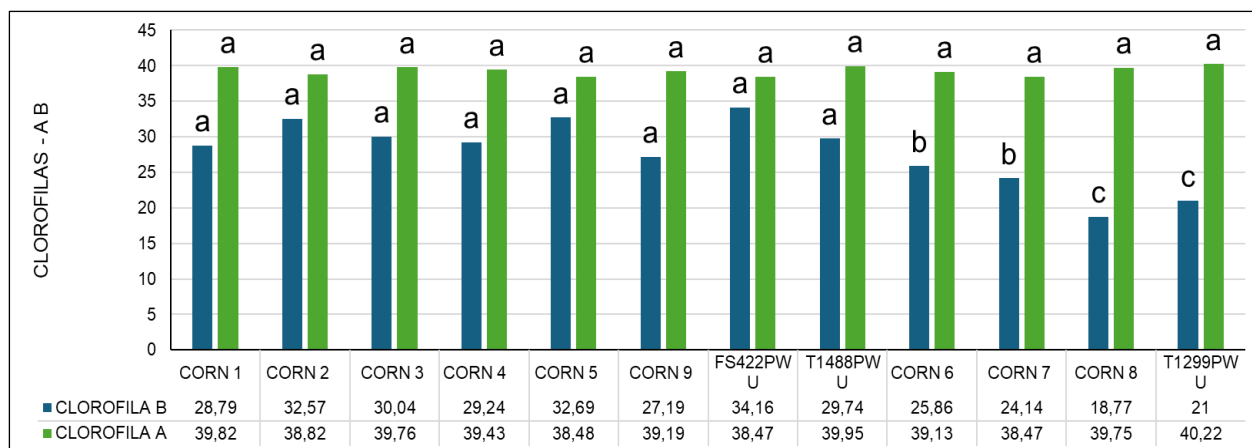
Gráfico 1 – Avaliação da clorofila total (SPAD) considerando todas as médias resultantes dos tratamentos com os herbicidas, diferenciando os resultados apenas pelo desempenho genético de cada híbridos de milho. Agrupados pelo teste de Scott Knott (1974) à 5 % de probabilidade.



Fonte: O autor (2025).

Não foram observadas diferenças significativas nos teores de clorofila A, conforme apresentado no Gráfico 2. Entretanto, para os teores de clorofila B, verificou-se variabilidade significativa, especificamente nos híbridos CORN 6, CORN 7, CORN 8 e T1299PWU. A clorofila B corresponde, em geral, a cerca de um terço da quantidade de clorofila A, e seu papel está associado à transferência de fótons para a clorofila A, sendo particularmente importante em condições de baixa luminosidade (Cid, 2017).

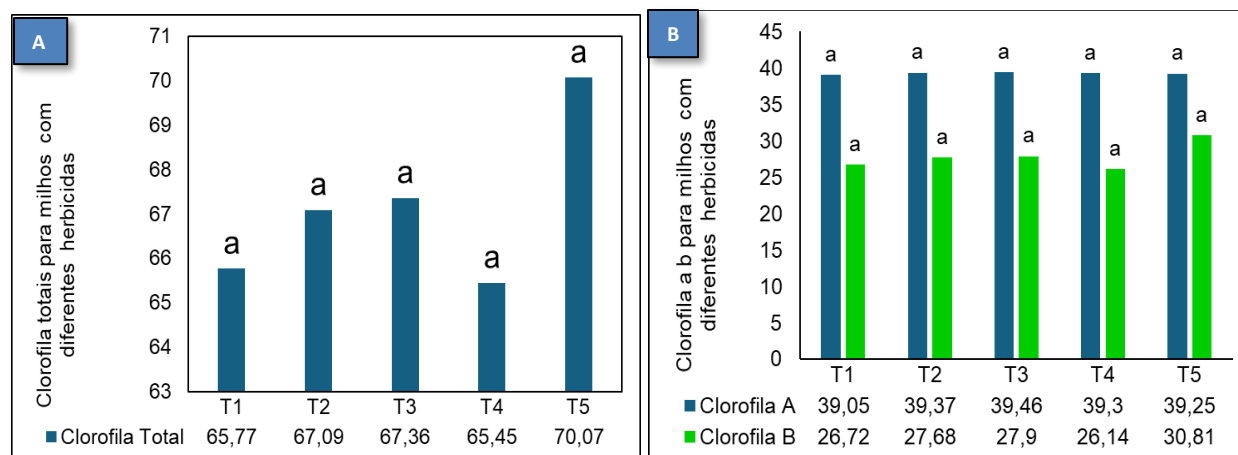
Gráfico 2 – Avaliação da Clorofila A e B (SPAD), médias das resultantes de interação do herbicida com o desempenho de cada híbridos de milho. Agrupados pelo teste de Scott Knott (1974) à 5 % de probabilidade.



Fonte: O autor (2025).

Os tratamentos com herbicidas não interferiram nos resultados da variável analisada em comparação com as plantas sem aplicação (Testemunha – T5). Os dados foram submetidos ao agrupamento pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade e não apresentaram variabilidade nos teores de clorofila total, conforme demonstrado no Gráfico 3-A. As médias dos teores relativos de clorofila A e B (Gráfico 3-B), em função dos diferentes herbicidas aplicados, também não apresentaram variância significativa segundo os agrupamentos obtidos pelo teste de Scott-Knott (1974).

Gráfico 3 – a) Avaliação dos tratamentos dos herbicidas sobre fator clorofila total x herbicida. b) Resultados de clorofila A e B levando em consideração a média de resultados sem distinção por híbrido em SPAD.



Fonte: O autor (2025).

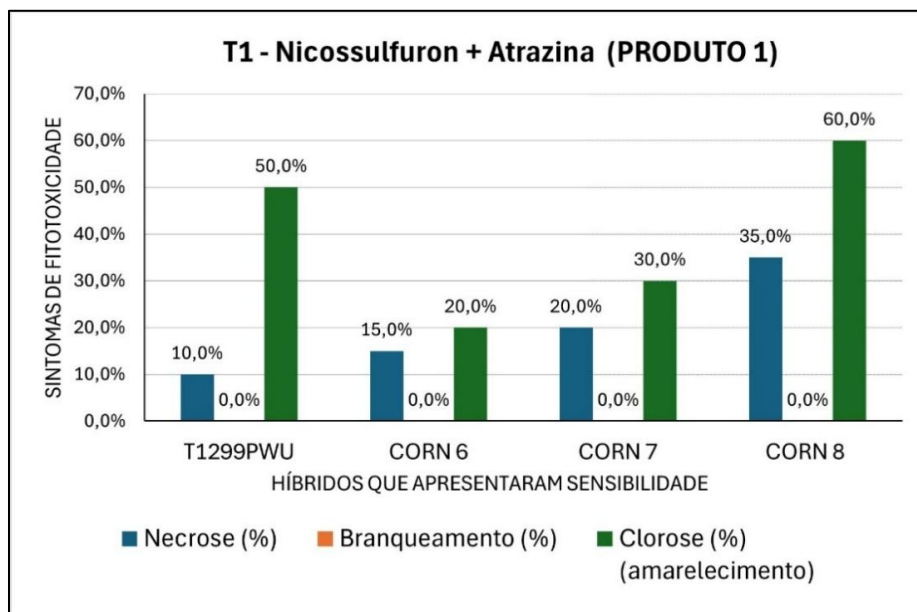
Em estudos conduzidos por Moro (2003), verificou-se que os herbicidas à base de nicosulfuron, presentes nos produtos comerciais Sanson® e Accent®, não afetaram o

potencial fotossintético, especialmente no que se refere à translocação de fotoassimilados. No entanto, esses herbicidas, embora contenham o mesmo ingrediente ativo, apresentaram comportamentos distintos quanto à sensibilidade, em função das características genéticas de cada híbrido.

Os resultados obtidos nas avaliações visuais diretas consideraram a porcentagem de dano causado em função do desempenho individual dos híbridos. De modo geral, alguns materiais não apresentaram fitointoxicação significativa, sendo avaliados aspectos como necrose, branqueamento e clorose. Os híbridos que não apresentaram injúrias aos herbicidas foram: CORN 2, CORN 3, CORN 4, CORN 5, FS422PWU e T1488PWU. De acordo com Duke (2015), a tolerância do milho à fitotoxicidade de herbicidas decorre tanto da tolerância inata da espécie quanto do desenvolvimento de variedades transgênicas (OGMs) que possuem genes específicos de resistência.

O uso da associação herbicida Sanson® + Primóleo® (T1) promoveu respostas diferenciadas em alguns híbridos, com maior expressão de sintomas de clorose e necrose. O Gráfico 4 apresenta apenas os híbridos que exibiram resultados visualmente significativos.

Gráfico 4 – Sintomas de fitotoxicidade nos híbridos que apresentaram sensibilidade ao uso dos herbicidas combinados - Sanson® + Primóleo® (Produto – 1).

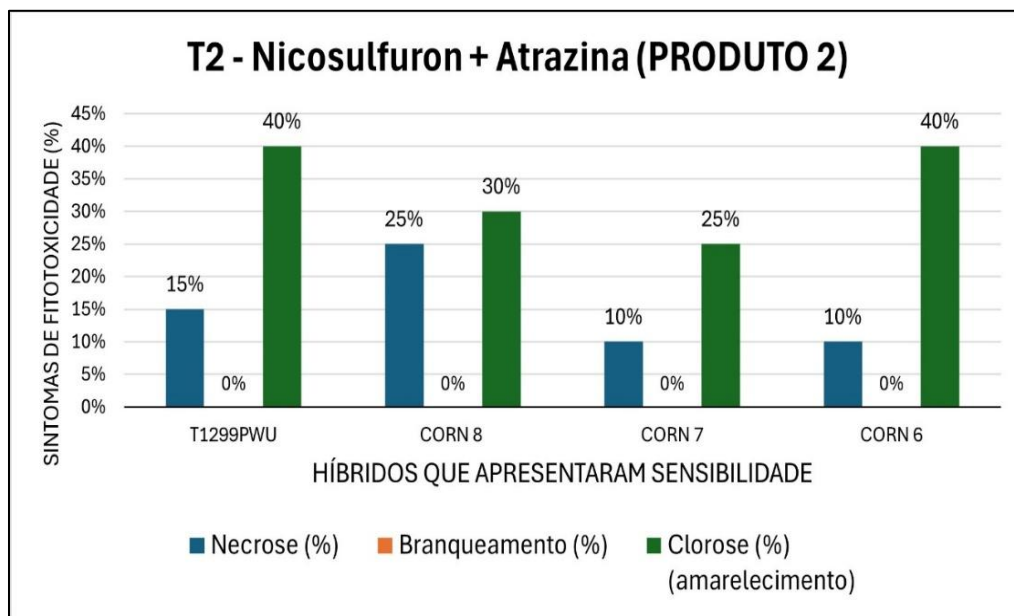


Fonte: O autor (2025).

Os resultados obtidos correlacionam-se com os observados por Portugal (2013), em que o tratamento composto por atrazina + nicosulfuron apresentou maior efeito fitotóxico nos estádios V4–V5. Contudo, nos estádios iniciais de desenvolvimento, as plantas de milho demonstram maior capacidade de metabolização do nicosulfuron do que nos estádios mais avançados do desenvolvimento vegetativo.

Os mesmos princípios ativos foram utilizados no T2 (Gráfico 5), substituindo-se a formulação por Accent® + Primóleo®. De modo geral, os mesmos híbridos expressaram sensibilidade, destacando-se os materiais T1299PWU, CORN 6, CORN 7 e CORN 8, quando comparados ao T1. De acordo com os resultados encontrados por Guerra *et al.* (2010), mesmo os herbicidas Sanson® e Accent®, embora apresentem o mesmo ingrediente ativo em suas formulações, podem resultar em comportamentos distintos de sensibilidade, como observado aos 14 DAA, devido às diferenças genéticas entre híbridos.

Gráfico 5 – Sintomas de fitotoxicidade nos híbridos que mais apresentaram sensibilidade ao uso dos herbicidas combinados - Accent® + Primóleo® (Produto – 2).

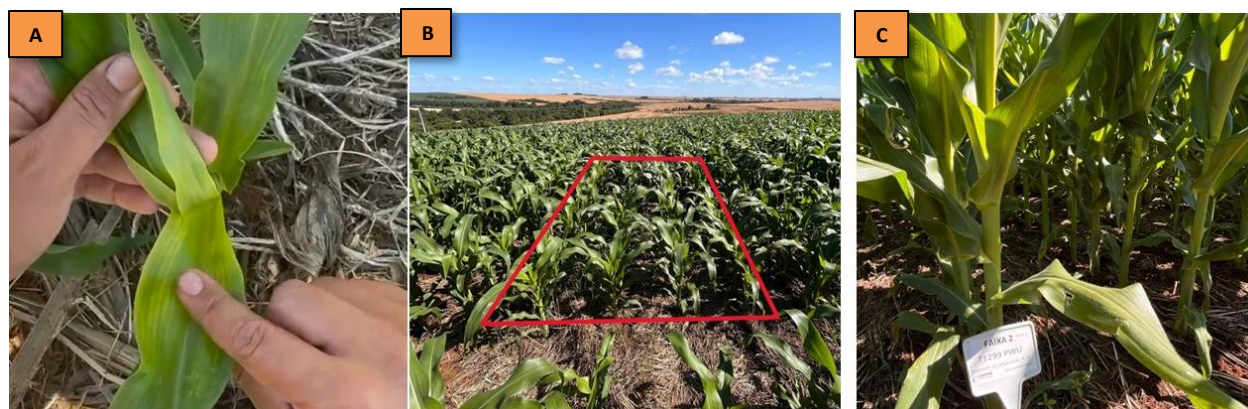


Fonte: O autor (2025).

Abaixo, a Figura 1 (A, B e C) ilustra os híbridos que sofreram efeito de fitotoxicidade nos tratamentos 01 e 02. Os híbridos T1299PWU e CORN 6, apresentaram

injúrias aos 7 DAA, além de expressarem características genéticas de maior sensibilidade ao uso dos herbicidas. Nesses dois materiais, os sintomas foram caracterizados por redução do crescimento das plantas e pela presença de manchas amareladas na base das folhas. Em estudo realizado por Oliveira (2018), observou-se que linhagens e híbridos de milho avaliados apresentaram boa tolerância ao nicosulfuron. Em ambos os trabalhos, mesmo com o uso de doses crescentes do herbicida, não foram verificadas reduções na produtividade de grãos dos híbridos nem na produção de sementes das linhagens.

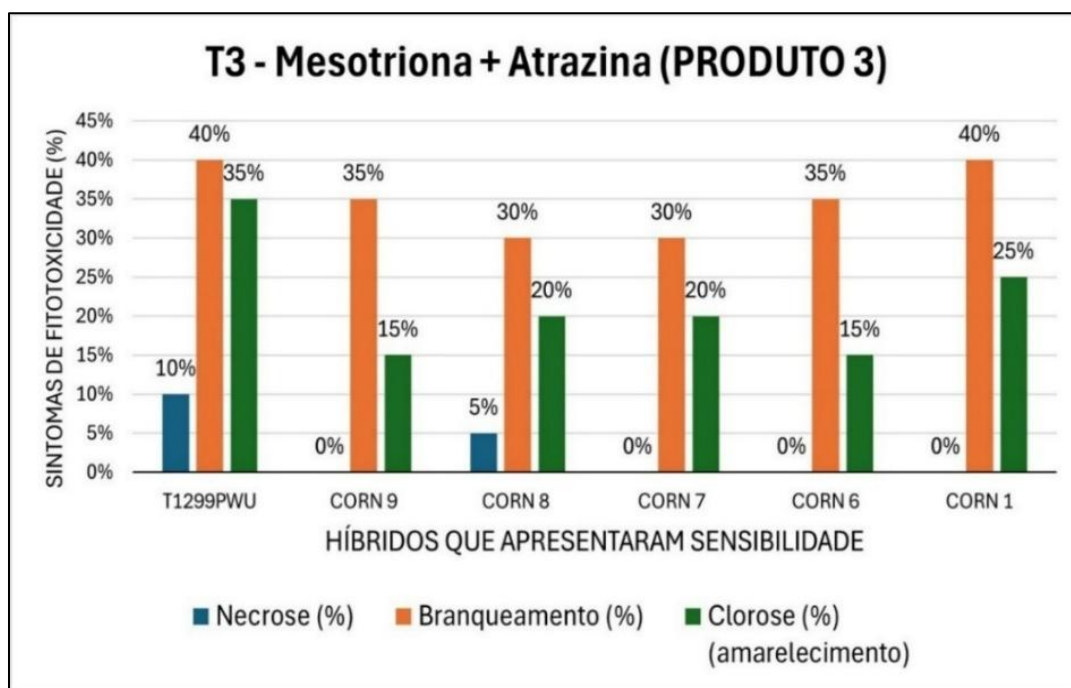
Figura 1. Sintomas de fitotoxicidade do herbicida nicosulfuron + atrazina nos híbridos T1299PWU e CORN 6. a) Injúrias na base das folhas aos 7 DAA. b) Redução de crescimento por efeito genético e fitotóxico. c) Parcela do híbrido T1299PWU no estágio V8 (15/11/2025).



Fonte: O autor (2025).

Os tratamentos com atrazina + mesotriona (T3 e T4) apresentaram maior variabilidade nos parâmetros fisiológicos, especialmente quanto ao branqueamento foliar, quando comparados à testemunha, T1 e T2. Conforme o Gráfico 6, os híbridos T1299PWU, CORN 1, CORN 6, CORN 7, CORN 8 e CORN 9 apresentaram severidade de sintomas, variando entre 5% e 40%, expressando maior sensibilidade aos tratamentos. Esses valores contrastam com os resultados de Nicolai *et al.* (2006) e Johnson *et al.* (2002), que observaram níveis de injúria entre 0% e 15% em plantas de milho submetidas à combinação de mesotrione e atrazina, nas doses de 120 g e 1500 g de ingredientes ativos por hectare, respectivamente.

Gráfico 6 – Tratamento utilizando os produtos Callisto® + Primóleo® (Produto 3). Porcentagem de sintomas visuais de fitotoxicidade nos híbridos de milho.

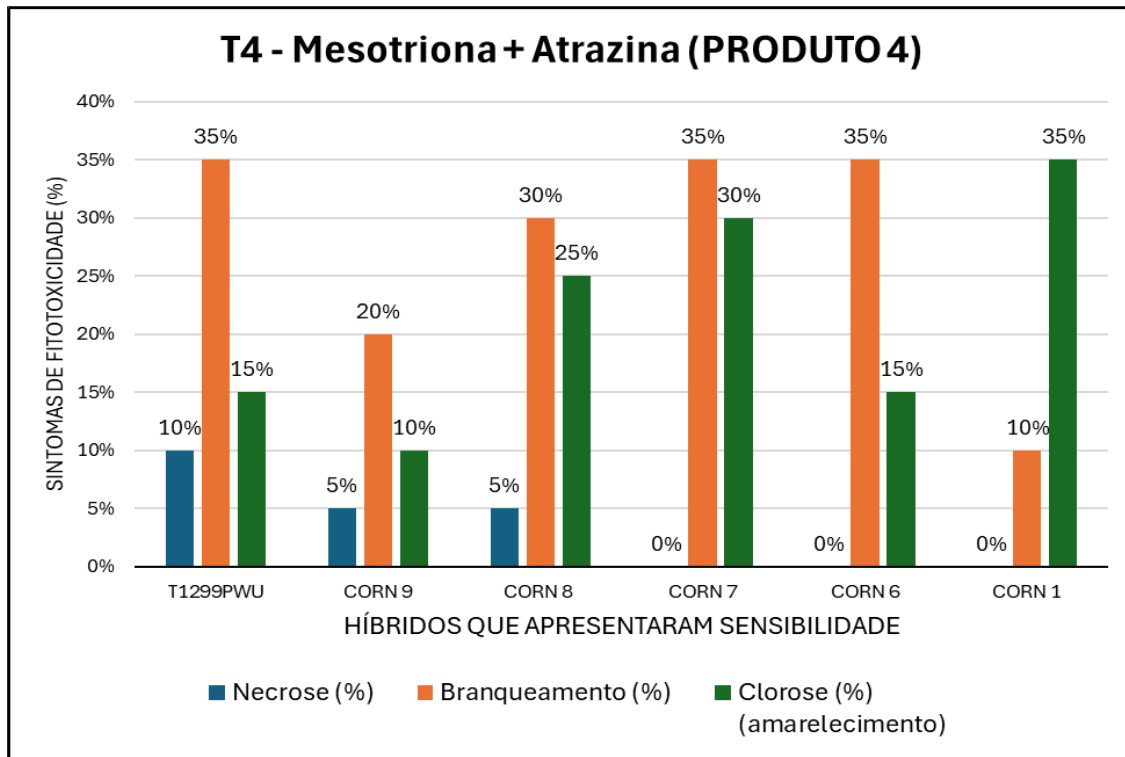


Fonte: O autor (2025).

Nas parcelas dos híbridos T1299PWU e CORN 8 foram observadas lesões necróticas nas folhas, acompanhadas de fotobranqueamento. A mesotriona atuou inibindo a biossíntese de pigmentos carotenóides (Karam, 2004), sendo que esses são essenciais para a proteção da clorofila contra a foto-oxigenação. Neste caso, a deficiência de carotenóides resultou na manifestação de albinismo dos tecidos fotossintéticos (Kruse, 2001). Os sintomas foram caracterizados por redução do crescimento das plantas e pela presença de manchas amareladas na base das folhas.

Já o tratamento T4 utilizou o herbicida Calaris®, composto pelos princípios ativos atrazina (500 g/L; 50% m/v) e mesotriona (50 g/L; 5% m/v). Deste tratamento, cinco híbridos apresentaram sensibilidade visual significativa ao produto (Gráfico 7), sendo: T1299PWU, CORN 1, CORN 6, CORN 7 e CORN 8.

Gráfico 7 – Valores médios da porcentagem de injurias sofridas pelos híbridos que apresentaram fitotoxicidade ao tratamento com o produto Calaris®.



Fonte: O autor (2025).

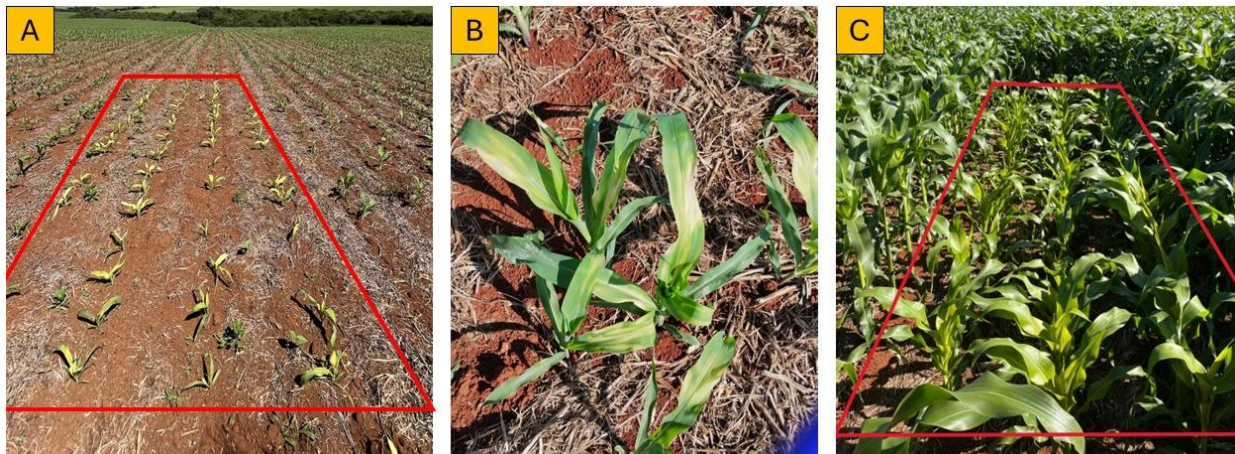
Os resultados foram semelhantes aos observados no T3, evidenciando sintomas característicos de fitotoxidez causada pela mesotriona. Em relação ao efeito da atrazina, a cultura do milho tende a apresentar elevada tolerância a esse herbicida (Dan, 2011). De acordo com Silva e Silva (2007), essa tolerância nas gramíneas está associada à menor absorção foliar, enquanto Marcacci *et al.* (2005) destaca que o citocromo P450 localizado no retículo endoplasmático e na mitocôndria, desempenha papel fundamental na metabolização de substâncias xenofóbicas como os herbicidas em plantas.

Os herbicidas Calaris + Primóleo, pertencentes aos grupos químicos das tricetonas e triazinas, apresentaram as maiores médias de fitotoxicidade nas plantas de milho quando comparados aos herbicidas do grupo das sulfonilureias (Accent e Sanson®) e à testemunha (T5). Diferentemente do observado por Souza (2015), neste estudo os herbicidas do grupo das sulfonilureias resultaram em maiores níveis médios de injúria, o que pode estar relacionado à maior suscetibilidade dos híbridos avaliados a esse grupo químico.

A Figura 2 ilustra três estádios fenológicos dos híbridos e o efeito da injúria durante o desenvolvimento inicial. Os híbridos T1299PWU e CORN 7 apresentaram os maiores níveis de fitotoxidez, especialmente devido ao amarelecimento e ao branqueamento característicos da ação da mesotriona. Os sintomas atingiram aproximadamente 35% de severidade no estágio V5–V6 (Figura 2-B), além de promover redução do porte das plantas (Figura 2-C), influenciada tanto pelos herbicidas quanto por fatores genéticos, quando comparados à testemunha.

Segundo Constantin *et al.* (2006), o milho apresentou recuperação após a aplicação de diferentes herbicidas a partir de 17 dias (DAA), não sendo observados novos sintomas de intoxicação após esse período. Resultados semelhantes foram relatados por Portugal (2003), que verificou recuperação completa da cultura aos 28 DAA em todos os tratamentos, com sintomas visuais praticamente imperceptíveis. De acordo com o autor, essa recuperação está associada às características fisiológicas da planta e às condições meteorológicas favoráveis, que aceleram a metabolização dos herbicidas.

Figura 2. a) Sensibilidade o híbrido T1299PWU já no início do desenvolvimento. b) Efeito da mesotriona causada no híbrido já em fase de V5. c) Parcela do híbrido CORN 7 já em estágio V8.



Fonte: O autor (2025).

Segundo Koeppe *et al.* (2000), o aumento da temperatura estimula os processos de detoxificação de herbicidas, favorecendo maior seletividade da cultura em faixas térmicas entre 25°C e 30°C, enquanto essa capacidade é reduzida sob temperaturas próximas a 10°C. De acordo com dados do Meteoblue (2025), as temperaturas médias

em Ponta Grossa nos meses de setembro, outubro e novembro foram de aproximadamente 24°C, com máximas próximas de 30°C e mínima de 14,3°C.

Na última avaliação, realizada 60 dias após a aplicação (60 DAA), todos os híbridos encontravam-se no estágio V9 e apresentavam completa recuperação dos sintomas de fitotoxicidade, observando-se apenas a senescência natural das folhas basais e adequada sanidade das plantas.

As avaliações do teor de clorofila e da fitotoxicidade visual evidenciaram que os híbridos FS422PWU, T1488PWU, CORN 2, CORN 3, CORN 4 e CORN 5 apresentaram desempenho superior, pois não registraram redução nos teores de clorofila nem manifestaram sintomas significativos de fitotoxidez. Os resultados observados nesses materiais relacionam-se ao uso do sistema SPAD-CFL2060, o qual, segundo Bullock *et al.* (2010), apresenta elevada sensibilidade e variações expressivas de leitura entre híbridos de uma mesma espécie, mesmo quando cultivados sob iguais condições ambientais e com diferentes estruturas anatômicas.

Em contraste, os híbridos CORN 6, CORN 7, CORN 8 e T1299PWU apresentaram sintomas de fitotoxidez em todos os tratamentos avaliados. O híbrido CORN 1 não demonstrou sinais de injúria nos tratamentos T1, T2 e T3, apresentando danos apenas no tratamento com o herbicida Calaris® (T4), com severidade de 20%, sendo classificado como injúria leve. O híbrido CORN 9, por sua vez, apresentou injúrias somente nos tratamentos T3 e T4, ambos compostos pela associação de atrazina com mesotriona.

Conforme a escala da SBCPD (1995), a porcentagem de injúria variou de 5% a 60% considerando o conjunto de híbridos e tratamentos. Em média, os danos observados foram classificados como injúrias moderadas, caracterizadas por redução do crescimento e recuperação lenta, com potencial para ocasionar pequenas reduções de produtividade. Segundo Portugal (2003), reduções na produção de milho podem estar associadas a lesões na área foliar, que diminuem a formação de fotoassimilados, bem como à inibição, em diferentes níveis, de rotas metabólicas essenciais, o que pode aumentar a demanda por nutrientes ou reduzir a síntese de compostos fotossintéticos cruciais para o crescimento e desempenho produtivo da cultura.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que o presente estudo foi conduzido, conclui-se que as combinações de herbicidas avaliadas promoveram o surgimento de injúrias leves a moderadas de fitointoxicação nos híbridos de milho avaliados.

Observou-se desempenho significativo para o fator “híbrido”, especialmente nos materiais com maior teor de clorofila. Os híbridos FS422PWU, CORN 2, CORN 5, CORN 3, T1488PWU, CORN 4, CORN 1 e CORN 9 apresentaram os maiores valores, enquanto CORN 6, CORN 7, T1299PWU e CORN 8 tiveram desempenho inferior.

Os híbridos T1299PWU e CORN 7 foram os que demonstraram maior sensibilidade aos tratamentos avaliados. Em contraste, os híbridos FS422PWU e T1488PWU apresentaram os maiores índices de pigmentação de clorofila e não expressaram sintomas visuais de fitotoxicidade.

6 REFERÊNCIAS

- ACCENT®. Bula / Manual de uso. Curitiba: Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR) – Registro nº 5806, 2024. 17 p. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2024-08/accnt_5806.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.
- ARNHOLD, E.; PACHECO, C. A. P.; CARVALHO, H. W. L. de; SILVA, R. G.; OLIVEIRA JUNIOR, E. A. de. **Produtividade de híbridos de milho em região de fronteira agrícola no nordeste do Maranhão**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 5, n. 4, p. 468-473, 2010
- BIOMATRIX, Sementes. **Glifosato: quando aplicar e outras dúvidas respondidas**. 2021. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/blog/fitossanitario/glifosato/>. Acesso em: 27 set. 2025.
- BULLOCK, D. G.; ANDERSON, D. S. **Avaliação do medidor de clorofila SPAD para o manejo de nitrogênio em milho**. Journal of Plant Nutrition, New York, v. 21, n. 4, p. 741–755, 1998.
- CALARIS® - Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.– **bula completa**. Paulínia, SP: Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., 24 jan. 2025. 24 p. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2025-03/calaris.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.
- CALLISTO® Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.– **bula completa**. Curitiba: ADAPAR, 24 jan. 2025. 19 p. Disponível em:

https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2025-03/callisto.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.

CID, Luis Pedro BARRUETO **Fisiologia vegetal: definições e conceitos** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2017. 65 p. 21 cm x 29,7 cm - (Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 356). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1082840/1/FisiologiaVeg_etalfinal21.pdf. Acesso em: 18 de nov. de 2025.

CONTINI, Elisio *et al.* **Milho: caracterização e desafios tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. (Série Desafios do Agronegócio Brasileiro, NT2). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/342476155>. Acesso em: 05 ago. 2025.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivares de Milho** In: CRUZ, J. C. *et al.* (Ed.). *A Cultura do Milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 159-170.

CRUZ, José Carlos - In memoriam. EMBRAPA Informação Tecnológica. *Milho – Produção*. Agência de Informação Tecnológica. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao>.

Acesso em: 5 ago. 2025.

DAN, H.D. *et al.* **Tolerância do cultivar de milheto ADR-300 ao herbicida atrazine**. *Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 193-198, jan/mar. 2011.

Duke SO. **Perspectivas sobre culturas transgênicas resistentes a herbicidas nos Estados Unidos quase 20 anos após a introdução**. *Pest Manag Sci*. 2015 maio;71(5):652-7. doi: 10.1002/ps.3863. PMID: 25052888.

EMBRAPA Milho. In: *Agropensa – Agro em Dados. Agricultura: grãos*. Brasília: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/agro-em-dados/agricultura/milho>. Acesso em: 5 ago. 2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar - **Sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 1998. 19 p. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ -IAPAR. *Cartas Climáticas do Paraná*. Versão 1.0. 2000.

G.R., SOLA JÚNIOR. L., C. **Seletividade de formulações de nicosulfuron para híbridos de milho em função da época da adubação nitrogenada**. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.9, n.3, p.89-99, set-dez, 2010. Londrina – Paraná.

GUERRA. N., MACIEL. C., D de.G. OLIVEIRA NETO. A., M. POLETINE. J., P., LIMA. G. KARAM, Décio - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho: sistema de plantio direto**. Sete Lagoas, MG, 2004. 13 p. (Circular Técnica, 52). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/488677/1/Circ52.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2025.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L.; OLIVEIRA, M. F. **Plantas Daninhas na Cultura do Milho**. Circular Técnica 79. Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sete Lagoas, MG, 2006. Circ79.p 65 (embrapa.br). Acesso em: 25 de set. de 2025.

KOZLOWSKI, L. A. **Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura**. *Planta Daninha*, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.

KRUSE, N. D. **Inibidores da síntese de carotenóides**. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO Jr., A. (Ed.). *Herbicidologia*. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p. 113–122.

LOPES, Mauricio Antônio *et al.* **PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE MILHO DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO**. CNPMS/EMBRAPA/BRASIL, Sete Lagoas, MG, Brasil Jan,1995. V. 2, p. 2 - 48.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F.2, FANCELLI, A.L.3, DOURADO-NETO, D.3, GARCÍA y GARCÍA, A.2 e CHRISTOFFOLETI, P.J.3. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.3, p.413-419, 2003

MARCACCI, S. *et al.* **O possível papel da hidroxilação na desintoxicação de atrazina em vetiver maduro (*Chrysopogon zizanioides* Nash) cultivado em hidroponia.** *Journal of Bioscience (Jornal de Biociência)*, Laussane, v. 05, n. 60, p. 427-434, jun/set. 2005.

MARKEWELL, J.; NAMUTH, D.; HERNANDES-RIOS, I. **Introdução aos herbicidas que atuam através das fotossínteses.** 2006. Disponível em: <http://plantandsoil.unl.edu/croptechology2005/weed_science/>. Acesso em: 01 nov. 2025.

METEOBLUE. **Tempo histórico modelado para Ponta Grossa (Brasil)** [online]. Disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/pontagrossa_brasil_3453186. Acesso em: 27 ago. 2025.

MORO, F. **Tolerância de genótipos de milho (*Zea mays* L.) ao herbicida nicosulfuron.** 2003. 88 f. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2003.

NETTO, Acácio Gonçalves. **Medidas de controle de plantas daninhas em milho.** 2020. Elaborado por Revista Cultivar. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/medidas-de-controle-de-plantas-daninhas-emmilho>. Acesso em: 29 set. 2025.

NICOLAI, M. *et al.* **Aplicação conjunta de herbicidas e inseticidas na cultura do milho.** *Bragantia*, Campinas, v.65, n.3, p.413-420, jun./set. 2006.

OLIVEIRA, A. A. *et al.* **Resposta de linhagens e híbridos de milho à aplicação de nicosulfuron.** *Revista de Ciências Agrárias*, v. 00, n. 0, p. 040–345, 2018.

PETERSON, D. E.; THOMPSON, C. R.; REGEHR, D. L.; AL-KHATIB, K. **Herbicida modo de ação.** Topeka: Kansas State University, 2001. 24p.

PORTUGAL, L., V. **Fitotoxicidade de herbicidas pós-emergentes em híbridos de milho.** 2013. 53 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção Agropecuária). Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS). Alfenas/MG.

PRIMÓLEO® Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.– **bula completa.** Curitiba: ADAPAR, 01 out. 2024. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2024-11/primoleo.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.

SALTON, F.G.; MORAIS, H.; CARAMORI, P.H. & BORROZZINO, E. Climatologia dos Episódios de Precipitação em Três Localidades no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 626-638, 2016.

SANSON® 40 SC - ISK Biosciences do Brasil Defensivos Agrícolas Ltda.– **bula completa.** Curitiba: ADAPAR, out. 2020. 25 p. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/sanson40sc1020.pdf. Acesso em: 24 nov. 2025.

SEBIM, J.P.M. **Aducação do milho: Guia completo para máxima produtividade.** 2025. **Blog Agroadvance.** Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-adubacao-do-milho/>. Data de acesso: 25 Out 2025.

SILVA, A. A. *et al.* Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. *In:* SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.) **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p.83-148.