

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**EFICÁCIA DO FLORPIRAUXIFENO-BENZÍLICO EM
ASSOCIAÇÃO COM HERBICIDAS NA DESSECAÇÃO
PRÉ-COLHEITA DA SOJA E EFEITO DE HORÁRIOS DE
APLICAÇÃO NA AÇÃO DO DIQUATE**

ESTEFANI KARIANE OLIVEIRA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2026

**EFICÁCIA DO FLORPIRAUXIFENO-BENZÍLICO EM
ASSOCIAÇÃO COM HERBICIDAS NA DESSECAÇÃO PRÉ-
COLHEITA DA SOJA E EFEITO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO
NA AÇÃO DO DIQUATE**

ESTEFANI KARIANE OLIVEIRA

Bacharel em Agronomia

Orientador: PROF. DR. MUNIR MAUAD

Dissertação apresentada a Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

O48e Oliveira, Estefani Kariane

EFICÁCIA DO FLORPIRAUXIFENO-BENZÍLICO EM ASSOCIAÇÃO COM
HERBICIDAS NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA E EFEITO DE HORÁRIOS DE
APLICAÇÃO NA AÇÃO DO DIQUATE [recurso eletrônico] / Estefani Kariane Oliveira. -- 2026.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Munir Mauad.

Coorientador: Paulo Vinicius da Silva.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2026.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Herbicida de contato. 2. Glycine max. 3. Antecipação da colheita. 4. Disponibilidade de luz. I.
Mauad, Munir. II. Silva, Paulo Vinicius Da. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

EFICÁCIA DO FLORPIRAUXIFENO-BENZÍLICO EM ASSOCIAÇÃO COM HERBICIDAS NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA E EFEITO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO NA AÇÃO DO DIQUATE

por

Estefani Kariane Oliveira

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 03/03/2026

Documento assinado digitalmente
gov.br MUNIR MAUAD
Data: 27/05/2026 17:50:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Munir Mauad
Orientador – UFGD/FCA

Documento assinado digitalmente
gov.br BRUNA FERRARI SCHEDENFFELDT
Data: 26/05/2026 15:12:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a. Bruna Ferrari
Schedenffeldt – UFSCar

Documento assinado digitalmente
gov.br LUAN MARLON RIBEIRO
Data: 27/05/2026 10:51:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luan Marlon
Ribeiro – UFGD/FCA

Dedico este trabalho a minha irmã, Daniela da Silva Lemes (*in memoriam*), que durante essa jornada partiu para os braços de Deus. Levarei comigo sempre seu exemplo de força, superação e vontade de lutar pela vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me concedido saúde, força e sabedoria para enfrentar os desafios ao longo dessa caminhada.

Ao meu companheiro, Wesley Gavilan Garcia, dedico um agradecimento especial, pelo apoio incondicional, incentivo constante, por ser meu porto seguro e estar ao meu lado ao longo de toda essa jornada. Sua presença, dedicação e companheirismo incansáveis foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui, sem você nada disso seria possível.

À minha família, Graciela Oliveira da Silva, Maria Vilma de Oliveira da Silva, Cauane Melissa Oliveira Brito, Luiz Cesar Ledesma, Maila Tais Silva Benites, Flávio da Silveira Duarte e Maria Angélica Avalo Gavilan, por todo o apoio e incentivo incondicionais que me permitiram chegar à realização de mais um objetivo. Vocês são meu exemplo de força e determinação.

Aos professores Prof. Dr. Munir Mauad e Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva, pela orientação, paciência e valiosas contribuições que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de crescimento e desenvolvimento profissional.

Ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) e ao diretor do campus Ponta Porã, Izidro dos Santos de Lima Junior, pelo apoio e disponibilização de recursos para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	IX
ABSTRACT	XI
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 A cultura da soja no Brasil: aspectos agronômicos e fisiológicos....	5
2.2 Dessecação pré-colheita na cultura da soja.....	6
2.3 Herbicidas dessecantes.....	8
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
CAPITULO I	19
DIQUATE NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA: INFLUÊNCIA DO HORÁRIO DE APLICAÇÃO NA EFICÁCIA DO HERBICIDA.....	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E METODOS.....	23
2.1 Avaliação de dessecação e desfolha	24
2.2 Determinação do Teor de água - Método da Estufa a 105 ±3 oC ...	25
2.3 Peso de Mil Grãos e Produtividade	25
2.4 Análise Estatística	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4. CONCLUSÃO.....	38
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
CAPITULO II	42
FLORPIRAUXIFENO-BENZÍLICO ISOLADO E EM ASSOCIAÇÃO COM HERBICIDAS NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA	42
RESUMO.....	42
ABSTRACT	43
1. INTRODUÇÃO.....	44
2. MATERIAL E METODOS.....	46
2.1 Avaliação de Desfolha e Dessecação	47
2.2 Avaliação de Condutividade Elétrica.....	48
2.3 Teor de Umidade.....	49
2.4 Peso de mil grãos e Produtividade	49

2.5	Cálculo de Antecipação da colheita em função da testemunha	49
2.6	Análise Estatística	49
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.	CONCLUSÃO	70
5.	CONCLUSÃO GERAL.....	71
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
7.	APÊNDICE A	76
8.	APÊNDICE B.....	77

EFICÁCIA DO FLORPIRAUXIFENO-BENZÍLICO EM ASSOCIAÇÃO COM HERBICIDAS NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA E EFEITO DE HORÁRIOS DE APLICAÇÃO NA AÇÃO DO DIQUATE

RESUMO GERAL

A dessecação pré-colheita da soja é uma prática utilizada para uniformizar a maturação, antecipar a colheita e reduzir riscos de perdas e deterioração, sendo necessária a avaliação de herbicidas quanto ao potencial de dessecação e como a interação com o ambiente impacta em sua eficácia. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do florigiraxifeno-benzílico isolado e em associação com os herbicidas diquate, tifenacil, flumioxazina, glufosinato-sal de amônio, amicarbazona e carfentrazona-etílica na dessecação pré-colheita da cultura da soja, bem como avaliar o efeito de diferentes horários de aplicação na ação do diquate. O trabalho foi conduzido em dois experimentos diferentes, o experimento 1 na safra 2023/24, com delineamento experimental em blocos ao acaso (DBC), com 7 tratamentos e 4 repetições e o experimento 2 na safra 2024/25, em DBC com 8 tratamentos e 4 repetições. No experimento 1 analisou-se o desempenho agrônomo e a dinâmica de ação da luz após aplicação do herbicida diquate em pré-colheita. A dinâmica de ação da luz foi avaliada por meio da aplicação do diquate em diferentes horários do dia, de forma a proporcionar distintos períodos de exposição luminosa após a aplicação. Assim, foram obtidos tratamentos com exposição a 12, 8 e 4 horas de luz e escuro imediatamente após a aplicação, sendo eles T1 – 12 horas de luz (06h20); T2 – 8 horas de luz (10h20); T3 – 4 horas de luz (14h20); T4 – 12 horas de escuro (18h20); T5 – 8 horas de escuro (22h20); T6 – 4 horas de escuro (02h20); e T7 – testemunha sem aplicação, permitindo avaliar o efeito do tempo de exposição luminosa na velocidade de ação do herbicida. No experimento 2, avaliou-se desfolha e dessecação (visual e ImageJ), redução da umidade ao longo dos dias após a aplicação (DAA), condutividade elétrica (CE), peso de mil grãos (PMG) e produtividade, os tratamentos aplicados foram os seguintes: T1 – diquate (0,5 L.ha⁻¹) + florigiraxifeno-benzílico (0,1 L.ha⁻¹); T2 – tifenacil (0,250 L.ha⁻¹) + florigiraxifeno-benzílico (0,1 L.ha⁻¹); T3 – flumioxazina (0,05 L.ha⁻¹) + florigiraxifeno-benzílico (0,1 L.ha⁻¹); T4 – glufosinato-sal de amônio (2,0 L.ha⁻¹) + florigiraxifeno-benzílico (0,1 L.ha⁻¹); T5 – amicarbazona (1,0 L.ha⁻¹) + florigiraxifeno-benzílico (0,1 L.ha⁻¹); T6 – carfentrazona-etílica (0,05 L.ha⁻¹) + florigiraxifeno-benzílico (0,1 L.ha⁻¹); T7 – florigiraxifeno-benzílico isolado (0,1 L.ha⁻¹); e T8 – testemunha sem aplicação. Para os diferentes horários de aplicação do diquate não houve diferença significativa entre os tratamentos, contudo, todos diferiram, significativamente da testemunha quando avaliada a desfolha. Todos os tratamentos proporcionaram dessecação superior a testemunha, atingindo até 100% de dessecação ao final do período avaliado, enquanto a testemunha atingiu um máximo de 93,25%. Para a umidade todos os tratamentos foram superiores a testemunha, onde a aplicação do diquate nos diferentes horários promoveu teor de umidade entre 13% e 16% enquanto a testemunha permaneceu acima de 19%. Os tratamentos com 12, 8 e 4 horas de exposição a luz logo após a aplicação resultaram nos menores teores de umidade (abaixo de 14%) ao final do período avaliado. Os diferentes horários de aplicação não influenciaram a produtividade final da cultura, não havendo diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha. O uso do florigiraxifeno-benzílico, tanto isolado quanto associado aos outros herbicidas, apresentou desempenho superior a testemunha na desfolha e dessecação, porém sem diferenças significativas entre si ao final do período avaliado, contudo, o tratamento T1(diquate+florigiraxifeno-benzílico) atingiu 100% de dessecação e desfolha

em menor tempo quando comparado aos demais tratamentos e a testemunha. Para a umidade todos os tratamentos de herbicidas apresentaram desempenho superior e houve também diferença estatística entre os tratamentos ao final do período avaliado. Os tratamentos T1 (diquate+florpirauxifeno-benzílico), T2 (tiafenacil+florpirauxifeno-benzílico) e T6 (carfentrazone-etílica+florpirauxifeno-benzílico) além de obter as menores taxas de umidade ao final do período avaliado (abaixo de 14%), também apresentaram potencial de adiantar a colheita em até 7 dias em relação a testemunha e 2 dias em relação aos demais tratamentos. Para o peso de mil grãos e produtividade todos os tratamentos foram superiores a testemunha. Conclui-se que as aplicações realizadas em horários com maior período de irradiância após a aplicação promoveram maior redução no teor de umidade dos grãos, sem apresentar impacto na produtividade final. O uso de florpirauxifeno-benzílico associado ao diquate (T1) promove dessecação, desfolha e redução de umidade mais rápida, e juntamente com os tratamentos T2 (tiafenacil + florpirauxifeno-benzílico) e T6(carfentrazone-etílica + florpirauxifeno-benzílico), apresenta potencial de antecipar a colheita em até 7 dias em relação da testemunha, os demais tratamentos antecipam a colheita em até 5 dias em relação a testemunha.

Palavras-chave: Herbicida de contato; *Glycine max*; Antecipação da colheita; Disponibilidade de luz.

EFFICACY OF FLORPYRAUXIFEN-BENZYL IN ASSOCIATION WITH HERBICIDES IN SOYBEAN PRE-HARVEST DESICCATION AND THE EFFECT OF APPLICATION TIMING ON DIQUAT ACTION

ABSTRACT

Pre-harvest desiccation of soybean is a management practice used to standardize maturation, anticipate harvest, and reduce the risk of losses and deterioration, highlighting the need to evaluate herbicides as alternatives to paraquat and to understand how interactions with the environment affect their effectiveness. Thus, the objective of this study was to evaluate the efficiency of florypyruxifen-benzyl applied alone and in association with the herbicides diquat, tiafenacil, flumioxazin, ammonium glufosinate, amicarbazone, and carfentrazone-ethyl in soybean pre-harvest desiccation, as well as to assess the effect of different application times on the performance of diquat. The study was conducted in two distinct experiments. Experiment 1 was carried out during the 2023/24 growing season, in a randomized complete block design (RCBD), with seven treatments and four replications, and experiment 2 was conducted during the 2024/25 growing season, also in RCBD, with eight treatments and four replications. In experiment 1, agronomic performance and the dynamics of light action after pre-harvest application of diquat were evaluated. Light dynamics were assessed by applying diquat at different times of the day in order to provide distinct periods of light exposure following application. Thus, treatments with 12, 8, and 4 hours of light or darkness immediately after application were established, as follows: T1 – 12 hours of light (06:20); T2 – 8 hours of light (10:20); T3 – 4 hours of light (14:20); T4 – 12 hours of darkness (18:20); T5 – 8 hours of darkness (22:20); T6 – 4 hours of darkness (02:20); and T7 – untreated control, allowing the evaluation of the effect of light exposure duration on the speed of herbicide action. In experiment 2, defoliation and desiccation (visual assessment and ImageJ analysis), moisture reduction over days after application (DAA), electrical conductivity (EC), thousand-grain weight (TGW), and yield were evaluated. The applied treatments were as follows: T1 – diquat (0.5 L ha⁻¹) + florypyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T2 – tiafenacil (0.3 L ha⁻¹) + florypyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T3 – flumioxazin (0.05 L ha⁻¹) + florypyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T4 – ammonium glufosinate (0.26 L ha⁻¹) + florypyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T5 – amicarbazone (0.13 L ha⁻¹) + florypyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T6 – florypyruxifen-benzyl applied alone (0.1 L ha⁻¹); T7 – carfentrazone-ethyl (0.6 L ha⁻¹) + florypyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); and T8 – untreated control. For the different diquat application times, no statistical difference was observed between treatments and the control when defoliation was evaluated. All treatments promoted greater desiccation than the control, reaching 100% desiccation at the end of the evaluation period, whereas the control reached a maximum of 93.25%. Regarding grain moisture, all treatments were superior to the control, with diquat applications at different times resulting in moisture contents between 13% and 16%, while the control remained above 19%. Treatments with 12, 8, and 4 hours of light exposure immediately after application resulted in the lowest moisture contents (below 14%) at the end of the evaluation period. Different application times did not influence final crop yield, with no statistical differences observed between treatments and the control. The use of florypyruxifen-benzyl, both alone and in association with other herbicides,

showed superior performance compared to the control in terms of defoliation and desiccation, with no significant differences among treatments at the end of the evaluation period. However, treatment T1 (diquat + florypyruixifen-benzyl) achieved 100% desiccation and defoliation in a shorter time compared to the other treatments and the control. Regarding grain moisture, all herbicide treatments showed superior performance, and significant differences among treatments were observed at the end of the evaluation period. Treatments T1 (diquat + florypyruixifen-benzyl), T2 (tiafenacil + florypyruixifen-benzyl), and T6 (carfentrazone-ethyl + florypyruixifen-benzyl), in addition to achieving the lowest moisture contents (below 14%), also showed potential to anticipate harvest by up to seven days compared to the control and by two days compared to the other treatments. For TGW and yield, all treatments were superior to the control. It is concluded that diquat application times that allow greater exposure to sunlight immediately after application promote greater moisture reduction without affecting final yield. The use of florypyruixifen-benzyl associated with diquat (T1) promotes faster desiccation, defoliation, and moisture reduction, and together with treatments T2 (tiafenacil + florypyruixifen-benzyl) and T6 (carfentrazone-ethyl + florypyruixifen-benzyl), shows potential to anticipate soybean harvest by up to seven days compared to the control, while the other treatments anticipate harvest by up to five days compared to the control.

Keywords: Contact herbicide; *Glycine max*; Harvest anticipation; Light dynamics

INTRODUÇÃO GERAL

A produção da soja (*Glycine max*) representa um dos pilares da agricultura moderna, sendo vital para a segurança alimentar e econômica em escala global. Relatórios da USDA (United States Department of Agriculture) apontam uma produção mundial de 424,2 milhões de toneladas de soja, sendo o Brasil sozinho responsável por cerca de 40% dessa produção (USDA, 2024).

A área plantada de soja no Brasil na safra 2025/26 foi de 48,4 milhões de hectares, com produtividade média estimada de 3,675 kg/ha e produção de 177,9 milhões de toneladas (Conab, 2026). O Mato Grosso do Sul, em uma área plantada de 4,5 milhões de hectares, tem uma produção de mais de 14 milhões de toneladas de soja, sendo o quinto maior produtor de grãos do país, responsável por cerca de 7,6% da produção nacional, com destaque para os municípios de Maracaju-MS e Ponta Porã-MS, que são os municípios com maior produção de soja no estado (Aprosoja, 2025).

A colheita da soja é uma das etapas mais importantes do ciclo produtivo da cultura, onde mesmo sendo a última etapa realizada a campo, ainda assim tem grande domínio no rendimento final. No Brasil, a colheita é realizada de forma mecanizada, contudo, mesmo com o uso de maquinários com alta tecnologia, a perda de grãos nessa etapa ainda é uma realidade presente nas lavouras, existindo diversos fatores que contribuem para essa perda e redução de produtividade (Silva et al., 2023).

Uma das principais dificuldades na colheita da cultura da soja, tais essas que acabam se tornando entraves para o alcance de altas produtividades, é a presença de desuniformidade na maturação da lavoura, onde em uma mesma lavoura existem plantas em diferentes estádios fenológicos. Isso se deve ao fato de que a maioria das cultivares de soja utilizadas no Brasil apresentam hábito de crescimento indeterminado, que significa que o ápice continua emitindo flores e nós mesmo após o início do enchimento de grãos (Moseley et al., 2025).

O manejo durante todo o ciclo da cultura é de suma importância para alcançar altas produtividades, havendo na colheita também a necessidade de máximo rigor, para que a mesma ocorra de maneira a evitar grandes perdas e minimizar os prejuízos. Nesse contexto, otimizar o manejo pré-colheita torna-se essencial para elevar a eficiência produtiva, reduzindo perdas e assegurando qualidade de grãos.

Uma das soluções que vem sendo amplamente empregadas nas lavouras para a resolução desse problema é a dessecação pré-colheita, onde são utilizados herbicidas com

ação dessecante para acelerar o processo natural de senescência das plantas e diminuir a umidade residual, permitindo a antecipação da colheita, redução das perdas e facilitando o manejo da colheita em áreas extensas, contudo, deve-se atentar ao momento de aplicação, pois se aplicado no estágio fenológico incorreto o efeito pode ser reverso, onde ao invés de garantir a produtividade, haverá redução (Botelho et al., 2022).

Entre os herbicidas utilizados com essa finalidade, destacam-se os de contato, cuja ação rápida depende de fatores ambientais e fisiológicos da planta. O diquate, por exemplo, é caracterizado como um dessecante de contato, com ação rápida sobre tecidos verdes, promovendo injúrias oxidativas e colapso celular, o que tende a acelerar a desidratação (dessecação) da parte aérea (Sousa et al., 2025).

Diferentemente dos herbicidas sistêmicos, que são absorvidos e translocados pelos vasos condutores, os herbicidas de contato promovem necrose localizada nos tecidos atingidos, exigindo cobertura adequada e condições externas favoráveis para que sua eficácia seja maximizada (Mendes et al., 2022). Nesse contexto, a luz solar se apresenta como elemento crucial para a ativação e eficiência desses compostos, especialmente no caso dos bupiridílios, grupo ao qual pertence o diquate (Oliveira, A. P. et al., 2022; Oliveira, G. et al., 2022).

A ação do diquate está intrinsecamente associada a processos fotoquímicos. Ao ser absorvido pela planta, o herbicida compete por elétrons na cadeia de transporte fotossintético, desviando-os do fluxo normal de energia e promovendo a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Traxler et al., 2023). Essas moléculas oxidativas causam destruição de membranas celulares, degradação de pigmentos e morte rápida dos tecidos verdes. Entretanto, esse processo depende da intensidade luminosa disponível: em condições de baixa irradiância, a produção de radicais é reduzida, tornando a dessecação mais lenta e menos uniforme. Por outro lado, sob alta luminosidade, os danos são intensificados e a eficácia é potencializada, resultando em senescência acelerada (Oliveira et al., 2022).

A dependência da luz torna o diquate um herbicida particularmente sensível à variação climática. Essa característica também diferencia os bupiridílios de outros herbicidas, como os herbicidas sistêmicos hormonais (como as auxinas sintéticas), cuja atividade não apresenta dependência direta da luz para ativação de seu mecanismo de ação (Barker et al., 2023; Gao et al., 2022).

Assim, compreender a interação entre a disponibilidade de luz e a atividade do diquate é essencial para definir horários e estratégias de aplicação que maximizem a

eficiência da dessecação, especialmente em regiões com alta variabilidade climática. A elucidação do papel da luz nesse processo não apenas fundamenta a escolha correta do momento de aplicação, como também contribui para o avanço de práticas de manejo mais sustentáveis e alinhadas à realidade dos sistemas produtivos de soja no Brasil.

Diferentemente do diquate, cuja ação está diretamente relacionada a processos fotossensíveis e à rápida oxidação de tecidos verdes, o florpiauxifeno-benzílico apresenta ação sistêmica localizada, com efeitos progressivos sobre o metabolismo vegetal (Godar et al., 2025). Trata-se de um herbicida pertencente ao grupo químico dos arilpicolinatos, que atua como um mimetizador de auxina, promovendo desregulação hormonal, crescimento desordenado dos tecidos e colapso fisiológico da planta, levando à senescência acelerada (Plodovisk et al., 2024). Nesse contexto, o florpiauxifeno-benzílico surge como uma alternativa com mecanismo de ação diferente dos desseccantes tradicionais de contato.

Embora estudos recentes tenham demonstrado o potencial do florpiauxifeno-benzílico como ferramenta para dessecação pré-colheita da soja quando aplicado isoladamente (Albrecht et al., 2025), ainda são escassas as informações na literatura científica acerca de sua utilização em associação com outros herbicidas desseccantes. Por outro lado, diversos trabalhos evidenciam que a associação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação pode otimizar a dessecação, a desfolha, o controle do fluxo de plantas daninhas e a antecipação da colheita da soja (Predroso et al., 2021; Albrecht et al., 2024; Altmann et al., 2024). Dessa forma, a avaliação do florpiauxifeno-benzílico em mistura com herbicidas tradicionalmente utilizados na dessecação pré-colheita representa uma lacuna de conhecimento e justifica a realização do presente estudo.

Outros herbicidas como o glufosinato-sal de amônio e novas moléculas têm sido testados em ensaios recentes, com resultados variáveis conforme o estágio fenológico, condições climáticas e formulações aplicadas. Chamma et al. (2023), por exemplo, demonstraram que a aplicação de herbicidas no estágio fenológico correto pode antecipar a perda foliar sem comprometer a qualidade fisiológica das sementes. A eficiência técnica desses produtos e sua interação com o manejo exigem investigação adaptada ao contexto local.

Para as metodologias de avaliação da dessecação, tradicionalmente, utilizam-se escores visuais, como para a percentagem de desfolha ou dano aparente por exemplo, método de baixo custo, porém sujeito a viés humano e baixa resolução espacial. Com o avanço do sensoriamento remoto e da ciência de dados, tem-se tornado recorrente uso de

imagens capturadas por drones (UAV) ou sensores multiespectrais, processadas por softwares ou algoritmos de aprendizado de máquina para estimar parâmetros de desfolha, vigor ou homogeneidade de dessecação (Alves et al., 2024).

No estudo de Alves et al. (2024), imagens RGB (red, green, blue) de UAV (unmanned aerial vehicle - veículo aéreo não tripulado) foram correlacionadas com índices de vegetação e desempenho agrônomico, demonstrando elevado poder preditivo em diferentes fases do desenvolvimento. Entretanto, modelos derivados de UAV por vezes apresentam baixa robustez em condições climáticas extremas ou fora do ambiente de calibração (Blackburn et al., 2025).

A hipótese é de que o herbicida diquate tenha sua ação dessecante potencializada na presença de luz por longos períodos após a aplicação e que a associação do florigaúxifeno-benzílico com outros herbicidas dessecantes de contato apresentem eficácia maior do que sua aplicação isolada.

Sendo assim, integram-se no presente projeto dois eixos complementares de investigação: i) a eficiência de herbicidas na antecipação da colheita; ii) influência dos diferentes horários de aplicação na ação do herbicida diquate.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficiência do florigaúxifeno-benzílico isolado e em associação com os herbicidas diquate, tiafenacil, flumioxazina, glufosinato-sal de amônio, amicarbazona e carfentrazone-etílica na dessecação pré-colheita da cultura da soja, bem como avaliar o efeito de diferentes horários de aplicação na ação do diquate.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja no Brasil: aspectos agrônômicos e fisiológicos

A soja (*Glycine max L.*) é a cultura agrícola de maior importância econômica para o Brasil, visto que o país ocupa, desde 2020, o posto de maior produtor e exportador do grão no mundo, sendo responsável por 40% de toda a soja produzida no mundo (Peng et al., 2026). A cultura da soja possui várias aplicações, sendo amplamente utilizada na alimentação humana e animal, na indústria química, atuando como matéria prima na produção de cosméticos, biodiesel e também na produção de alimentos, como óleo, carne e leite de soja (Madayag et al., 2025).

Na safra 2025/26 a área plantada com a cultura da soja foi de mais de 48 milhões de hectares com uma produção estimada em aproximadamente 178 milhões de toneladas de grãos (Conab, 2026). Em âmbito regional, o Mato Grosso do Sul ocupou a 5ª posição no ranking nacional de produção de soja na safra 2024/2025, apresentando uma produção de 14.202,1 milhões de toneladas e uma área plantada de 4.524,2 milhões de hectares (Conab, 2024).

A soja apresenta estádios fenológicos bem definidos ao longo do seu ciclo, descritos em detalhes na literatura clássica (Martin et al., 2022), contudo, no presente estudo, a ênfase é dada aos estádios R7 e R8, por representar momentos fisiológicos estratégicos para intervenções de manejo pré-colheita, como a dessecação e a colheita em si.

O estágio R7 corresponde ao início da maturidade fisiológica, sendo dividido em três subestádios, o R7.1, que corresponde a até 50% vagens amarelas, o R7.2, onde há entre 50% e 75% de vagens amareladas e o R7.3, onde mais de 75% das vagens já apresentam coloração amarelada ou marrom-palha (Câmara, 2006). O estágio R8 corresponde a maturação plena, onde visualmente cerca de 95% das vagens já possuem coloração marrom, característica de vagem “madura”, contudo, ainda que o estágio R8 seja um marcador biológico, ele não é sinônimo de colheita imediata, sendo necessário acompanhar o teor de umidade dos grãos, que para dar início a colheita deve estar entre 13 e 15% (Martin et al., 2022).

A colheita da soja é o último o processo que ocorre com a cultura ainda a campo, o que não o torna menos importante, pois perdas na etapa de colheita podem afetar consideravelmente a produtividade final. Essas perdas podem ocorrer por diversos fatores, como a má regulação da colheitadeira, velocidade de deslocamento e

principalmente condições climáticas desfavoráveis próximo a data da colheita que causam eventuais atrasos (Vergara et al., 2019).

De acordo com Barbosa et al. (2020) cerca de 4% da produção brasileira de soja são perdidas durante a colheita. Os autores ainda citam que os atrasos na colheita são uma das principais causas de perdas nessa etapa, e ocorrem principalmente devido a condições climáticas inadequadas próximo a data de início, como o excesso de chuva, que por sua vez aumenta a umidade dos grãos e, além de tornar a colheita inviável naquele momento, pode ainda provocar a deterioração dos grãos ainda a campo e causar impacto negativo na qualidade de sementes (Seo et al., 2020).

Outro grande fator limitante para a colheita da soja é a maturação desigual dentro da lavoura, onde é extremamente comum encontrar plantas, que estando em uma mesma área, apresentam diferentes estádios fenológicos, característica essa que pode trazer grandes prejuízos a produção final (Shi et al., 2024). As principais consequências da desuniformidade na maturação da lavoura são o atraso nas operações de colheita e o aumento da dificuldade operacional, onde em um cenário em que haja grãos em diferentes estádios de desenvolvimento, os grãos mais verdes poderão ser danificados ou até mesmo não coletados pela colhedora e os grãos mais secos poderão sofrer maior quebra (Borges et al., 2023).

Além disso, a mistura desses grãos em diferentes estádios fenológicos pode causar alteração na qualidade do produto final, afetando o teor de óleo e proteínas por exemplo (Goufo et al., 2024). Nesse sentido, a prática de dessecação em pré-colheita constitui ferramenta estratégica no manejo da colheita, pois além de uniformizar a lavoura e permite um melhor planejamento da colheita.

2.2 Dessecação pré-colheita na cultura da soja.

A dessecação pré-colheita consiste na aplicação herbicidas dessecantes na lavoura próximo a data de colheita e tem o principal objetivo de uniformizar a maturação das plantas (Assis et al., 2019). A escolha do momento ideal para realizar a aplicação do dessecante deve ocorrer de maneira rigorosa e estratégica, sendo que se realizado antes da planta entrar na etapa de maturidade fisiológica a lavoura poderá sofrer impactos negativos na produção final e na qualidade do grão colhido (Comin, et al., 2019).

A dessecação química da cultura da soja afeta diretamente a fisiologia da planta, exercendo influência em processos como a fotossíntese, metabolismo da planta, transporte de água e nutrientes e enchimento de grãos (Parreira et al., 2023). Os herbicidas

mais utilizados na dessecação pré-colheita atuam promovendo a interrupção de processos fisiológicos essenciais à manutenção do metabolismo vegetal, resultando na rápida perda de funcionalidade dos tecidos vegetativos (Foles et al., 2023; Albrecht et al., 2024)

De modo geral, esses produtos induzem danos celulares que culminam na desorganização estrutural das células, degradação de pigmentos, colapso de membranas e comprometimento da atividade metabólica da planta e como consequência, ocorre a interrupção da translocação de água e nutrientes pelos tecidos vasculares, levando à desidratação acelerada da parte aérea e caracterizando o processo de dessecação da planta (Bagateli et al., 2025).

Essa dessecação, quando realizada da forma correta e no momento ideal, é geralmente benéfica para a colheita, contudo, quando realizada de forma inadequada pode resultar em consequências irreversíveis para a produção final (Chamma et al., 2023). Em áreas de produção de sementes, a dessecação pré-colheita pode preservar a qualidade fisiológica ao impedir que as sementes permaneçam por muito tempo no campo, embora exista o risco de redução de vigor se aplicada precocemente (Silva et al., 2023.)

A dessecação da cultura pode ainda afetar drasticamente o enchimento de grãos e aspectos fisiológicos se for realizada antes do início da maturidade fisiológica, sendo assim, com o objetivo de uniformizar a maturação da lavoura sem que haja prejuízos ao enchimento de grãos, o momento ideal para a aplicação do dessecante é o estágio fenológico R7.3, em que a planta já atingiu seu acúmulo o máximo de matéria seca e vigor, e os grãos já não estão mais ligados a planta e, portanto, a translocação de fotoassimilados para o grão já foi interrompida (Silva et al., 2021).

Um estudo realizado por Marcandalli et al. (2011) mostrou que a aplicação de dessecante influencia a qualidade fisiológica das sementes, onde os tratamentos que receberam aplicação no estágio fenológico R6 apresentaram qualidade fisiológica inferior aos que receberam aplicação nos estádios R7 e R8.

Entre os benefícios da dessecação pré-colheita, destaca-se a redução de perdas durante a etapa, devido ao fato de que o dessecante promove o ressecamento uniforme das plantas, diminuindo a incidência de grãos com diferentes teores de umidade (Chamma et al., 2023), além de antecipar a colheita e auxiliar no controle de plantas daninhas.

Sendo assim, com o manejo correto, a dessecação pré-colheita contribui significativamente para a eficiência da colheita e para a manutenção da qualidade dos grãos, sendo uma ferramenta indispensável em sistemas de produção modernos. Contudo,

estudos adicionais sobre sua interação com variáveis como luminosidade e temperatura podem contribuir para otimizar ainda mais os resultados obtidos.

2.3 Herbicidas desseccantes.

Existem determinadas características que devem ser levadas em consideração no momento da escolha do desseccante, sendo ideais produtos que não deixem residual nos grãos, não interfira nos atributos fisiológicos e ainda, que apresentem amplo espectro de controle de plantas daninhas (Kamphorst e Paulus, 2019; Santos et al., 2023).

A quantidade de herbicidas desseccantes registrados para uso em dessecação pré-colheita da cultura da soja é considerada limitada, isso por que, ainda que o mercado ofereça diversas formulações comerciais, todas são baseadas nas poucas moléculas disponíveis (Santos et al., 2023).

No Brasil, atualmente a dessecação pré-colheita da soja é dominada por esses poucos ingredientes ativos disponíveis, destacando-se entre eles o diquat, o glufosinato-sal de amônio e o saflufenacil (Parreira et al., 2023). No entanto, a busca por novas alternativas e associações tem levado ao estudo de moléculas como o tiafenacil (relativamente novo no Brasil), amicarbazona, e também o uso de herbicidas hormonais como o florpiauxifeno-benzílico, tanto isolados como em associação aos produtos já consolidados no mercado, visando aumentar a eficiência de secagem e o manejo de plantas daninhas no pré-plantio da cultura sucessora (Albrecht et al., 2025; Moura et al., 2024).

O diquate é um herbicida que possui baixa mobilidade na planta, o que resulta em ação predominantemente localizada, tornando-o um herbicida de contato, além disso não apresenta seletividade e é utilizado principalmente para o controle de plantas daninhas de folha larga e recomendado para a dessecação da cultura da soja (Sousa et al., 2023). Por ser um herbicida não seletivo, ele afeta não só as plantas alvo, mas toda a vegetação presente na área. Possui como principal característica a ação rápida, destruindo as células vegetais ao entrar em contato com as partes verdes da planta (Marchi et al., 2008).

Do mesmo modo, o glufosinato-sal de amônio apresenta efeito relativamente rápido e está associado à inibição da enzima glutamina sintetase, que promove o acúmulo de amônia e comprometimento metabólico, resultando em senescência acelerada (Altmann et al., 2024).

Já os herbicidas classificados como inibidores de Protoporfirinogênio oxidase, como a carfentrazona-etílica, a flumioxazina e o tiafenacil,

promovem necrose rápida dos tecidos foliares em decorrência do acúmulo de protoporfirina IX, que gera espécies reativas de oxigênio (EROs) e a subsequente peroxidação lipídica, resultando na queima das folhas e na rápida perda de funcionalidade fotossintética (Marchi et al., 2008).

A amicarbazona, uma inibidora do fotossistema II (FSII), atua interrompendo o fluxo de elétrons na fotossíntese e promovendo estresse oxidativo. No entanto, a expressão dos sintomas pode variar conforme dose, estágio de aplicação e condições climáticas, o que pode refletir em alterações distintas no ritmo de secagem quando comparado aos dessecantes de contato clássicos (Baek et al., 2024).

Já o florpiauxifeno-benzílico é um herbicida seletivo e sistêmico, do grupo químico arilpicolinato, utilizado para o controle de diversas plantas daninhas, especialmente em culturas de soja, arroz e milho (Zambrini et al., 2025). Ele pertence ao grupo dos mimetizadores de auxinas, atuando como um hormônio vegetal sintético para interromper o crescimento.

Para entender o funcionamento do florpiauxifeno-benzílico como dessecante em pré-colheita da soja, é preciso considerar que ele trabalha, fisiologicamente, de maneira diferente dos dessecantes tradicionais citados anteriormente. Albrecht et al., (2025) apontam que diferente dos inibidores de PPO e do FSI, que são "queimadores" rápidos e destroem membranas em 24 a 48 horas, o florpiauxifeno-benzílico é um herbicida sistêmico que atua na desregulação hormonal. Sendo assim, a velocidade de dessecação é lenta, pois o objetivo desse produto não é a morte súbita da planta, mas sim acelerar a senescência natural. Essa característica permite que ele possa ser aplicado em R7.1 sem prejuízo a produtividade e vigor, enquanto os demais herbicidas citados devem ser aplicados somente em R7.3 (Oliveira et al., 2021).

2.4 Fatores que influenciam a eficácia dos herbicidas dessecantes.

Existem uma série de fatores que determinam a eficácia dos herbicidas na dessecação, fatores ligados principalmente a sua translocação, absorção e ação nas plantas. Tais fatores podem ser relacionados a três principais categorias: ao herbicida, ao ambiente e à planta-alvo (Monquero e Silva, 2021). Dentre os fatores relacionados aos herbicidas encontram-se o modo de ação dos herbicidas, formulação e dose.

No que concerne ao modo de ação, herbicidas como o diquate, classificado como inibidores do fotossistema I (FSI), dependem diretamente da luz para gerar espécies reativas de oxigênio (EROs). O principal radical formado, o superóxido, desencadeia a

oxidação de lipídios, promovendo a ruptura das membranas celulares e a subsequente morte dos tecidos vegetais, e devido à natureza desse mecanismo, a ação desses compostos fotossensíveis é significativamente acelerada em condições de alta intensidade luminosa (De Oliveira et al., 2022).

Existem outros compostos com mecanismos de ação distintos, como o glufosinato-sal de amônio, que inibe a enzima glutamina sintetase (GS). Essa inibição promove o acúmulo tóxico de amônia intracelular, e conseqüentemente, a morte celular (Prieto e Borsoi, 2023).

De modo geral, herbicidas com esse perfil de atuação são classificados como de contato, exigindo uma cobertura foliar abrangente e uniforme, uma vez que sua mobilidade na planta é restrita. Em contrapartida, os herbicidas sistêmicos dependem da absorção e translocação via vasos condutores para atingir os sítios de ação distantes do ponto de aplicação, o que confere a eles uma dinâmica de dessecação distinta (Markus et al., 2021). A dose aplicada também é determinante para a eficácia do controle; doses insuficientes configuram subdosagem, o que possibilita a recuperação da planta daninha e favorece a seleção de biótipos resistentes (Portugal e Alcântara, 2024).

Dentre os fatores relacionados ao ambiente está a radiação solar, temperatura, umidade relativa, vento e precipitações após as aplicações. Com relação a radiação solar e como já dito anteriormente, herbicidas de contato apresentam melhor desempenho sob alta luminosidade, pois a luz intensifica a formação dos radicais livres que causam a morte celular, então quando esses produtos são aplicados em dias nublados ou em horários inadequados sua eficácia pode ser reduzida (Oliveira et al., 2022; Ribas et al., 2014; Bruxel et al., 2024).

Já a temperatura influencia diretamente a volatilização do herbicida e a taxa de reação química. As temperaturas altas podem auxiliar aumentando a taxa de dessecação, mas também pode promover a evaporação do produto antes da absorção total (Abu-Nassar et al., 2025). A umidade relativa (UR) atua diretamente sob a absorção, onde em ambientes muito secos a cutícula foliar fica mais espessa, dificultando a penetração do herbicida e o vento por sua vez, é o principal responsável pela deriva, que afeta a deposição de gotas na cultura, resultando em cobertura ineficiente e comprometendo a uniformidade da aplicação (Shiratsuchi e Fontes, 2002).

Outro ponto importante é a ocorrência de chuvas após as aplicações. Alguns herbicidas de contato, como os inibidores da Protox e FSI, precisam de um tempo de secagem para que sejam adequadamente absorvidos, sendo necessário um intervalo de 1

a 2 horas sem chuva após a aplicação, a ocorrência de chuvas nessas horas pode lavar o produto das folhas, resultando na ineficiência (Cieslik et al., 2013).

Dentre os fatores relacionados a planta, destaca-se o estágio fenológico em que a planta se encontra, a morfologia da folha, disponibilidade hídrica, seleção de resistência e manejo anterior. Plantas mais jovens e fotossinteticamente ativas apresentam maior suscetibilidade aos herbicidas dessecantes, já as plantas mais velhas possuem uma estrutura celular mais robusta, e por isso apresentam maior resistência (Albrecht et al., 2013).

A morfologia da folha também pode interferir no processo, onde a presença ou não de cerosidade, pilosidade ou cutículas espessas podem interferir na absorção do produto. As folhas lisas e finas são as que melhor absorvem o herbicida, já as folhas mais espessas podem impedir o contato adequado do produto (Ferreira et al., 2002). A disponibilidade hídrica também apresenta grande importância, pois plantas que se encontram em estresse hídrico geralmente possuem seu metabolismo reduzido, tornando mais difícil a absorção e a translocação de herbicidas sistêmicos.

O uso dos mesmos herbicidas repetidas vezes podem selecionar plantas daninhas resistentes, sendo assim, a rotação de mecanismos de ação é de vital importância para evitar biotipos resistentes (Gazziero et al., 2021). O domínio e conhecimento de todos os fatores abordados acima são essenciais para otimizar e maximizar os resultados na dessecação pré-colheita.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-NASSAR, J.; MATZRAFI, M. Effect of different temperatures on herbicide efficacy for the management of the invasive weed *Solanum rostratum* Dunal (Family: Solanaceae). **Plants (Basel)**, v. 14, n. 4, p. 574, 13 fev. 2025. DOI: 10.3390/plants14040574.

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; MIGLIAVACCA, R. A. et al.. Florpyrauxifen-benzyl: a new chemical group for use in preharvest soybean desiccation. **International Journal of Plant Production**, v. 19, n. 2, p. 313-322, mar. 2025. DOI: 10.1007/s42106-025-00335-5

ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; LORENZETTI, J. B.; SILVA, A. F. M.; YOKOYAMA, A. S.; KOSINSKI, R.; MILLEO, R.; KATAKURA, M.. Alternative herbicides to paraquate in pre-harvest desiccation of soybean plants. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 23, n. 2, p. 196–202, 2024. DOI: 10.5965/223811712322024196.

ALBRECHT, L. P.; KRENCHINSKI, F. H.; PLACIDO, H. F.; BOMM, M. A. R.; KUNZ, V. L.; KORBER, H. C.; BIELER, R. R. Dessecação de canola em diferentes pontos de maturação das siliquis. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 143-150, 2013.

ALTMANN, H. M.; MOREIRA, D. G.; ADAMSKI, J. L.; ANTONOWISKI, M.; POTELICKI, V. A.; FIGURA, S. Effect of Carfentrazone-etílica associated with Diquate and glufosinate on pre-harvest desiccation of soybean. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 23, n. 1, p. 18-22, 2024. DOI: 10.5965/223811712312024018. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/24207>.

ALVES, A. K. S. et al. High throughput phenotyping in soybean breeding using RGB image vegetation indices based on drone. **Scientific Reports**, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-83807-4>.

ASSIS, M. O.; ARAUJO, E. F.; FREITAS, F. C. L.; SILVA, L. J.; ARAUJO, R. F. Pre-harvest desiccation in productivity and physiological quality of cowpea seeds. **Planta Daninha**, v. 37, 2019.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DE MATO GROSSO DO SUL – APROSOJA/MS; SISTEMA FAMASUL. Circular 611: Produtividade da soja na safra 2024-2025 (Boletim semanal Casa Rural – Agricultura, 03 jun. 2025). Campo Grande, MS: Aprosoja/MS & Sistema Famasul, jun. 2025.

Baek, S.-H.; Kim, Y.; Kim, S.; Park, H.-C. Neurotoxicity Assessment of Amicarbazona Using Larval Zebrafish. **Toxics**, Basel, v. 12, n. 11, p. 783, 28 out. 2024.

BAGATELI, J. R. et al.. Pre-harvest desiccation strategies in soybean genotypes with contrasting maturation: effects on seed physiological quality and longevity. **Journal of Seed Science**, v. 47, p. e202547026, 2025.

BARBOSA, E.J.A.; MOLETA, D.R.; VELHO, J.P.; COSTA FILHO, J.; COSTA, N.L. Pre-harvesting, harvesting, and transport of soybean to Brazilian ports: bioeconomic losses. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 9, n. 5, p. e7878, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7878. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/7878>.

BARKER, A. L.; PAWLAK, J.; DUKE, S. O.; BEFFA, R.; TRANEL, P. J.; WUERFFEL, J.; YOUNG, B.; PORRI, A.; LIEBL, R.; APONTE, R. D. Mode of action, resistance mechanisms, and plan of action for sustainable use of Group 14 herbicides. *Weed Science*, v. 71, n. 3, p. 173-188, maio 2023. DOI: 10.1017/wsc.2023.15. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/discovery-mode-of-action-resistance-mechanisms-and-plan-of-action-for-sustainable-use-of-group-14-herbicides/697D6AA03D38616EA6BED19EE8ACF4ED>.

BLACKBURN, R. C.; ALLINGTON, G.; MOTZER, N.; MUNSON, S. M.; HUANG, Q. UAV-derived models of vegetation characteristics do not transfer to extreme drought and wet conditions across a northern Arizona landscape. *Landscape Ecology*, [S. l.], v. 40, art. 59, 07 mar. 2025. DOI: 10.1007/s10980-025-02064-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-025-02064-6>.

BORGES, G. T. de O. M.; COMPAGNON, A. M.; ROSA NETO, N. D.; BARCELOS, M. R. V.; SILVA, W. de S. Perdas quantitativas na colheita mecanizada de soja em função das regulagens internas da máquina. *Científica Multidisciplinary Journal*, v. 10, n. 1, p. 1–11, 2023. DOI: 10.37951/2358-260X.2023v10i1.6531. Disponível em: <https://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/cientifica/article/view/6531/4772>

BOTELHO, F. M.; SCHOPF, P. A.; RAMOS JUNIOR, E. U.; SOUZA, I. P.; BOTELHO, S. C. C. Épocas de dessecação nos atributos pós-colheita de grãos de soja. *Agrarian*, [S. l.], v. 15, n. 55, p. e15683, 2022. DOI: 10.30612/agrarian.v15i55.15683. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/15683>.

BRUXEL, A.; ZUCK, E. M.; BORSOI, A.. Manejo de plantas daninhas com glufosinato de amônio em diferentes tempos de exposição à luz após a aplicação. *Cultivando o Saber*, Cascavel, v. 16, n. 2, p. 258–264, 2024. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1307/1132>.

CÂMARA, G. M. de S. Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. *Visão Agrícola*, Piracicaba, n. 5, p. 63, jan./jun. 2006. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va05-planta-e-ambiente01.pdf>

CHAMMA, L.; SILVA, G. F. d.; PERISSATO, S. M.; ALIEVI, C.; CHAVES, P. P. N.; GIANDONI, V. C. R.; CALONEGO, J. C.; SILVA, E. A. A. Does forced plant maturation by applying herbicide with desiccant action influence seed longevity in soybean? *Plants*, v. 12, n. 15, art. 2769, 2023. DOI: 10.3390/plants12152769.

CIESLIK, L. F.; VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Fatores ambientais que afetam a eficácia de herbicidas inibidores da ACCase: revisão. *Planta Daninha*, v. 31, n. 2, p. 483-489, abr. 2013.

COMIN, R. C.; MENEGHELLO, G. E.; FRABCI=O, J. J.; LEVIEN, A. M.; KEHL, K.; COMIN, J. C. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas à dessecação em

pré-colheita. **Colloquium Agrariae**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 112-120, 2019. ISSN 1809-8215.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 6 (sexto levantamento), mar. 2024.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 5º Levantamento – Safra 2025/26**. Brasília, DF: Conab, fev. 2026. v. 13, n. 5. ISSN 2318-6852.

DE OLIVEIRA, G. M. P.; OLIVEIRA, H. C.; SILVA, M.; DALAZEN, G. Control of volunteer corn as a function of light restriction periods after Diquate application. **Revista Caatinga**, v. 35, n. 2, p. 299-307, 2022.

FERREIRA, E. A.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, E. A. M.; SILVA, A. A.; RUFINO, R. J. N. Estudos anatômicos de folhas de plantas daninhas: I - *Nicandra physaloides*, *Solanum viarum*, *Solanum americanum* e *Raphanus raphanistrum*. **Planta Daninha**, v. 20, n. 2, p. 159-167, 2002.

FOLES, W. C. S.; DE OLIVEIRA, K. C. L.; POSSAMAI, A. C. S.; FRANZ, G. M.; DIPPLE, F. L. Tecnologias de resistência a herbicidas na soja (*Glycine max* L. Merrill): revisão bibliográfica. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 6, 2023. DOI: 10.36560/16620231744. Disponível em: <https://scientificelectronicarchives.org/index.php/SEA/article/view/1744>

GAO, Y.; LI, J.; SHEN, G.; TIAN, Z. Differences in the mode of action of florpyrauxifen-benzyl between barnyardgrass and yerbadetajo. **Agronomy, Basel**, v. 12, n. 11, p. 2656, 27 out. 2022. DOI: 10.3390/agronomy12112656. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/11/2656>

GAZZIERO, Dionisio Luiz Pisa; BRIGHENTI, Alexandre Magno; VOLL, Elemar. Resistência de plantas daninhas. **Agência de Informação Tecnológica em Agricultura – Embrapa**, 08 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-de-plantas-daninhas/resistencia-de-plantas-daninhas>.

GODAR, A. S.; NORSWORTHY, J. K.; BARBER, L. T. Corn tolerance to florpyrauxifen-benzyl rates and its mixture with atrazine and mesotrione. **Frontiers in Agronomy**, v. 7, art. 1535148, 07 fev. 2025. DOI: 10.3389/fagro.2025.1535148. Disponível em: https://www.frontiersin.org/journals/agronomy/articles/10.3389/fagro.2025.1535148/full?utm_source=chatgpt.com

KAMPHORST, A.; PAULUS, C. Herbicidas para dessecação pré-colheita em soja como alternativa em substituição ao paraquat. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, edição especial, p. 54–62, 2019. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/969/890>.

GOUFO, P.; KLÜVER, R. W.; CERRUDO, A.; NAEVE, S. L. Insights into management and physiological determinants of lowest pod height in soybean. **Agronomy Journal**, v. 116, p. 3191–3204, Oct. 2024. DOI: 10.1002/agj2.21702.

MADAYAG, J. V. M.; DOMALANTA, M. R. B.; MAALIHAN, R. D.; CALDONA, E. B. Valorization of extractible soybean by-products for polymer composite and industrial applications. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 13, n. 2, art. 115703, 2025. DOI: 10.1016/j.jece.2025.115703. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343725003987>

MARCANDALLI, L. H.; LAZARINI, E.; MALASPINA, I. C. Épocas de aplicação de dessecantes na cultura da soja: qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 241–250, 2011.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2008. (Documentos, 227). ISSN 1517-5111. Disponível em: <https://infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/571939/1/doc227.pdf>.

MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja. Santa Maria: **Editora GR**, 2022. 528 p. ISBN 978-65-89469-57-5.

MARKUS, C.; BARROSO, A. A. M.; DALAZEN, G.; RONCATO, E.; MEROTTO JÚNIOR, A. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Matologia: Estudos sobre plantas daninhas**. Editora Fábrica da Palavra, Jaboticabal, p. 324-364, 2021.

MENDES, K. F.; SILVA, A. A.; MIELKE, K. C.. Classificação, seletividade e mecanismos de ação de herbicidas. **Plantas Daninhas: Herbicidas**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2022.

MONQUERO, P. A.; SILVA, P. V. d. Comportamento de herbicidas no ambiente. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**, p. 253-294, 2021.

MOSELEY, D.; CASTEEL, S.; CONLEY, S.; HOLSHOUSER, D.; LEE, C.; LICHT, M. A.; LINDSEY, L. E.; KANDEL, H.; KLEINJAN, J.; KNOTT, C.; NAEVE, S.; NAFZIGER, E.; PLUMBLEE, M.; ROSS, J.; SINGH, M.; VANN, R.; ORTMEIER-CLARKE, H. J. *The soybean growth cycle: important risks and management strategies*. **Crop, Forage & Turfgrass Management**, v. 11, n. 2, p. e70086, 2025.

MOURA, J. V. O.; MEDEIROS, E. S.; SILVA, P. V.; SCHEDENFFELDT, B. F.; MONQUERO, P. A.; SILVA, G. P.; MAUAD, M.; BORGES, R. P. P. N.; FRANÇA, N.; SALMAZO, P. A. V.; MONTEIRO, M. S.; MASETTO, T. E. Herbicides in pre-harvest desiccation of X-Tend soybean. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 32, n. 2, p. 171-180, 2024. DOI: 10.17957/IJAB/15.2190. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/381559243_Herbicides_in_Pre-harvest_Desiccation_of_X-Tend_Soybean.

OLIVEIRA, A. P. A.; COSTA, A. C.; CRISPIM FILHO, A. J.; FREITAS, D. A. C.; SILVA, K. L. F. Respostas fisiológicas e morfoanatômicas de *Bowdichia virgilioides*

Kunth (Fabaceae) submetidas ao herbicida paraquat. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 3, p. 1–21, 2022. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2022v15n3e941>.

OLIVEIRA, G. M. P. de; OLIVEIRA, H. C. de; SILVA, M. A. A.; DALAZEN, G. Control of volunteer corn as a function of light restriction periods after diquate application. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 2, p. 327–334, 04 abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n206rc>. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/9623>

OLIVEIRA JR., R. S. de; BIFFE, D. F.; MACHADO, F. G.; SILVA, V. F. V. Mecanismos de ação de herbicidas. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**, p. 170-204, 2021.

PARREIRA, M. L.; CÔRREA, F. R.; SILVA, N. F. da; CAVALCANTE, W. S. da S.; RIBEIRO, D. F.; RODRIGUES, E. Herbicidas com potencial para dessecação de área em pré-semeadura da cultura da soja. **Brazilian Journal of Science**, [S. l.], v. 2, n. 6, p. 46–59, 2023. DOI: 10.14295/bjs.v2i6.271. Disponível em: <https://periodicos.cerradopub.com.br/bjs/article/view/271>

PEDROSO, R. M.; DOURADO NETO, D.; AVILA NETO, R. C.; VICTORIA FILHO, R. Biological and economic efficiency of glyphosate-containing herbicide mixtures for pre-plant burndown control of *Conyza* spp. **Weed Control Journal**, v. 20, art. e202100747, 2021. DOI: 10.7824/wcj.2021;20:00747. Disponível em: <https://www.weedcontroljournal.org/article/biological-and-economic-efficiency-of-glyphosate-containing-herbicide-mixtures-for-pre-plant-burndown-control-of-conyza-spp/>.

PENG, D.; ZHANG, H.; ZHANG, Y.; YU, L.; CHEN, M.; CHEN, J. M.; YOU, L.; LI, P.; LIU, J.; ZHANG, X.; ARVOR, D.; KUCHLER, P.; HUANG, J.; ZHANG, H.; HAO, P.; HUANG, J.; SHI, Z.; WANG, F.; SONG, K.; PEI, Z.; ZHANG, B. Global soybean trade dynamics: Drivers, impacts, and sustainability. **The Innovation**, v. 7, n. 2, art. 101124, 2026. DOI: 10.1016/j.xinn.2025.101124. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666675825003273>

PLODOVISKI, G. C.; GORCHACOSKI, A. P. da S.; MURMEL, G. F. B.; AGUIAR, E. D.; PEREIRA, A. B.; CECHIN, J. Efeito residual de herbicidas auxínicos aplicados na pré-semeadura da linhaça dourada para manejo de plantas dicotiledôneas. **Revista Delos**, [S. l.], v. 17, n. 61, p. e2601, 2024. DOI: 10.55905/rdelosv17.n61-061. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/2601>.

PORTUGAL, J. M. de; ALCÂNTARA-DE LA CRUZ, R. Resistência adquirida: por que deixam de funcionar os herbicidas. Jaboticabal, SP: **Instituto Politécnico de Beja**; Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão (FUNEP), 2024. 59 p. ISBN 978-989-9175-06-8.

PRIETO, F. L.; BORSOI, A. Dessecação pré colheita da cultura do sorgo granífero com diquat e glufosinato. **Revista Cultivando o Saber**, p. 66-77, 2023.

RIBAS, A. V.; PAGNONCELLI JR., F.; FIPKE, M. V.; QUEIROZ, A. R. S. de; BITTENCOURT, H. V. H.; TREZZI, M. M.. Fatores ambientais que afetam a eficácia de

glifosato: síntese do conhecimento. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 24, p. 43–52, jan./dez. 2014.

SANTOS, W. F.; HORVATHY NETO, A.; SILVA, A. G. da; BRACCINI, A. L.; BRAZ, G. B. P.; JAKELAITIS, A.; PERINI, A. Performance de herbicidas na dessecação pré-colheita de cultivares de soja. **Weed Control Journal**, v. 22, p. 92–102, 2023. DOI: 10.7824/wcj.2023.92e202300777. Disponível em: https://www.weedcontroljournal.org/wp-content/uploads/articles_xml/2763-8332-wcj-22-e202300777/2763-8332-wcj-22-e202300777.pdf.

SHI, W.; LI, Y.; ZHANG, W.; YU, C.; ZHAO, C.; QIU, J. Monitoring and zoning soybean maturity using UAV remote sensing. **Industrial Crops and Products**, v. 222, pt. 1, art. 119470, 15 dec. 2024. DOI: 10.1016/j.indcrop.2024.119470. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666902401447X>.

SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A. **Tecnologia de aplicação de herbicidas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 30 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 78).

SILVA, A. R.; SCARAMAL, A.; GOMES, G. R.; MACHINESKI, G. Dessecação química da soja em diferentes estádios fenológicos para antecipação da colheita. **Uniciências**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 125–129, 2021. DOI: 10.17921/1415-5141.2021v25n2p125-129. Disponível em: <https://uniciencias.pgsscogna.com.br/uniciencias/article/view/9591>.

SILVA, G. F.; CHAMMA, L.; LUPERINI, B. C. O.; CHAVES, P. P. N.; CALONEGO, J. C.; NAKAGAWA, J.; SILVA, E. A. A. Physiological quality of soybean seeds as a function of soil management systems and pre-harvest desiccation. **Agronomy**, v. 13, n. 3, art. 847, 2023. DOI: 10.3390/agronomy13030847.

SILVA, W. de S.; COMPAGNON, A. M.; BARCELOS, M. R. V.; ROSA NETO, N. D.; BORGES, G. T. O. M. Colheita mecanizada de soja em função da plataforma de corte em área com e sem dessecação. **Científica Multidisciplinary Journal**, v. 10, n. 1, p. 1–9, 2023. DOI: 10.37951/2358-260X.2023v10i1.6423. Disponível em: <https://cientifica.editoracubo.com.br/>.

SOUSA, C. H. C.; ZUFFO, A. M.; MEZZOMO, R.; BARROZO, L. M.; STEINER, F.; EL-TAYEB, M. A.; ABDELGWAD, H.; ALVES, C. Z.. Physiological and sanitary quality of soybean seeds in response to harvest delay. **Revista Ciência Agronômica**, v. 56, p. 1–8, 2025. DOI: 10.5935/1806-6690.20250033. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/8hRPkJRtRr5v5zg4FN3Wwqz/?format=html&lang=en>.

SOUSA, U. V.; CORRÊA, F. R.; SILVA, N. F. da; SILVA C. W. S.; RIBEIRO, D. F.; RODRIGUES, E. Interaction of tank mix between diquat and glyphosate herbicides in desiccation of fallow land. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 2, p. 61–70, 2023. DOI: 10.14295/bjs.v2i2.264. Disponível em: <https://periodicos.cerradopub.com.br/bjs/article/view/264/150>.

SOUSA, N. T.; MARTINS, K. V. Qualidade fisiológica de sementes de soja com e sem incidência de *Cercospora kikuchii*. **Revista Cerrado Agrocências**, v. 14, p. 27–34, 2023.

TRAXLER, C.; GAINES, T. A.; KÜPPER, A.; LUEMMEN, P.; DAYAN, F. E. The nexus between reactive oxygen species and the mechanism of action of herbicides. **Journal of Biological Chemistry**, v. 299, n. 11, p. 105267, 2023.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Soybean Production 2024 (Crop Production 2024 Summary)*.

VERGARA, R. et al.. Harvest delay, storage and physiological quality of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 506-513, out. 2019.

ZAMBRINI, C. I.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; MIGLIAVACCA, R. A.; SILVA, A. F. M.; ZOBIOLE, L. H. S. Eficácia do florpírauxifeno-benzil e outros herbicidas no controle de *Commelina benghalensis*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 72, e72012, 2025. DOI: 10.71252/2177-3491.2025v72e72012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcceres/a/Pdv8cLxWG39SxBjDC5T6sbF/?format=html&lang=en>

CAPITULO I

DIQUATE NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA: INFLUÊNCIA DO HORÁRIO DE APLICAÇÃO NA EFICÁCIA DO HERBICIDA

RESUMO

O diquate, um herbicida de contato e não seletivo, é amplamente utilizado na dessecação pré-colheita da soja, pratica essa que visa uniformizar a maturação na lavoura, facilitando assim o processo. A eficácia do diquate pode ser influenciada pela quantidade de luz incidente na área após a aplicação, pois ele depende de processos fotossensíveis. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de diferentes horários de aplicação na ação do diquate. O experimento foi realizado na safra 2023/24, com delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com 7 tratamentos (sendo uma testemunha) e 4 repetições. O produto utilizado no experimento foi o Reglone® (diquate), que foi aplicado em 6 horários distintos, assim, foram obtidos tratamentos com exposição a 12, 8 e 4 horas de luz e escuro imediatamente após a aplicação, sendo eles T1 – 12 horas de luz (06h20); T2 – 8 horas de luz (10h20); T3 – 4 horas de luz (14h20); T4 – 12 horas de escuro (18h20); T5 – 8 horas de escuro (22h20); T6 – 4 horas de escuro (02h20); e T7 – testemunha sem aplicação. Avaliou-se desfolha e dessecação (visual e ImageJ), redução da umidade ao longo dos dias após a aplicação (DAA), peso de mil grãos (PMG) e produtividade. Para a desfolha, os diferentes horários de aplicação não apresentaram diferenças significativas entre si, porém, todos apresentaram resultados superiores da testemunha. Todos os tratamentos atingiram 100% de dessecação ao final do período avaliado, sendo estatisticamente superiores a testemunha, que atingiu um máximo de 93,25% de dessecação. A umidade variou ao longo dos dias, com diferenças evidentes a partir do 3 DAA e todos os tratamentos foram superiores a testemunha. Os tratamentos que receberam 12h, 8h e 4h de exposição a luz logo após a aplicação resultaram em teores de umidade mais baixos ao final do período avaliado, ficando abaixo de 14%, enquanto a testemunha permaneceu acima de 19%. Os diferentes horários de aplicação não influenciaram a produtividade final da cultura, não havendo diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha. Conclui-se que os horários de aplicação do diquate que permitem maior exposição a luz solar logo após a aplicação (12h, 8h e 4h de exposição) promovem maior redução de umidade, sem apresentar impacto na produtividade final da cultura.

Palavras-chave: Fotossistema I; Processos fotossensíveis; Eficiência de herbicidas.

DIQUAT IN PRE-HARVEST DESICCATION OF SOYBEANS: INFLUENCE OF APPLICATION TIME ON HERBICIDE EFFICACY ABSTRACT

ABSTRACT

Diquat, a non-selective contact herbicide, is widely used for pre-harvest desiccation in soybean, a practice aimed at uniform crop maturation and facilitating harvest operations. The effectiveness of diquat may be influenced by the amount of light incident on the area after application, as its action depends on photosensitive processes. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of different application times on the performance of diquat. The experiment was conducted during the 2023/24 growing season using a randomized complete block design with seven treatments and four replications. The product used was Reglone® (diquat), applied at six different times, resulting in treatments with 12, 8, and 4 hours of light or darkness immediately after application: T1 – 12 hours of light (06:20); T2 – 8 hours of light (10:20); T3 – 4 hours of light (14:20); T4 – 12 hours of darkness (18:20); T5 – 8 hours of darkness (22:20); T6 – 4 hours of darkness (02:20); and T7 – untreated control. Defoliation and desiccation (visual assessment and ImageJ analysis), grain moisture reduction over days after application (DAA), thousand-grain weight (TGW), and yield were evaluated. No significant differences were observed among application times for defoliation. For desiccation, all treatments reached 100% desiccation at the end of the evaluation period and were statistically superior to the control, which reached a maximum of 93.25%. Grain moisture decreased over time, with differences becoming evident from 3 DAA onward, and all treatments showed lower moisture compared to the control. Treatments receiving 12, 8, and 4 hours of light exposure immediately after application resulted in lower final grain moisture levels (below 14%), whereas the control remained above 19%. Application time did not influence final crop yield, with no statistical differences observed among treatments and the control. It can be concluded that application times allowing greater exposure to sunlight immediately after treatment enhance moisture reduction without negatively affecting final crop yield.

Keywords: Photosystem I; Photosensitive processes; Herbicide efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A dessecação pré-colheita da soja (*Glycine max* L.) é uma prática amplamente utilizada para uniformizar a maturação das lavouras, reduzir a umidade dos grãos e facilitar a colheita, proporcionando maior eficiência operacional e menor degradação da qualidade dos grãos (Bellaloui, 2020).

Essa prática é principalmente utilizada em regiões com sistema de cultivo de milho safrinha, onde geralmente o tempo entre a colheita da soja e o plantio do milho é relativamente curto (Borges et al., 2024). Muitos produtores ainda usam essa prática para adiantar ao máximo o plantio do milho safrinha e conseqüentemente sua colheita, com o intuito fundamental de evitar que a cultura seja acometida por geadas incidentes, que apresentam grande potencial de danos a produção em determinadas regiões (Magalhães et al., 2020).

Entre os herbicidas utilizados para a dessecação na cultura da soja, destaca-se o diquate por sua ação rápida de contato, que promove a dessecação dos tecidos vegetais e acelera o processo de maturação fisiológica das plantas (Carmo et al., 2023).

O diquate é um herbicida não seletivo, de contato que atua por interferência nos processos fotossintéticos, promovendo a formação de radicais livres que causam a destruição das membranas celulares e a morte dos tecidos foliares (Oliveira et al., 2022). No entanto, sua eficácia pode ser influenciada por diversos fatores, como a dose aplicada, estágio fenológico da cultura, condições ambientais e interação com a radiação solar (Menegazzo et al., 2021).

A luz solar é um fator crítico para a ação dos bipiridílios, grupo químico do diquate, pois intensifica a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), impulsionando os danos celulares e acelerando a senescência dos tecidos tratados (Traxler et al., 2023). Assim, a disponibilidade de luz após a aplicação do diquate pode determinar a velocidade e a intensidade da dessecação da cultura. Situações de baixa incidência luminosa, como dias nublados ou sombreamento na lavoura, podem reduzir a eficácia do herbicida e comprometer o processo de dessecação (Magalhães et al., 2018; Oliveira et al., 2022).

Apesar da importância da luz na ação do diquate, ainda não há muitos estudos sistemáticos que evidenciem o impacto da intensidade luminosa sobre a eficácia desse herbicida na soja. Compreender essa interação pode ser essencial para a otimização da dessecação pré-colheita, a fim de garantir maior uniformidade da maturação e maximizar

a eficiência do herbicida. O uso correto do diquate em condições ideais pode contribuir para a redução de resíduos nos grãos e minimizar impactos ambientais (Silva et al., 2022).

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência do horário de aplicação do diquate na dessecação pré-colheita da soja, analisando sua eficácia em diferentes horários de aplicação, com diferentes quantidades de horas de exposição a luz e ao escuro imediatamente após a aplicação. A hipótese central é que a maior disponibilidade de luz após a aplicação potencializa a ação do herbicida, resultando em uma dessecação mais rápida e eficiente.

2. MATERIAL E METODOS

O experimento foi desenvolvido na fazenda experimental de ciências agrárias (FAECA) da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, localizada no município de Dourados – MS, nas coordenadas geográficas: 22° 14' de latitude sul e 54° 49' de longitude oeste. A elevação da área é de 455 m acima do nível do mar. O clima da região é classificado como Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual é 22,7 °C (Fietz et al., 2024). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa (Santos et al., 2018). O experimento foi conduzido durante a safra 2023/24.

A cultivar utilizada no experimento foi M6410 IPRO com grupo de maturação 6.4 e hábito de crescimento indeterminado. A biotecnologia Intacta RR2 PRO® (IPRO), confere tolerância ao herbicida glifosato e proteção contra as principais lagartas da cultura, como a lagarta-da-soja e a falsa-medideira. A semeadura ocorreu no dia 08 de novembro de 2023, a densidade de semeadura adotada foi de 12 sementes por metro linear, com população aproximada de 266 mil plantas por hectare, com espaçamento de plantio de 0,45 m.

O solo da área foi preparado para o sistema de semeadura direto na palha, abrangendo as etapas de dessecação pré-semeadura e semeadura direto na palha. As sementes utilizadas receberam tratamento com fungicida e inseticidas na dose recomendada via bula para 100 kg⁻¹ de sementes com os seguintes princípios ativos: piraclostrobina, tiofanato metílico e fipronil. Além disso, foi realizada adubação de semeadura com formulado NPK de acordo com a necessidade da área indicada por análise de solo realizada anteriormente a instalação do experimento.

O experimento foi conduzido utilizando um delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com 7 tratamentos (sendo 6 tratamentos de herbicida e 1 testemunha sem aplicação do herbicida) e 4 repetições, totalizando 28 unidades experimentais, com cada unidade experimental contendo 15m² (3x5 m) com no mínimo 6 linhas de soja.

O produto utilizado nos tratamentos foi o Reglone® (diquate) na dose de 400 g i.a.ha⁻¹, conforme indicação da bula, sendo aplicado em 6 horários distintos, sendo eles as 06:20 h, 10:20 h, 14:20 h, 18:20 h, 22:20 h e 02:20 h para a obtenção de 12 h, 8h e 4 horas de luz e 12 h, 8 h e 4 horas de escuro, respectivamente.

As aplicações do herbicida foram realizadas no estágio fenológico R7.3 (conforme indicação da bula) e foram realizadas utilizando um pulverizador costal pressurizado com CO₂, mantendo a pressão de trabalho de 2 bar. Utilizou-se barra de 3 m equipada com 6 pontas de pulverização de jato plano, com espaçamento de 0,50 m entre pontas e altura de 0,50 m acima da superfície das plantas, com volume de aplicação de 150 L.ha⁻¹. A ponta utilizada foi a Turbo TeeJet Induction TTI 11002 VP com indução de ar (sistema Venturi), a qual proporciona gotas de classe ultra grossas, reduzindo consideravelmente o potencial de deriva.

Quadro 1. Horários de aplicação do diquate e condições climáticas de Temperatura Média (°C), Umidade relativa do Ar (%) e Velocidade do Vento (km/h) registradas no momento das aplicações.

T	Horas de exposição	Horário de Aplicação	Temperatura Média (°C)	Velocidade do vento (km/h)	U.R (%)
T1	12 Horas de Luz	06:20	21	0.0	88
T2	8 Horas de Luz	10:20	29	0.1	91
T3	4 Horas Luz	14:20	31	0.5	55
T4	12 Horas Escuro	18:20	28	0.0	45
T5	8 Horas Escuro	22:20	23	0.9	56
T6	4 Horas Escuro	02:20	21	0.0	75
T7	Testemunha	---	---	---	---

T: tratamento; U.R: Umidade relativa do ar.

Após as aplicações iniciaram-se as avaliações experimentais descritas abaixo:

2.1 Avaliação de dessecação e desfolha

As avaliações de dessecação e desfolha ocorreram aos 3, 5, 7 e 10 dias após a aplicação (DAA). Para a dessecação foram realizadas, de forma visual, avaliações de fitointoxicação seguindo os critérios visuais propostos pelo European Weed Research Council (EWRC, 1964). Todavia, para fins de análise estatística e maior sensibilidade na detecção de sintomas, os níveis de injúrias foram quantificados em escala percentual de 0 a 100%, onde 0% corresponde a ausência de danos e 100% corresponde a morte da planta.

De forma simultânea, foram realizadas, por meio de observação visual, avaliações da porcentagem de desfolha, que se deu pela visualização da queda das folhas, seguindo a escala diagramática proposta por Hirano et al., (2010).



Figura 1. Escala diagramática para avaliação da porcentagem de desfolha proposta por Hirano et al. 2010.

Fonte: HIRANO, M. et al. (2010).

2.2 Determinação do Teor de água - Método da Estufa a 105 ± 3 °C

Para essa avaliação foi utilizado o método gravimétrico da estufa (Brasil, 2009). Inicialmente, foram pesados em balança de precisão, 10 g de grãos de soja para composição das amostras, que posteriormente foram colocados em recipientes e secos em estufa à uma temperatura de 105 °C com variação de ± 3 °C. Logo após, as amostras foram retiradas da estufa e colocados em um dessecador por cerca de 15 minutos. Passado esse tempo, foi feita a pesagem das amostras secas para determinação do teor de água através do cálculo da diferença entre o peso da amostra úmida e o peso da amostra seca. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.3 Peso de Mil Grãos e Produtividade

Depois de finalizadas todas as avaliações, foi realizada a estimativa de produtividade e obtenção do peso de mil grãos, que se deu pela retirada manual de todas as plantas presentes nas 3 linhas centrais da área útil de cada unidade experimental. As bordaduras foram descartadas para minimizar erros experimentais e padronizar a amostragem. Após a colheita, foi realizada a trilha das plantas de soja, posteriormente os grãos foram pesados e os valores convertidos para a estimativa de produtividade. Para a

determinação da massa de mil grãos, parte das amostras oriundas do processo de trilha foram submetidas a um contador de grãos modelo NV-C/01, onde foram contabilizados 1000 grãos de cada unidade experimental e pesados em balança analítica para obtenção da massa correspondente.

2.4 Análise Estatística

Para análise estatística das variáveis desfolha e dessecação, foi considerado os modelos aditivos generalizados de locação, escala e forma (GAMLSS) com família Beta Inflacionada de 1 e funções de ligação logit para a média e variância. Para verificar os efeitos de tratamento, período e da interação foi aplicado o teste de F. Para comparação entre os níveis de tratamento foi utilizada as médias marginais estimadas com ajuste feito pelo teste de Tukey. Para os testes de hipóteses foi considerado o nível de 5% de significância. Para análise da umidade, foi utilizado o modelo linear generalizado. As variáveis peso de mil grãos e produtividade foram submetidas à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de deviance para a desfolha e dessecação apontam efeitos significativos de Tratamento (T) e Dias após a aplicação (DAA) para ambas as variáveis, indicando assim, que houve variação no percentual de desfolha e dessecação em função dos tratamentos e dos dias após a aplicação. Já para a interação entre os fatores tratamento e dias após a aplicação não houve significância, demonstrando que os tratamentos influenciaram a desfolha e a dessecação de forma independente do tempo (Quadro A1, Apêndice A).

Para a desfolha, observou-se que todos os tratamentos foram superiores a testemunha, contudo, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. Assim, todos os tratamentos apresentaram comportamento estatisticamente semelhante ao longo das avaliações (Quadro 2).

Quadro 2. Médias de desfolha (%) da soja submetida a diferentes horários de aplicação do diquate, com comparação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tratamento	Desfolha (%)
1	96.85 a
2	96.00 a
3	97.30 a
4	96.70 a
5	97.25 a
6	96.59 a
7	93,20 b
CV (%)	3,94

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os tratamentos com diferentes combinações de horas de luz e escuro apresentaram maiores índices quando comparado a testemunha, apresentando resultados superiores a 96% de desfolha, com destaque para o tratamento de 4h de luz, que obteve índices mais próximos a 98%. Isso evidencia que o herbicida promoveu a senescência foliar, contudo, os resultados também mostram que independente da variação do tempo de exposição a luz, a desfolha foi estatisticamente semelhante, não diferindo significativamente entre si.

Martins et al. (2008) também comprovaram que o diquate responde de forma mais evidente na presença de luminosidade logo após sua aplicação, onde o aparecimento dos efeitos de sua aplicação na planta aparece mais rapidamente.

O ajuste de regressão (figura 2) indica que a desfolha apresentou resposta crescente em função do tempo, com ajuste satisfatório ao modelo ($r = 0,919$).

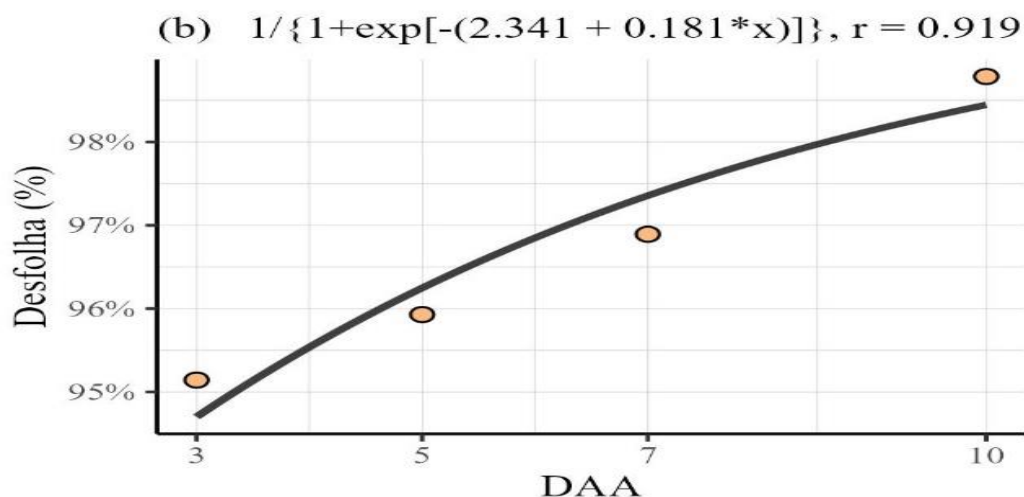


Figura 2. Ajuste de regressão para a desfolha (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, em função dos diferentes horários de aplicação do diquate.

A curva apresenta uma tendência crescente, indicando que a porcentagem de desfolha aumentou progressivamente ao longo dos dias, onde atingiu algo próximo de 99% aos 10 dias após a aplicação, contudo, nos primeiros dias a porcentagem de desfolha ainda se encontrava em valores baixos, indicando uma possível resposta inicial lenta ao herbicida. Por fim, o diquate foi eficaz para promover a desfolha da cultura.

Apesar da falta de estudos recentes relacionados a influência da luminosidade e horários de aplicação do diquate na cultura da soja, outros trabalhos que avaliam a eficiência do diquate, apontam que o produto é eficiente na desfolha e na dessecação da soja e apresentando resultados superiores tanto a testemunha quanto a outros produtos aplicados (Albrecht et al., 2022).

Como disposto no Quadro 3, é possível observar que todos os horários de aplicação proporcionaram dessecação superior quando comparada a testemunha, porém, sem diferenças significativas entre si.

Quadro 3. Médias de dessecação (%) da soja submetida a diferentes horários de aplicação do diquate, com comparação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tratamento	Dessecação (%)
1	96.10 a
2	95.70 a
3	97.52 a
4	96.20 a
5	95.50 a
6	95.90 a
7	84.50 b
CV (%)	3,45

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Pode-se observar que a testemunha obteve o menor percentual de dessecação, ficando abaixo de 90%, evidenciando que sem a aplicação do diquate a dessecação ocorre de maneira mais lenta. Todos os tratamentos que receberam aplicação de herbicida obtiveram percentual de dessecação superior quando comparados com a testemunha, com destaque para o tratamento que recebeu 4h de exposição a luz que atingiu algo próximo aos 98% de dessecação, contudo, não houve diferenças significativas entre esses tratamentos. O tempo de exposição a luz, nesse caso, não afetou a porcentagem de dessecação, já que todos os tratamentos foram estatisticamente equivalentes entre si.

O ajuste de regressão (figura 3) indica que a dessecação apresentou resposta crescente em função do tempo. A curva apresenta uma tendência crescente ao longo dos dias após a aplicação, indicando assim, que a ação do herbicida se intensifica ao longo do tempo. A dessecação também teve baixas porcentagens nos primeiros dias, mas foram aumentando progressivamente independente do tratamento, sendo que no 10 DAA atingiu valores próximos de 98%.

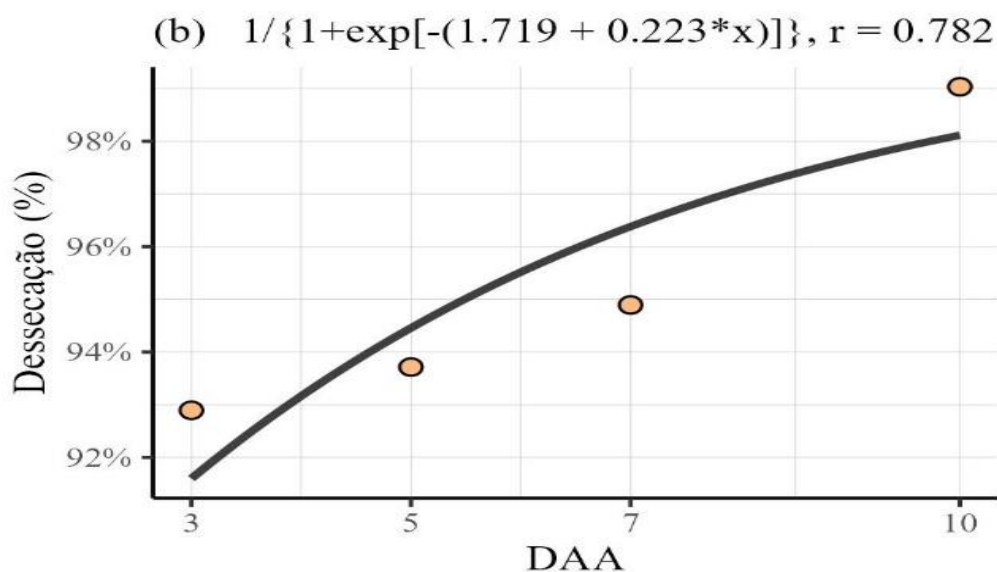


Figura 3. Ajuste de regressão para a dessecação (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, em função dos diferentes horários de aplicação do diquate.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva, et al. (2022), em um estudo realizado para avaliar opções de dessecantes com características ideais para substituição ao paraquate, onde os resultados comprovam que o diquate garante alto percentual de dessecação, entregando ótimos resultados aos 10 DAA.

Em resumo geral, os resultados obtidos para a desfolha e dessecação (e até para umidade), são consistentes com resultados obtidos em estudos anteriores. Oliveira et al. (2022) realizou um estudo para avaliar a eficiência do diquat no controle de plantas daninhas em função dos períodos de restrição de luminosidade após a aplicação do produto, os resultados obtidos por eles apontam que o acúmulo das EROs é evidentemente maior quando há disponibilidade de luz por mais tempo após a aplicação. Como consequência, observa-se maiores taxas desfolha e dessecação. As EROs podem ser consideradas como o “gatilho”, e a dessecação, desfolha e redução da umidade são o efeito visível resultantes do processo.

Os resultados da análise de deviance para a umidade (%) indicaram efeitos significativos de Bloco, Dias após a aplicação (DAA) e da interação Tratamento \times Dias após a aplicação ($T \times DAA$), conforme apresentado no Quadro A2 (Apêndice A), evidenciando assim que a umidade variou em função dos dias após a aplicação e que a diferença entre os tratamentos depende do dia de avaliação.

Observou-se separação estatística entre os tratamentos e a testemunha nos diferentes dias após a aplicação, com maior distinção nas avaliações intermediárias (a

partir do 3 DAA). Os dados apresentam uma tendência de convergência entre os tratamentos ao final do período avaliado (Quadro 4).

Quadro 4. Médias de umidade (%) dos grãos de soja submetida a diferentes horários de aplicação do diquate, com comparação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tratamento	0 DAA	1 DAA	2 DAA	3 DAA	4 DAA	5 DAA	6 DAA	7 DAA
1	43,50 a	38,75 b	32,50 b	27,43 b	21,95 c	18,97 c	15,82 c	13,07 c
2	43,00 a	40,50 ab	35,25 ab	29,65 b	24,23 bc	20,16 bc	17,15 bc	13,94 bc
3	44,25 a	39,50 ab	35,13 ab	30,23 b	23,79 bc	19,88 bc	16,47 bc	13,82 bc
4	44,75 a	41,00 ab	36,48 ab	30,80 b	25,55 bc	22,03 b	18,93 b	16,33 b
5	45,00 a	40,25 ab	36,00 ab	30,25 b	26,00 b	20,24 bc	16,90 bc	14,84 bc
6	46,00 a	40,75 ab	36,00 ab	30,23 b	25,15 bc	21,25 bc	18,25 bc	16,26 b
7	46,00 a	42,75 a	39,50 a	36,67 a	31,78 a	27,25 a	22,25 a	19,38 a
CV (%)	2,97	4,22	5,24	5,48	6,28	4,58	6,76	8,40

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A análise dos resultados mostra que a testemunha manteve os maiores níveis de umidade durante todo o período de avaliação, comprovando a eficiência do diquate no processo de dessecação da cultura.

Observa-se que os tratamentos que receberam a aplicação do herbicida e tiveram maior tempo de exposição a luz estão associados aos mais baixos valores de umidade desde os primeiros dias após a aplicação, e os tratamentos com maior tempo de exposição ao escuro estão associados, na maior parte das vezes, aos maiores índices de umidade, sugerindo que em condições de baixa luminosidade o efeito do herbicida pode ser retardado. Essa tendência, além de evidenciar a ação do diquate na perda de umidade, também reforça a hipótese inicial de que o herbicida é fotossensível, fazendo com que em condições de alta luminosidade sua eficácia seja maior.

Nota-se que, embora a redução de umidade seja contínua em todos os grupos, o tratamento submetido a 12h de escuro (T4) apresentou um 'atraso' na dessecação, evidenciado pela diferença significativa mais robusta a partir do 5º DAA, quando comparado ao tratamento com 12h de luz (T1). Esse comportamento sugere que, na ausência de luz por longos períodos, o herbicida permanece inativo nos tecidos, aguardando a reativação do fluxo eletrônico fotossintético para iniciar o dano celular. Portanto, a correlação entre a perda de umidade e a redução da área verde reforça que a dessecação é uma consequência direta da destruição dos tecidos mediada pela luz,

indicando que o manejo em dias ensolarados é importante para maximizar a taxa de secagem da cultura.

Essa dependência luminosa observada nos dados corrobora os relatos de de Rodrigues & Almeida (2018), que no Guia de Herbicidas descrevem o diquate como um herbicida de contato que atua no fotossistema I, exigindo radiação solar para desencadear a destruição das membranas celulares.

O ajuste de regressão (figura 4) indica que todas as curvas apresentam efeito decrescente para a umidade, independente do tempo de exposição a luz/escuro e da aplicação ou não do herbicida (testemunha). O comportamento é aproximadamente linear, indicando que a perda de umidade ocorre de maneira gradual e previsível.

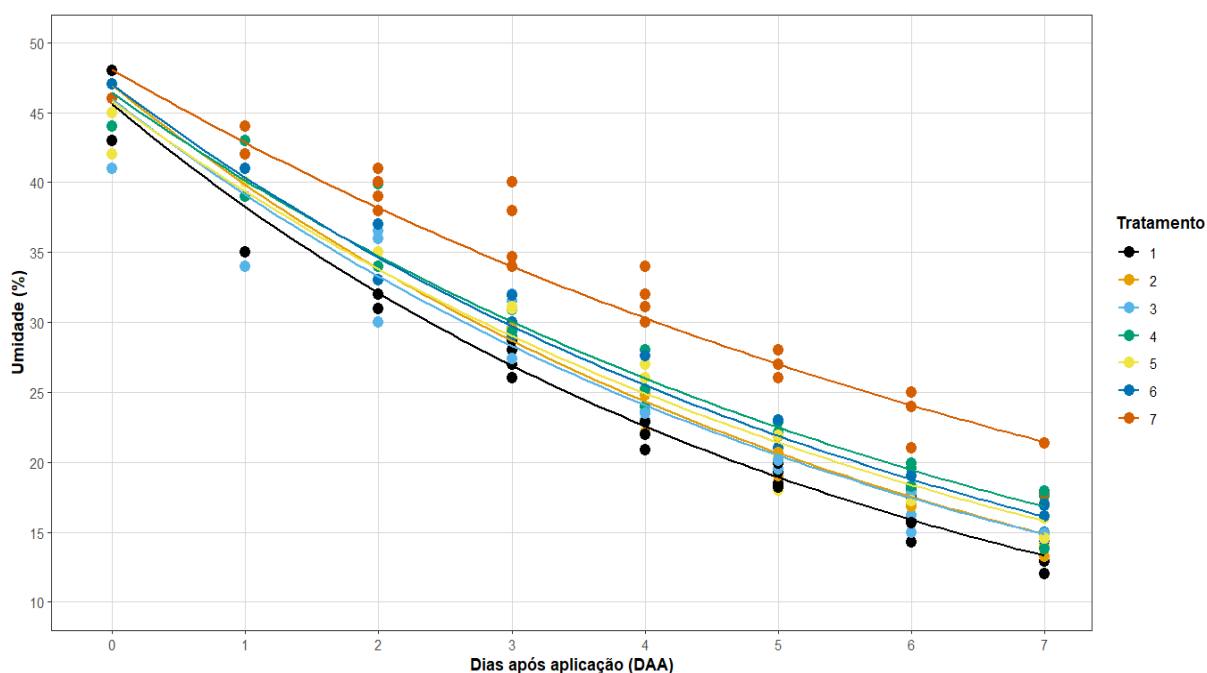


Figura 4. Ajuste de regressão para a umidade (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, em função dos diferentes horários de aplicação do diquate.

É possível observar que após o 4 dia todos os tratamentos apresentam umidade abaixo de 35%. Ao 7 dia, apenas a testemunha permaneceu com teor de umidade acima de 20%, onde todos os outros tratamentos já encontravam-se abaixo desse percentual, com destaque para o tratamento com 12h de exposição a luz, que atingiu o menor percentual de umidade. O tratamento que recebeu 4h de exposição a luz também apresentou altos índices de perda de umidade, sugerindo que uma exposição moderada pode também ser benéfica na perda de umidade. Já os tratamentos com 4h, 8h e 12h de escuro obtiveram resultados intermediários na redução de umidade e a testemunha entregou maior percentual de retenção de água.

Estudos realizado por Silva et al. (2021) apontam que a aplicação de herbicidas dessecantes em pré-colheita da cultura da soja, mais especificamente no estágio fenológico R7, auxilia na redução do teor de umidade dos grãos, podendo adiantar a colheita em alguns dias e permitindo que seja realizada com a umidade de grãos ideal (em torno de 13% a 15%).

Quadro 5. Equações do gráfico de regressão, seguidos do R^2 quando avaliada a variável Umidade (%).

Tratamento	Equação da regressão	R^2
1	$y = 45,60 \cdot e^{(-0,176x)}$	0,983
2	$y = 46,94 \cdot e^{(-0,164x)}$	0,985
3	$y = 45,96 \cdot e^{(-0,162x)}$	0,950
4	$y = 46,39 \cdot e^{(-0,145x)}$	0,964
5	$y = 45,79 \cdot e^{(-0,152x)}$	0,970
6	$y = 47,00 \cdot e^{(-0,153x)}$	0,979
7	$y = 48,06 \cdot e^{(-0,115x)}$	0,935

y: umidade; a: umidade inicial; e: número de Euler; b: taxa de secagem; x: DAA.

Os resultados da análise estatística indicaram comportamentos distintos entre as variáveis PMG e produtividade, evidenciando que os tratamentos tiveram impacto mais perceptível no rendimento final do que no peso médio dos grãos (Quadro A3, Apêndice A).

Para peso de mil grãos, observou-se efeito significativo de bloco, sugerindo a presença de variabilidade espacial na área experimental. Em contrapartida, o efeito de tratamentos sobre peso de mil grãos não foi significativo, indicando que, nas condições avaliadas, os tratamentos não alteraram de maneira consistente o peso médio dos grãos.

Para a variável Produtividade, os resultados foram diferentes, com efeito significativo de tratamento, evidenciando que os tratamentos influenciaram o rendimento final. Esse resultado pode indicar que, mesmo sem alterações estatísticas no peso de mil grãos, pode ter incidido algum impacto em outros componentes de produção, como número de vagens por planta, número de grãos por vagem, população final, retenção de vagens ou eficiência de enchimento, que em conjunto determinam a produtividade.

Ao observar os dados da produtividade, é possível constatar que não houve diferenças significativas entre os tratamentos quando comparados com a testemunha, indicando assim, que tanto a aplicação do herbicida quanto os diferentes períodos de exposição a luz não exerceram interferência de maneira significativa na produtividade da cultura da soja (Quadro 6).

Quadro 6. Comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada as variáveis PMG e Produtividade.

Tratamento	PMG (g)	Produtividade (sc/ha)
1	103,38 ab	42,68 a
2	88,47 b	49,40 a
3	124,28 a	52,29 a
4	91,96 ab	42,08 a
5	90,54 ab	42,54 a
6	111,79 ab	51,20 a
7	99,01 ab	57,59 a
CV (%)	21,35	30,82

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Com relação ao peso de mil grãos, analisando os dados é possível observar que o tratamento com 4h de exposição a luz apresentou maior média de PMG (124,28). Em contrapartida, o tratamento com menor média foi o de 8h de exposição a luz. Os demais tratamentos e a testemunha não diferiram significativamente entre si nem em relação aos outros extremos (4h de luz e 8h de escuro).

Esses resultados coincidem com os resultados obtidos por Kamphorst e Paulus (2019), que constataram que o diquate, assim como outros herbicidas dessecantes objetos do estudo, não interferiram de maneira significativa no potencial produtivo da cultura da soja.

Esse experimento aprofunda um aspecto fisiológico fundamental: a dependência luminosa do diquate.

A resposta diferencial observada em função do horário de aplicação, especialmente para o percentual de redução da umidade dos grãos, está diretamente relacionada ao mecanismo de ação do diquate, pertencente ao grupo dos bipiridílios, cuja atividade depende do fluxo de elétrons no fotossistema I. Em condições de elevada irradiância, há maior atividade fotossintética e, conseqüentemente, maior disponibilidade de elétrons na cadeia transportadora (Jin et al., 2024).

O diquate atua como acceptor artificial desses elétrons, promovendo a formação de espécies reativas de oxigênio, especialmente o radical superóxido, que desencadeia reações de peroxidação lipídica e rápida desestruturação das membranas celulares (Marchi et al., 2008).

Os resultados demonstraram que os tratamentos com aplicação de diquate promoveram dessecação eficiente da cultura, diferindo estatisticamente da testemunha, mas sem apresentar diferenças entre si. Esse comportamento indica que, independentemente do horário de aplicação, o herbicida foi capaz de promover a dessecação de forma satisfatória quando aplicado no estágio fenológico R7.3.

A ausência de diferença entre os horários para o percentual final de dessecação sugere que o fator luminosidade não comprometeu a eficácia do produto nas condições avaliadas. Embora o diquate dependa da luz para exercer sua ação, a radiação disponível após a aplicação foi suficiente para ativar o mecanismo do herbicida em todos os tratamentos, garantindo resultado semelhante ao final do período de avaliação. Assim, o horário interferiu mais na dinâmica inicial do processo do que na magnitude final da dessecação.

Mesmo nos tratamentos sob menor luminosidade inicial, o efeito dessecante foi mantido, o que explica a ausência de diferenças consistentes nos percentuais finais de dessecação entre os horários avaliados. As aplicações realizadas sob menor luminosidade apresentaram progressão mais lenta da dessecação nas avaliações iniciais, embora tenham alcançado níveis semelhantes nas avaliações finais.

Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de o diquate atuar predominantemente por contato e permanece nos tecidos tratados até que haja retomada do fluxo fotossintético. Assim que a planta volta a ser exposta à luz, o transporte de elétrons é reestabelecido e o processo oxidativo é desencadeado. Portanto, a ausência de radiação imediatamente após a aplicação não inviabiliza o mecanismo de ação, apenas retarda a formação das espécies reativas de oxigênio e, conseqüentemente, o início visível dos sintomas.

Comportamento semelhantes relacionado à influência da luz sobre a ação do diquate também foi observado em outras culturas. No estudo conduzido por Oliveira et al. (2022), avaliando o controle de plantas de milho submetidas a diferentes condições de luminosidade após a aplicação, verificou-se que a ausência de luz por algumas horas logo após a pulverização alterou a dinâmica de ação do herbicida. Os autores atribuíram esse comportamento à redução inicial da atividade fotossintética e, conseqüentemente, da formação de espécies reativas de oxigênio, o que pode modificar a forma como o produto atua nos tecidos vegetais.

Embora o referido estudo tenha sido realizado em cultura distinta e com finalidade de controle de plantas em pleno desenvolvimento vegetativo, o princípio fisiológico relacionado à dependência luminosa do diquate permanece o mesmo. Dessa forma, os resultados reforçam que a disponibilidade de luz após a aplicação pode interferir na dinâmica de ação do herbicida, ainda que os desfechos agronômicos variem conforme a espécie e o estágio fenológico avaliado.

A redução mais rápida da umidade dos grãos nos tratamentos aplicados em horários com maior incidência de luz pode ser explicada pelo efeito mais intenso do diquate nessas condições. Com mais luz, o herbicida age de forma mais rápida, causando danos às células e interrompendo mais cedo o transporte de água na planta. Isso faz com que a planta perca água mais rapidamente, antecipando a queda no teor de umidade dos grãos.

Já em condições de menor luminosidade, a ação do produto ocorre de forma mais lenta, o que mantém o fluxo de água ativo por mais tempo e, conseqüentemente, retarda o processo de secagem observado nas avaliações seguintes.

A ausência de impacto significativo sobre a produtividade e seus componentes indica que a aplicação foi realizada em estágio no qual o enchimento de grãos já estava fisiologicamente concluído. Assim, mesmo com diferenças na velocidade de dessecação e na dinâmica de redução da umidade, não houve alteração no acúmulo final de matéria seca nos grãos. Após a maturidade fisiológica, a translocação de fotoassimilados encontra-se praticamente encerrada, e a interrupção da atividade fotossintética não compromete o rendimento final, conforme discutido por Silva et al. (2021). Esse aspecto explica a manutenção da produtividade independentemente do horário de aplicação.

De forma semelhante, o comportamento observado para percentual de desfolha, em que não houve diferença estatística entre os horários de aplicação, pode ser atribuído ao estágio avançado de senescência fisiológica das plantas no momento da aplicação. Em

fases próximas à maturidade plena, as folhas já se encontram em processo natural de senescência, apresentando degradação progressiva de clorofila e redução da atividade metabólica. O diquate, ao induzir estresse oxidativo intenso, acelera um processo que já se encontra biologicamente programado.

Assim, a ação do diquate apenas intensifica um processo fisiológico que já estava em andamento. Dessa forma, independentemente do horário de aplicação, o nível final de desfolha foi semelhante entre os tratamentos, indicando que o fator luminosidade não foi determinante para essa variável nas condições avaliadas.

De maneira geral, os resultados mostram que o diquate foi eficiente na dessecação da soja independentemente do horário de aplicação, diferenciando-se apenas da testemunha. O horário influenciou principalmente a velocidade de secagem dos grãos, mas não alterou o percentual final de dessecação, a desfolha ou a produtividade quando aplicado em estágio R7.3.

4. CONCLUSÃO

Os tratamentos apresentaram maior porcentagem de desfolha e dessecação em relação às testemunhas, contudo, não houve diferenças significativas entre os diferentes horários de aplicação para ambas as variáveis. A umidade variou ao longo do tempo e tendeu a ser menor nos tratamentos com maior exposição à luz, sugerindo que a luz pode acelerar o efeito do diquate. Para a produtividade final não houve diferenças significativas. Sendo assim os diferentes horários de aplicação do herbicida não influenciaram de forma significativa a dessecação, desfolha e produtividade, influenciando apenas a velocidade de secagem dos grãos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M. Agronomic implications of paraquate ban in Brazil. **Advances in Weed Science**, v. 40, n. spe1, p. e020220040, 2022.

ALBRECHT, L. P. et al.. Glufosinate and Diquate in pre-harvest desiccation of soybean at four phenological stages, and their impact on seed quality. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 82, n. 3, p. 448-456, 2022.

BELLALOU, N. et al.. Effects of harvest-aids on seed nutrition in soybean under midsouth USA conditions. **Plants**, v. 9, n. 8, p. 1007, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: CLAV/DNDV/SNAD/MA, 2009. 365 p.

BORGES, R. P. P. N.; SILVA, P. V. da; SILVA, G. P. da; FRANÇA, N. S.; MAROSTICA, L. M.; ZANCHET, O. X.; SANTANA, H. N.; SALMAZO, P. A. V. Desafios e perspectivas do posicionamento de glufosinato sal de amônio na dessecação pré-colheita da soja. In: SANTOS, Cleberton Correia; SANTOS, Henrique Lunardi dos; MARTINS, Luiz Otávio Montera (org.). *Avanços na agricultura sustentável*. Belo Horizonte: **Editora Poisson**, 2024. v. 1, p. 80–88. DOI: 10.36229/978-65-5866-450-5.CAP.06.

CARMO, G. L. do; CABRAL FILHO, F. R.; ANDRADE, C. L. L. de; TEIXEIRA, M. B.; ALVES, D. K. M. Use of ammonium glufosinate and Diquate in field desiccation in soybean culture. **Brazilian Journal of Science**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 54-63, 2023.

SILVA, P. V da.; BEZERA, M. M.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, T.; MAUAD, M.; MONQUERO, P. A.; NUNES, F. A.; SCHEDENFFELDT, B. Pre-harvest desiccation strategies of soybean culture: a scenario without paraquate. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 57, p. 1-10, 2022.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.

FIETZ, C. R.; FISCH, G.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima de Dourados e Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2024.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. J.; XAVIER, S. A.; CANTERI, M. G. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa Phytopathologica**, v. 36, p. 248-250, 2010.

JIN, Jia; WANG, Quan; ZHUANG, Jie. Coupling Light Intensity and Hyperspectral Reflectance Improve Estimations of the Actual Electron Transport Rate of Mango Leaves (*Mangifera indica L.*). **Remote Sensing**, v. 16, n. 18, p. 3523, 23 set. 2024. DOI: 10.3390/rs16183523.

KAMPHORST, A.; PAULUS, C. Herbicidas para dessecação pré-colheita em soja como alternativa em substituição ao paraquate. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, p. 54-62, 2019.

MAGALHÃES, N.; CARVALHO, F.; DINIS-OLIVEIRA, R. J. Human and experimental toxicology of diquat poisoning: toxicokinetics, mechanisms of toxicity, clinical features, and treatment. **Human & Experimental Toxicology**, v. 37, n. 11, p. 1131–1160, 2018. DOI: 10.1177/0960327118765330.

MAGALHÃES, P. C.; BORGHI, E.; KARAM, D.; PEREIRA FILHO, I. A.; RIOS, S. A.; ABREU, S. C.; LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, L. J. M.; PASTINA, M. M.; DURÃES, F. O. M. Desenvolvimento do milho segunda safra: fatores genético-fisiológicos, plataforma de conhecimento e práticas de manejo de cultivo e uso, visando sustentabilidade de produção e produtividade no binômio soja/milho. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2020. 42 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 258). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1128757/1/Documentos-258.pdf>

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. Herbicidas: mecanismos de ação e uso. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2008. (Documentos, 227). ISSN 1517-5111. Disponível em: <https://infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/571939/1/doc227.pdf>.

MARTINS, D.; COSTA, N. V.; DOMINGOS, V. D.; RODRIGUES, A. C. P.; CARVALHO, F. T. Efeito do período de exposição a concentrações de diquate no controle de plantas de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 865-874, 2008.

MENEGAZZO, R. F.; RICKLI, M. E.; SCANAVACCA, J.; LIMA, J. D. de; SILVEIRA, A. C. da; MENEGAZZO, A. W.; SOUZA, S. G. H. de; LOPES, A. D. Differential response to different classes of herbicides: *Tradescantia pallida* (Rose) D. R. Hunt var. *purpurea* Boom as a model plant. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e6910111452, 2021.

OLIVEIRA, F. S.; SILVA, A. L.; GOMES, L. F.; SOUSA, J. J. P.; COSTA, A. E.; ALMEIDA, D. P. Light restriction after application of photosystem I inhibiting herbicides affects weed control. *Revista Caatinga*, v. 35, n. 2, p. 428–435, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/KpBMKdtLDZXpNqbbx7kR6sS/>.

OLIVEIRA, G. M. P.; OLIVEIRA, H. C.; SILVA, M. A. A.; DALAZEN, G. Control of volunteer corn as a function of light restriction periods after diquat application. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 2, p. 299–307, abr./jun. 2022. DOI: 10.1590/1983-21252022v35n206rc.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. Guia de herbicidas. 7ª ed., Londrina. 764 p. 2018.

SANTOS, H.; JACOMINE, P.; ANJOS, L.; OLIVEIRA, V.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SILVA, André Roberto; SCARAMAL, Andrea; GOMES, Guilherme Renato; MACHINESKI, Gabriela. Dessecação química da soja em diferentes estádios fenológicos

para antecipação da colheita. **UNICIÊNCIAS**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 125-129, 2021. DOI: 10.17921/1415-5141.2021v25n2p125-129.

TRAXLER, C.; GAINES, T. A.; KÜPPER, A.; LUEMMEN, P.; DAYAN, F. E. The nexus between reactive oxygen species and the mechanism of action of herbicides. **Journal of Biological Chemistry**, v. 299, n. 11, p. 105267, 2023.

CAPITULO II

FLORPIRAUXIFENO-BENZÍLICO ISOLADO E EM ASSOCIAÇÃO COM HERBICIDAS NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA

RESUMO

A dessecação pré-colheita da soja é uma prática utilizada para uniformizar a maturação e antecipar a colheita, reduzindo perdas por deterioração no campo e facilitando a operação. Após restrições ao paraquate, torna-se essencial avaliar alternativas eficientes e seguras. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência do florpiauxifeno-benzílico isolado e em associação com os herbicidas diquate, tiafenacil, flumioxazina, glufosinato-sal de amônio, amicarbazona e carfentrazone-etílica na dessecação pré-colheita da cultura da soja. O experimento foi realizado na safra 2024/25, com delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com 8 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram os seguintes: T1 – diquate ($0,5 \text{ L.ha}^{-1}$) + florpiauxifeno-benzílico ($0,1 \text{ L.ha}^{-1}$); T2 – tiafenacil ($0,250 \text{ L.ha}^{-1}$) + florpiauxifeno-benzílico ($0,1 \text{ L.ha}^{-1}$); T3 – flumioxazina ($0,05 \text{ L.ha}^{-1}$) + florpiauxifeno-benzílico ($0,1 \text{ L.ha}^{-1}$); T4 – glufosinato-sal de amônio ($2,0 \text{ L.ha}^{-1}$) + florpiauxifeno-benzílico ($0,1 \text{ L.ha}^{-1}$); T5 – amicarbazona ($1,0 \text{ L.ha}^{-1}$) + florpiauxifeno-benzílico ($0,1 \text{ L.ha}^{-1}$); T6 – carfentrazone-etílica ($0,05 \text{ L.ha}^{-1}$) + florpiauxifeno-benzílico ($0,1 \text{ L.ha}^{-1}$); T7 – florpiauxifeno-benzílico isolado ($0,1 \text{ L.ha}^{-1}$); e T8 – testemunha sem aplicação. As aplicações ocorreram no estágio fenológico R7.3. Foram avaliadas desfolha e dessecação (visual e ImageJ) aos 3, 5, 7 e 10 DAA, a cinética de redução da umidade, condutividade elétrica, peso de mil grãos e produtividade. O uso do florpiauxifeno-benzílico, seja isolado ou em associação com os demais herbicidas, apresentou resultado superior a testemunha para a desfolha e dessecação, mas sem diferenças significativas entre si ao final do período avaliado, contudo, o tratamento T1 (diquate+florpiauxifeno-benzílico) atingiu 100% de desfolha aos 7 DAA, sendo assim, em menor tempo em relação aos demais tratamentos e a testemunha. Para a umidade, todos os tratamentos apresentaram desempenho superior a testemunha e ao final do período avaliado houve diferença estatística entre os tratamentos. Os tratamentos T1 (diquate+florpiauxifeno-benzílico), T2 (tiafenacil+florpiauxifeno-benzílico) e T6 (carfentrazone-etílica+florpiauxifeno-benzílico) obtiveram menores taxas de umidade (abaixo de 14%) ao final do período avaliado, além disso, atingiram taxas de umidade ideal para a colheita (entre 13% e 15%) já aos 5 DAA, enquanto os demais tratamentos somente atingiram esse patamar aos 7 DAA e a testemunha somente 5 dias após o último dia de avaliação. Esses tratamentos também apresentaram potencial de adiantar a colheita em até 7 dias em relação a testemunha e 2 dias em relação aos demais tratamentos. Para o PMG e produtividade todos os tratamentos foram superiores a testemunha. O tratamento 1 apresentou menor condutividade elétrica, indicando assim maior integridade das membranas e vigor. Conclui-se que o florpiauxifeno-benzílico associado ao diquate (T1), promove dessecação, desfolha e redução da umidade de forma mais rápida. Os tratamentos T1 (diquate + florpiauxifeno-benzílico), T2 (tiafenacil + florpiauxifeno-benzílico) e T6 (carfentrazone-etílica + florpiauxifeno-benzílico) apresentaram maior eficiência, com potencial de antecipar a colheita em até 7 dias em relação à testemunha, enquanto os demais tratamentos possibilitaram antecipação de até 5 dias, sem prejuízos à produtividade.

Palavras-chave: Dessecantes químicos, maturação fisiológica, uniformidade na lavoura.

FLORPYRAUXIFEN-BENZYL APPLIED ALONE AND IN ASSOCIATION WITH HERBICIDES IN SOYBEAN PRE-HARVEST DESICCATION

ABSTRACT

Pre-harvest soybean desiccation is a practice used to standardize crop maturation and anticipate harvest, reducing losses caused by field deterioration and facilitating harvesting operations. Following restrictions on paraquat, it has become essential to evaluate efficient and safe alternatives. Thus, the objective of this study was to evaluate the efficiency of florpyruxifen-benzyl applied alone and in association with the herbicides diquat, tiafenacil, flumioxazin, ammonium glufosinate, amicarbazone, and carfentrazone-ethyl in pre-harvest desiccation of soybean. The experiment was conducted during the 2024/25 growing season, using a randomized complete block design (RCBD) with eight treatments and four replications. The treatments were as follows: T1 – diquat (0.5 L ha⁻¹) + florpyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T2 – tiafenacil (0.3 L ha⁻¹) + florpyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T3 – flumioxazin (0.6 L ha⁻¹) + florpyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T4 – ammonium glufosinate (0.26 L ha⁻¹) + florpyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T5 – amicarbazone (0.13 L ha⁻¹) + florpyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); T6 – florpyruxifen-benzyl applied alone (0.1 L ha⁻¹); T7 – carfentrazone-ethyl (0.6 L ha⁻¹) + florpyruxifen-benzyl (0.1 L ha⁻¹); and T8 – untreated control. Applications were performed at the R7.3 phenological stage. Defoliation and desiccation (visual assessment and ImageJ analysis) were evaluated at 3, 5, 7, and 10 days after application (DAA), as well as moisture reduction kinetics, electrical conductivity, thousand-grain weight, and yield. The use of florpyruxifen-benzyl, either alone or in association with the other herbicides, resulted in superior defoliation and desiccation compared to the control, with no significant differences among treatments at the end of the evaluation period. However, treatment T1 (diquat + florpyruxifen-benzyl) achieved 100% defoliation at 7 DAA, reaching this level in a shorter time compared to the other treatments and the control. Regarding grain moisture, all treatments performed better than the control, and at the end of the evaluation period, significant differences were observed among treatments. Treatments T1 (diquat + florpyruxifen-benzyl), T2 (tiafenacil + florpyruxifen-benzyl), and T7 (carfentrazone-ethyl + florpyruxifen-benzyl) showed the lowest moisture levels (below 14%) at the end of the evaluation period. In addition, these treatments reached ideal moisture levels for harvest (between 13% and 15%) as early as 5 DAA, whereas the other treatments reached this level only at 7 DAA, and the control only five days after the last evaluation day. These treatments also showed potential to anticipate harvest by up to seven days compared to the control and by two days compared to the other treatments. For thousand-grain weight and yield, all treatments were superior to the control. Treatment T1 showed lower electrical conductivity, indicating greater membrane integrity and seed vigor. It is concluded that florpyruxifen-benzyl associated with diquat (T1) promotes faster desiccation, defoliation, and moisture reduction. Treatments T1 (diquat + florpyruxifen-benzyl), T2 (tiafenacil + florpyruxifen-benzyl), and T7 (carfentrazone-ethyl + florpyruxifen-benzyl) showed higher efficiency, with potential to anticipate harvest by up to seven days compared to the control, while the other treatments enabled harvest anticipation of up to five days, without negative impacts on yield.

Keywords: chemical desiccants; physiological maturity; field uniformity.

1. INTRODUÇÃO

A antecipação da colheita por meio de aplicações de herbicidas com ação dessecante tem sido amplamente empregada como ferramenta para sincronizar a maturação da cultura, reduzir variabilidade de umidade e facilitar a logística de colheita (Altmann et al., 2024).

Devido a quantidade limitada de moléculas registradas para uso em dessecação da soja, estudos com novos ingredientes ativos posicionados para a dessecação da cultura também vêm sendo realizados (Santos et al., 2023). Um estudo realizado por Albrecht et al. (2025) aponta que o floupiraxifeno-benzílico, um herbicida pertencente ao grupo químico dos arilpicolinatos, é eficaz na dessecação pré-colheita da cultura da soja, porém, estudos sobre sua associação com outros herbicidas ainda são extremamente limitados.

Estudos de campo recentes realizados por Silva, et al. (2022) mostram que herbicidas como o diquate, glufosinato-sal de amônio e associações com inibidores de protox podem acelerar a senescência foliar e a perda de água nas plantas, promovendo uma redução rápida da área foliar e da umidade de grãos em condições favoráveis. Essas respostas variam conforme o ingrediente ativo, dose, estágio fenológico da soja e condições ambientais no momento da aplicação.

A escolha do momento de aplicação é crítica: aplicações muito antecipadas podem comprometer a qualidade fisiológica dos grãos e reduzir a produtividade, enquanto aplicações tardias podem não proporcionar ganho prático em antecipação de colheita (Blat et al., 2025). Assim, o manejo do timing da dessecação requer integração entre características do campo, histórico climático e o objetivo (antecipação vs. controle de plantas daninhas).

Além da composição química e do estágio fenológico, a eficácia prática dos herbicidas como “harvest-aids” é afetada por fatores operacionais: cobertura de deposição da calda, adjuvantes, tamanho de gotas, velocidade e sentido do vento na aplicação (Shiratsuchi e Fontes, 2002). Revisões recentes sobre opções de dessecantes apontam alternativas com perfis de eficácia e segurança distintos, ressaltando a necessidade de avaliar cada produto no contexto de risco e tempo até a colheita (Basílio et al., 2024).

Os impactos agrônômicos e econômicos da antecipação da colheita por dessecação química também foram documentados: quando bem conduzida, a prática reduz perdas e contaminação por plantas daninhas, melhora a uniformidade da colheita e

pode permitir melhor logística (maior flexibilidade na janela de colheita) (Basso e Pinto, 2022).

Por outro lado, estudos mostraram riscos à qualidade de sementes (vigor, germinação) se a dessecação for realizada prematuramente, o que evidencia uma trade-off entre ganho operacional e qualidade do produto. Portanto, decisões de manejo demandam avaliação integrada de risco-benefício específica para cada safra e região (Albrecht et al., 2022).

Avanços recentes na química de herbicidas têm ampliado o leque de opções para dessecantes com diferentes janelas de ação e índices de fitotoxicidade. Ensaio experimentais de 2023/24 demonstraram eficácia satisfatória de novos produtos quando aplicados no estágio adequado, mas enfatizam a necessidade de validação em diferentes regiões e de acompanhamento do efeito sobre qualidade de sementes e segurança alimentar. Assim, as pesquisas devem continuar avaliando tanto a eficiência de dessecantes (medida por desfolha, teor de água do grão e antecipação efetiva da colheita) quanto os efeitos colaterais agrônômicos e ambientais (Albrecht et al., 2025).

Diante do exposto, a eficiência dos herbicidas na antecipação da colheita é multifatorial: depende do princípio ativo, dose, estágio fenológico, condições climáticas pós-aplicação e manejo operacional.

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a eficiência do floupiraxifeno-benzílico isolado e em associação com os herbicidas diquate, tiafenacil, flumioxazina, glufosinato-sal de amônio, amicarbazona e carfentrazone-etílica na dessecação pré-colheita da cultura da soja.

2. MATERIAL E METODOS

O experimento foi desenvolvido na Unidade II do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Ponta Porã, com as coordenadas geográficas 22°32'50.3"S 55°39'08.4"W. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, o solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, de textura argilosa (Amaral et al., 2000; Santos et al., 2025). O clima é classificado como Cwa (subtropical, com inverno seco e verões quentes) de acordo com a classificação de Köppen e a elevação da área é de 640 metros acima do nível do mar.

O delineamento experimental ocorreu em blocos casualizados, com 8 tratamentos e 4 repetições, sendo 7 tratamentos com aplicação de herbicidas e 1 testemunha sem nenhuma aplicação, totalizando 32 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por parcelas de 3x5 m (15m²), com cada parcela contendo 6 linhas de soja.

O experimento foi realizado na safra 24/25, compreendendo os meses de outubro/2024 a março/2025. A semeadura foi em sistema de plantio direto, a densidade de semeadura foi de 12 sementes/metro linear, no espaçamento de 0,50 m, com população de aproximadamente 240 mil plantas/ha. A cultivar utilizada foi a AS3707 I2X com grupo de maturação 7.0 e hábito de crescimento indeterminado. Desenvolvida pela Bayer, a tecnologia Intacta 2 Xtend® (I2X) é a terceira geração biotecnológica para a cultura da soja, que combina a tolerância aos herbicidas dicamba e glifosato com a proteção ampliada contra lagartas (incluindo *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera cosmioides*) por meio de três proteínas *Bt* (Cry1Ac, Cry1F e Cry2Ab2). As sementes receberam tratamento com o bionemática Vinemco®, além de fungicida e inseticidas na dose recomendada via bula para 100 kg⁻¹ de sementes com os seguintes princípios ativos: protioconazol, trifloxistrobina, imidacloprido e fipronil.

Durante o ciclo da cultura foram realizadas na área monitoramento e todo o manejo necessário para controle de doenças e plantas daninhas. Foi realizada adubação de plantio com formulado 04-30-10, na dose de 240 kg.ha⁻¹.

A aplicação dos herbicidas e suas misturas foi realizada no estágio fenológico R7.3, com pulverizador costal pressurizado com CO₂, mantendo a pressão de trabalho de 2 bar. Utilizou-se barra de 3 m equipada com 6 pontas de pulverização de jato plano, com espaçamento de 0,50 m entre pontas e altura de 0,50 m acima da superfície das plantas para a aplicação dos tratamentos, com volume de aplicação de 150 L.ha⁻¹. A ponta utilizada foi a Turbo TeeJet Induction TTI 11002 VP com indução de ar (sistema Venturi),

a qual proporciona gotas de classe ultra grossas, reduzindo consideravelmente o potencial de deriva. Utilizaram-se filtros de malha 50 (50 mesh). No momento das aplicações as condições ambientais como temperatura (26,3 °C), umidade (62%) e velocidade do vento (4,8 km/h) foram monitoradas com o auxílio de um termo-higrômetro.

Quadro 7. Herbicidas utilizados na dessecação pré-colheita da cultura da soja.

Tratamentos	Produto Comercial (p.c)	Ingrediente Ativo (i.a)	Dose p.c (L/ha ⁻¹)	Dose i.a (g/ha ⁻¹)
T1	Reglone®+Gapper®	diquate+florpirauxifeno-benzílico	0,5+0,1	100 + 3
T2	Terrad'or® 339 SC+Gapper®	tiafenacil+florpirauxifeno-benzílico	0,250+0,1	84,75 + 3
T3	Flumyzin® 500 SC+Gapper®	flumioxazina+florpirauxifeno-benzílico	0,05+0,1	20+3
T4	Glufosinato Nortox®+Gapper®	glufosinato-sal de amônio+florpirauxifeno-benzílico	2,0+0,1	400 + 3
T5	Magneto® SC+Gapper®	amicarbazona+florpirauxifeno-benzílico	1,0+0,1	500+3
T6	Aurora® 400 EC+Gapper®	carfentrazona-etílica+florpirauxifeno-benzílico	0,05+0,1	20+3
T7	Gapper®	florpirauxifeno-benzílico	0,1	0,3
T8	---	Testemunha	---	---

2.1 Avaliação de Desfolha e Dessecação

As avaliações de dessecação ocorreram aos 3, 5, 7 e 10 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). As parcelas foram fotografadas a 1 metro de altura em relação a superfície do solo em vista frontal, logo em seguida foi iniciada a avaliação de dessecação através do software de análise de imagem Image J. Assim, as imagens foram processadas para distinção entre área verde e área dessecada, logo em seguida, a diferença entre a área total das imagens e a área selecionada com atividade fotossintética foram calculadas para determinação do percentual de dessecação.

Para a desfolha foram realizadas análises visuais, onde foram atribuídas notas de 0% a 100% de acordo com a escala diagramática proposta por Hirano et al. (2010).



Figura 5. Escala diagramática para avaliação da porcentagem de desfolha proposta por Hirano et al., 2010.

Fonte: HIRANO, M. et al. (2010).

2.2 Avaliação de Condutividade Elétrica.

Para a avaliação de danos de membrana, foi realizado o teste de condutividade elétrica (CE), onde foi medida a integridade da membrana com base na quantidade de eletrólitos liberados para a solução. O experimento contou com 4 repetições de 50 sementes proveniente de cada tratamento, onde as sementes que foram submetidas ao teste apresentavam umidade entre 13% a 15%. As amostras foram pesadas com precisão de 0,01g. Logo em seguida, as amostras foram colocadas em copos plásticos com capacidade de 200 mL contendo água deionizada. O teste foi realizado seguindo a metodologia descrita por Krzyzanowski, et al. (2023), e por sugestão do autor, a água deionizada foi armazenada a 25° C por cerca de 24 horas antes da embebição das sementes. (Krzyzanowski e Vieira, 1991).

Após o preparo das amostras, as mesmas foram colocadas em câmara tipo BOD, na ausência de luz, permanecendo a uma temperatura constante de 25 °C por um período de 24 horas, para que ocorresse a embebição. A leitura da CE foi feita com um condutivímetro de bancada da marca/modelo Marconi CA-150 (com leitura expressa em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), em um ambiente sem circulação de pessoas e sem correntes de ar. Após calibragem do condutivímetro, foi realizada a leitura da CE da água deionizada contendo as sementes, onde valores mais baixos indicam baixa lixiviação de eletrólitos, indicando maior potencial fisiológico e menor desorganização das membranas.

2.3 Teor de Umidade

Para a determinação do teor de umidade dos grãos, coletaram-se 100 g de soja da área útil de cada unidade experimental, em todas as repetições do experimento. As coletas foram realizadas aos 1, 3, 5 e 7 dias após a aplicação (DAA). A umidade foi aferida com o auxílio de um medidor portátil, e os dados foram tabulados para a construção da curva de umidade. As análises estatísticas foram realizadas no software R, verificando-se a significância das variações de umidade em função do tempo e dos tratamentos. Por fim, os dados foram plotados em gráficos de regressão para a visualização da dinâmica de perda de água.

2.4 Peso de mil grãos e Produtividade

Para a determinação do peso de mil grãos (PMG) e da produtividade, colheram-se manual e individualmente todas as plantas das três linhas centrais da área útil de cada unidade experimental. As bordaduras foram descartadas para minimizar erros experimentais e padronizar a amostragem. Após a trilha das plantas, os grãos foram pesados e os valores convertidos para a estimativa de produtividade. Para o PMG, utilizou-se um contador de grãos (modelo NV-C/01) para separar amostras de 1000 grãos por unidade experimental, as quais foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa correspondente.

2.5 Cálculo de Antecipação da colheita em função da testemunha

Para o cálculo da antecipação da colheita foram registradas as datas em que cada unidade experimental atingiu o teor de umidade ideal para a colheita (entre 13% e 15%). A antecipação foi calculada pela diferença, em dias, entre a data em que a testemunha atingiu o teor de umidade ideal e a data em que as áreas que receberam aplicação de herbicidas atingiram o mesmo patamar.

2.6 Análise Estatística

Os dados de desfolha, dessecação e umidade foram submetidos à análise estatística utilizando o software R. Inicialmente, procedeu-se à verificação da normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro–Wilk e ao cálculo do coeficiente de variação (CV) para avaliação da precisão experimental. Em seguida, realizou-se a análise de deviance para verificar os efeitos de tratamentos (T), dias após a aplicação (DAA) e a interação $T \times DAA$.

Quando observada significância da interação ($p \leq 0,05$), realizou-se o desdobramento dos fatores, com comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade dentro de cada época de avaliação. Para descrever a evolução temporal das variáveis, ajustaram-se modelos de regressão para cada tratamento ao longo dos dias após a aplicação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de deviance indicou interação significativa entre Tratamento e Dias após a aplicação (DAA) tanto para a desfolha quanto para a dessecação (Quadro B1, Apêndice B). Esse resultado evidencia que a resposta dessas variáveis não foi constante ao longo do tempo, mas dependente simultaneamente do tratamento aplicado e do momento de avaliação. Dessa forma, a interpretação dos resultados foi realizada por meio do desdobramento da interação, avaliando-se o comportamento dos tratamentos ao longo dos dias após a aplicação.

Para a desfolha, observou-se que a resposta dos tratamentos variou ao longo dos dias após a aplicação, com diferenças significativas tornando-se mais evidentes a partir de 3 DAA, confirmando o efeito da interação entre tratamento e tempo (Quadro 8).

Quadro 8. Desfolha (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação em função dos tratamentos de dessecação, com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	1 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA
1	80,00 a	91,25 a	98,25 a	100,00 a	100,00 a
2	80,00 a	88,75 ab	97,00 a	99,75 a	100,00 a
3	80,25 a	87,50 bc	92,75 b	96,75 bc	99,75 a
4	80,50 a	85,25 cd	91,50 b	96,50 bc	99,75 a
5	80,25 a	86,75 bc	92,00 b	96,50 bc	99,75 a
6	80,00 a	86,75 bc	92,75 b	98,25 ab	100,00 a
7	80,00 a	85,50 bcd	90,75 b	95,75 c	99,50 a
8	80,00 a	82,25 d	86,00 c	91,00 d	95,00 b
CV (%)	0.47	1.64	1.30	0.91	0.49

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
CV: coeficiente de variação.

O tratamento T1 (diquate + florpiauxifeno-benzílico) apresentou desfolha mais rápida e intensa, atingindo 91,25% aos 3 DAA, 98,25% aos 5 DAA e 100% aos 7 DAA. Em sequência, o tratamento T2 (tiafenacil + florpiauxifeno-benzílico) também

apresentou resposta elevada e rápida, com valores próximos aos observados para T1 nas avaliações subsequentes.

Em contraste, a testemunha (T8) apresentou menores percentuais de desfolha ao longo de todo o período avaliado, com 82,25% aos 3 DAA, 86,00% aos 5 DAA e 95,00% aos 10 DAA, sendo estatisticamente inferior aos tratamentos submetidos à dessecação química nas avaliações intermediárias.

Esses resultados indicam que a aplicação de herbicidas em pré-colheita promove maior rapidez e uniformidade do processo de desfolha quando comparada à ausência de dessecação.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bagatelli et al. (2025), que em seus estudos constataram que a aplicação de herbicidas em pré-colheita promoveu desfolha e dessecação mais rápidas em comparação a testemunha, os autores também evidenciaram que os tratamentos que receberam aplicação de herbicidas inibidores do PSI, como o diquat, apresentaram ação mais rápida e eficiente.

O ajuste de regressão evidencia aumento progressivo da desfolha ao longo dos dias após a aplicação, com tendência de estabilização em valores próximos a 100% ao final do período avaliado (Figura 6).

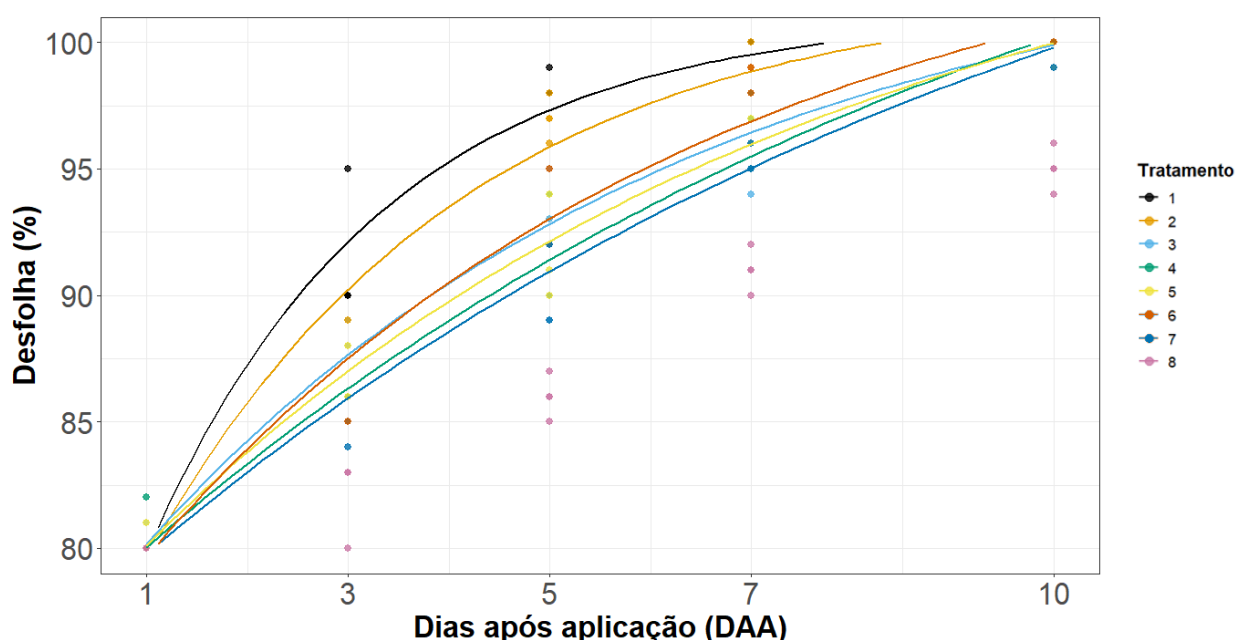


Figura 6. Ajuste de regressão não linear para a desfolha (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, em função dos tratamentos de dessecação.

Os tratamentos apresentaram taxas distintas de incremento da desfolha, refletidas nos parâmetros estimados do modelo e nos coeficientes de determinação apresentados no Quadro 9.

Quadro 9. Equações de regressão não linear ajustadas para a desfolha (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, com respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação da regressão	R^2
1	$y = 101,14 - 32,80 \cdot e^{(-0,430x)}$	0,976
2	$y = 102,21 - 31,07 \cdot e^{(-0,318x)}$	0,978
3	$y = 104,65 - 29,35 \cdot e^{(-0,182x)}$	0,957
4	$y = 112,72 - 36,37 \cdot e^{(-0,107x)}$	0,970
5	$y = 107,17 - 31,34 \cdot e^{(-0,147x)}$	0,979
6	$y = 106,00 - 31,44 \cdot e^{(-0,177x)}$	0,976
7	$y = 112,96 - 36,77 \cdot e^{(-0,103x)}$	0,979
8	$y = 200,00 - 122,55 \cdot e^{(-0,016x)}$	0,965

y: umidade; a: umidade inicial; e: número de Euler; b: taxa de secagem; x: DAA

Os tratamentos com maiores coeficientes apresentaram resposta mais rápida, atingindo elevados níveis de desfolha nos primeiros dias após a aplicação, enquanto a testemunha (T8) apresentou a menor taxa de incremento (0,016), caracterizando resposta mais lenta e explicando o maior tempo necessário para atingir níveis elevados de desfolha.

O comportamento das curvas, com rápida evolução inicial seguida de estabilização, é característico de processos de desfolha e dessecação, nos quais os herbicidas promovem ação inicial intensa sobre o tecido foliar e, posteriormente, o sistema se aproxima de um limite fisiológico. Estudos recentes destacam que a eficiência agrônômica desses tratamentos está associada não apenas ao nível final de desfolha alcançado, mas principalmente à velocidade com que valores operacionais são atingidos ao longo do tempo (Kendall et al., 2025).

Para a dessecação, observou-se que a resposta dos tratamentos variou ao longo dos dias após a aplicação, com diferenças significativas tornando-se evidentes a partir de 3 DAA, caracterizando o efeito da interação entre tratamento e tempo (Quadro 10).

Quadro 10. Dessecação (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação em função dos tratamentos de dessecação, com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	1 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA	10 DAA
T1	81,18 a	96,52 a	99,16 a	100,00 a	100,00 a
T2	81,36 a	96,14 a	98,32 ab	99,79 ab	100,00 a
T3	81,16 a	89,52 b	94,56 c	98,44 abcd	99,88 a
T4	81,41 a	84,46 c	93,07 c	96,77 d	100,00 a
T5	80,72 a	86,31 c	93,89 c	97,26 cd	99,84 a
T6	81,38 a	91,13 b	97,13 b	98,76 abc	100,00 a
T7	81,41 a	86,66 c	94,54 c	98,09 bcd	99,91 a
T8	81,07 a	84,61 c	88,38 d	91,31 e	94,37 b
CV (%)	1,17	1,18	0,71	0,77	0,21

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
CV: coeficiente de variação.

Os maiores níveis de dessecação nas avaliações iniciais foram observados nos tratamentos T1 (diquate + florpiauxifeno-benzílico) e T2 (tiafenacil + florpiauxifeno-benzílico), que atingiram 96,52% e 96,14% de dessecação aos 3 DAA, respectivamente, mantendo valores elevados nas avaliações subseqüentes até alcançar 100% ao final do período.

Em contraste, a testemunha (T8) apresentou evolução mais lenta da dessecação ao longo do tempo, com 91,31% aos 7 DAA e 94,37% aos 10 DAA, sendo estatisticamente inferior aos tratamentos submetidos à dessecação química. Esse comportamento ocorre devido ao fato de que na ausência de dessecação a planta fica dependente apenas da senescência natural e do ambiente, e por isso costuma manter tecido verde ativo por mais tempo e retardar o fim do ciclo visual.

Os demais tratamentos apresentaram comportamento intermediário, com incremento gradual da dessecação e aproximação de valores próximos a 100% ao final do período avaliado.

Comportamento semelhante foi descrito por Albrecht et al. (2025) em seu estudo sobre aplicação de dessecantes em pré-colheita da soja, onde também constataram que os

tratamentos com aplicação de diquate em R7.3 promoveram dessecação mais rápida e evidente em relação a testemunha e demais tratamentos.

O experimento foi conduzido em uma única safra e região, sendo assim, é necessário realizar a validação dos resultados em diferentes condições edafoclimáticas.

A dinâmica temporal da dessecação, descrita pelas curvas de regressão, evidencia incremento rápido nos primeiros dias após a aplicação, sobretudo nos tratamentos T1 (diquate + florpírauxifeno-benzílico) e T2 (tiafenacil + florpírauxifeno-benzílico), que apresentaram maiores coeficientes associados à velocidade de resposta, indicando dessecação inicial mais rápida (Figura 7; Quadro 11).

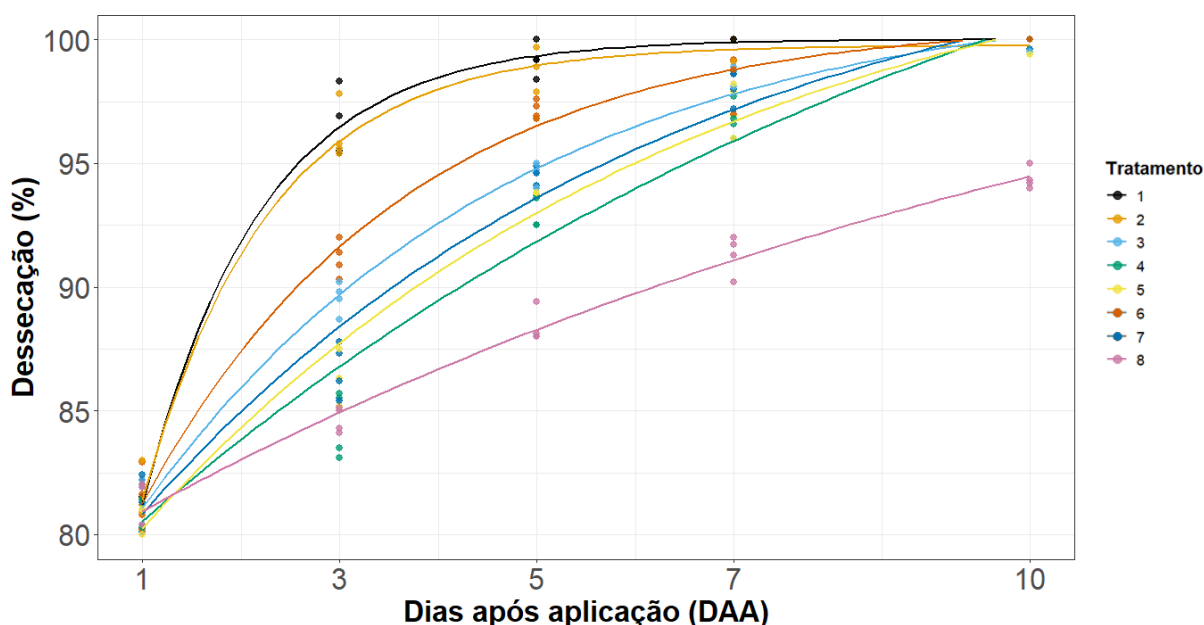


Figura 7. Ajuste de regressão para a dessecação (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, em função dos tratamentos de herbicida.

Em contraste, a testemunha (T8) apresentou a menor taxa de incremento da dessecação ao longo do período avaliado, com evolução mais lenta e sem atingir 100% no mesmo ritmo dos tratamentos submetidos à dessecação química, evidenciando a dependência exclusiva da senescência natural e das condições ambientais.

Quadro 11. Equações de regressão não linear ajustadas para a dessecação (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, em função dos tratamentos, e respectivos coeficientes de determinação (R²).

Tratamento	Equação da regressão	R ²
1	$y = 100,01 - 43,40 \cdot e^{(-0,836x)}$	0,991
2	$y = 99,77 - 40,08 \cdot e^{(-0,780x)}$	0,985
3	$y = 102,14 - 27,42 \cdot e^{(-0,264x)}$	0,991
4	$y = 113,06 - 36,17 \cdot e^{(-0,107x)}$	0,955
5	$y = 105,50 - 30,11 \cdot e^{(-0,176x)}$	0,979
6	$y = 100,84 - 28,55 \cdot e^{(-0,378x)}$	0,986
7	$y = 105,10 - 29,25 \cdot e^{(-0,187x)}$	0,970
8	$y = 105,65 - 26,98 \cdot e^{(-0,088x)}$	0,981

y: umidade; a: umidade inicial; e: número de Euler; b: taxa de secagem; x: DAA

De forma geral, o desempenho superior do tratamento T1 (diquate + florpirauxifeno-benzílico), observado tanto para desfolha quanto para dessecação, é coerente com o modo de ação do diquate, herbicida de contato que atua como inibidor do fotossistema I (FSI), promovendo rápida formação de espécies reativas de oxigênio, peroxidação lipídica, ruptura de membranas e colapso celular em poucas horas, resultando em necrose acelerada do tecido foliar (Gou, Li e Gao, 2022).

Estudos recentes em soja relatam comportamento semelhante, indicando que tratamentos contendo diquate, isolado ou em associação, figuram consistentemente entre aqueles que promovem maiores níveis de desfolha e dessecação nos primeiros dias após a aplicação, em razão de sua ação rápida e predominantemente de contato (Altmann et al., 2024).

Os resultados da análise de deviance para a umidade (%) indicaram efeitos significativos de Tratamento (T), Dias após a aplicação (DAA) e da interação Tratamento \times Dias após a aplicação (T \times DAA), conforme apresentado no Quadro B2 (Apêndice B).

A interação significativa entre Tratamento e Dias após a aplicação indica que o efeito dos tratamentos não foi constante ao longo do tempo, com a umidade variando ao longo do período avaliado. Em termos práticos, isso significa que os tratamentos diferiram não apenas nas médias de umidade observadas em determinados dias, mas

principalmente no padrão temporal de redução da umidade, caracterizando diferenças na velocidade e na dinâmica de secagem ao longo dos dias após a aplicação. Sendo assim, os tratamentos diferiram não apenas no “quanto” reduziram a umidade em um determinado dia, mas também em “como” essa redução ocorreu ao longo dos dias.

Esses resultados evidenciam que a resposta da umidade depende simultaneamente do tipo de tratamento aplicado e do tempo após a aplicação, aspecto diretamente relacionado ao objetivo agrônômico da dessecação pré-colheita, que visa acelerar e padronizar o processo de secagem para antecipação da colheita.

Comportamento semelhante foi observado por Moura et al. (2024), onde ao testarem diferentes herbicidas (glufosinato, saflufenacil, flumioxazina, carfentrazone, diquat, tiafenacil) aplicados em pré-colheita, tanto isolados quanto em associações, constataram que os tratamentos diferem significativamente não apenas na intensidade da resposta, mas também na dinâmica de redução de umidade e na evolução da dessecação ao longo do tempo.

Em função da interação significativa entre Tratamento e Dias após a aplicação, a comparação de médias foi realizada por desdobramento da interação, avaliando-se os tratamentos separadamente em cada dia de avaliação.

Observou-se separação estatística entre os tratamentos nos diferentes dias após a aplicação, com maior distinção nas avaliações iniciais e tendência de convergência dos tratamentos ao final do período avaliado (Quadro 12).

Quadro 12. Médias de umidade (%) da soja submetida a diferentes tratamentos de dessecação, avaliadas aos 1, 3, 5 e 7 dias após a aplicação (DAA), com comparação pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tratamento	1 DAA	3 DAA	5 DAA	7 DAA
1	32,67 c	23,47 c	14,02 b	13,15 ef
2	34,62 abc	25,90 bc	14,87 b	13,87 de
3	33,95 bc	24,37 c	17,87 b	14,12 bcd
4	35,32 ab	25,02 bc	15,07 b	14,02 cd
5	36,70 a	27,37 b	16,22 b	14,80 b
6	33,70 bc	24,22 c	14,30 b	13,30 f
7	37,02 a	27,70 b	15,95 b	14,70 bc
8	36,975 a	32,67 a	25,52 a	19,92 a
CV (%)	2.96	4.53	11.82	1.97

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a variável umidade, menores valores indicam condição mais favorável à colheita.

De modo geral, observou-se redução progressiva da umidade ao longo dos dias após a aplicação, entretanto, os tratamentos herbicidas aceleraram esse processo em relação à testemunha, evidenciando o efeito da dessecação pré-colheita em antecipar e uniformizar a colheita

No primeiro dia de avaliação a umidade ainda se manteve elevada em todos os tratamentos, variando aproximadamente entre 32,675% e 37,025%, o que indica que nesse intervalo inicial o processo de secagem ainda estava em fase de estabelecimento. Apesar disso, já é possível observar diferenças estatísticas entre tratamentos, com destaque para o T1 (diquate + florpiauxifeno-benzílico) que apresentou o menor valor médio (32,675%) de umidade.

Ao terceiro dia de avaliação, a redução de umidade tornou-se mais evidente e foi possível observar maior separação entre os tratamentos e a testemunha. Os tratamentos herbicidas apresentaram médias em torno de 23 a 28%, enquanto a testemunha permaneceu com valor elevado (32,675%), indicando que, sem aplicação, o processo natural de secagem ocorreu de forma consideravelmente mais lenta. Esse padrão sugere que, por volta de 3 dias após aplicação, os tratamentos já promoviam alterações

suficientes para acelerar a desidratação do sistema, refletindo o papel da dessecação em antecipar a perda de água e uniformizar a cultura.

No quinto dia de avaliação, ocorreu um avanço importante do processo: a maioria dos tratamentos atingiu umidade próxima a 14-17%, enquanto a testemunha ainda permaneceu em nível muito superior (25,525%). Essa diferença indica que os tratamentos de herbicidas aceleraram significativamente a aproximação do patamar de umidade adequado para colheita mecanizada, representando um ganho operacional relevante.

Por fim, no sétimo dia de avaliação, observa-se um comportamento de clara estabilização dos tratamentos herbicidas, com umidade variando aproximadamente entre 13,15% e 14,70%, indicando que, ao final do período avaliado, os tratamentos conduziram a cultura a patamares próximos ao ideal de colheita. Nesse período, as diferenças entre os tratamentos foram menores, sugerindo convergência da variável umidade, fenômeno esperado em processos de secagem quando se aproxima do equilíbrio final. (Santos et al., 2023).

Entretanto, mesmo com essa aproximação dos tratamentos, a testemunha permaneceu significativamente superior (19,925%), evidenciando que a ausência de aplicação manteve o sistema com secagem mais lenta e maior teor de água ao final do período. Essa diferença reforça o efeito positivo da dessecação para antecipar a colheita, sobretudo em situações em que a cultura pode permanecer com tecido verde ativo e prolongar o tempo necessário para atingir a umidade desejável. (Moura et al., 2024)

Entre os tratamentos, destaca-se o T1 (diquate + florpiauxifeno-benzílico) com um dos menores valores finais (13,150%), evidenciando elevado desempenho em promover redução da umidade ao final do período. Essa resposta é compatível com estudos recentes que apontam o diquate como um herbicida com forte efeito de contato e eficiência quando associado a estratégias de dessecação pré-colheita (Altmann et al., 2024).

A figura 8 apresenta a curva de regressão ajustada para a variável umidade (%), que apresenta tendência decrescente ao longo dos dias após a aplicação (DAA), indicando que ocorreu uma redução progressiva do teor de água nos grãos à medida que o tempo avançou. Observa-se que, nos primeiros dias após a aplicação, a umidade ainda se encontrava em valores elevados (aproximadamente entre 32 e 37% nos tratamentos), o que evidencia que, nesse período inicial, a cultura ainda mantinha alto teor hídrico e o processo de secagem estava apenas iniciando.

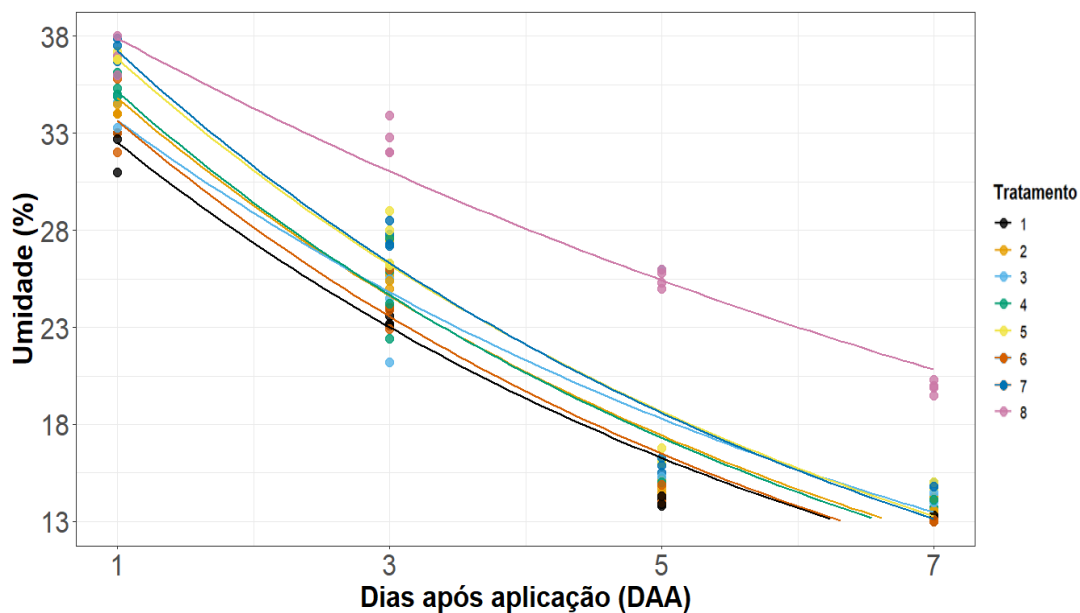


Figura 8: Ajuste de regressão para a umidade (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, em função dos tratamentos de herbicida.

Nos dias seguinte, entre 3 e 5 DAA, é possível observar uma queda mais acentuada da curva, caracterizando a fase de maior intensidade do dry-down, na qual a dessecação tende a acelerar a senescência e a desidratação do sistema planta–vagem–semente. Ao se aproximar de 7 DAA, a curva indica desaceleração na taxa de redução, com tendência de estabilização em patamares próximos à umidade adequada para colheita mecanizada. Esse comportamento é típico de processos de secagem em campo, nos quais a redução ocorre de forma mais rápida nos primeiros dias e passa a ser mais lenta conforme os valores se aproximam de níveis finais.

Além do comportamento geral, o ajuste de regressão evidencia diferenças na velocidade de secagem entre os tratamentos quando comparados com a testemunha, que apresentou uma redução de umidade visivelmente mais lenta ao longo dos dias, com manutenção de valores elevados mesmo ao final do período experimental.

Portanto, a regressão confirma que, embora exista uma tendência natural de redução da umidade com o avanço do tempo, os herbicidas avaliados foram capazes de alterar a cinética de secagem, acelerando a perda de água em relação ao controle e resultando em diferentes velocidades de aproximação ao ponto de colheita.

Com relação a antecipação de colheita, e considerando a faixa de umidade ideal para colheita da soja entre 13 e 15%, observou-se antecipação do ponto de colheita nos tratamentos dessecantes em relação à testemunha. Aos 5 dias após a aplicação (DAA), os

tratamentos 1 (diquate + florpiauxifeno-benzílico), 2 (tiafenacil+florpiauxifeno-benzílico) e 6 (carfentrazona-etílica+florpiauxifeno-benzílico) atingiram 14% de umidade, valor já adequado para colheita, evidenciando secagem mais rápida.

Aos 7 DAA, esses mesmos tratamentos apresentaram valores próximos de 13%, enquanto os demais tratamentos situaram-se em torno de 14%, também dentro da faixa recomendada. Em contraste, a testemunha somente atingiu níveis semelhantes aproximadamente 5 dias após a avaliação de 7 DAA (≈ 12 DAA), demonstrando atraso na secagem natural.

Assim, os tratamentos 1, 2 e 6, que receberam, respectivamente, aplicação de diquat, tiafenacil e carfentrazona-etílica, todos associados ao florpiauxifeno-benzílico, apresentaram potencial de antecipar a colheita em cerca de 7 dias em relação à testemunha, enquanto os demais tratamentos de herbicidas possibilitaram antecipação aproximada de 5 dias, favorecendo a logística operacional e reduzindo o risco de perdas por deterioração a campo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bagateli et al. (2025), onde constataram que os herbicidas aplicados (paraquate, diquate, glufosinato-sal de amônio, saflufenacil, carfentrazona-etílica) promoveram não somente uma redução mais rápida da umidade em comparação com a testemunha, mas também a antecipação da colheita, onde a testemunha levou até 18 dias para atingir a maturidade de colheita, enquanto os tratamentos de herbicidas atingiram essa condição mais rapidamente, antecipando a colheita em até 10 dias.

As equações de regressão não linear ajustadas para a umidade (%) ao longo dos dias após a aplicação apresentaram coeficientes de determinação elevados (R^2 entre 0,892 e 0,967), indicando bom ajuste do modelo aos dados experimentais (Quadro 13).

Quadro 13. Equações de regressão não linear ajustadas para a umidade (%) da soja ao longo dos dias após a aplicação, em função dos tratamentos, e respectivos coeficientes de determinação (R^2).

Tratamento	Equação da regressão	R^2
1	$y = 38,68 \cdot e^{(-0,173x)}$	0,961
2	$y = 41,38 \cdot e^{(-0,173x)}$	0,958
3	$y = 39,21 \cdot e^{(-0,152x)}$	0,892
4	$y = 41,93 \cdot e^{(-0,177x)}$	0,958
5	$y = 43,67 \cdot e^{(-0,170x)}$	0,965
6	$y = 40,24 \cdot e^{(-0,179x)}$	0,960
7	$y = 44,30 \cdot e^{(-0,174x)}$	0,963
8	$y = 41,87 \cdot e^{(-0,100x)}$	0,967

y: umidade; a: umidade inicial; e: número de Euler; b: taxa de secagem; x: DAA.

Para a condutividade elétrica, observou-se efeito significativo do fator Tratamento, indicando que os tratamentos de herbicida promoveram respostas distintas quanto à integridade das membranas das sementes. O fator Bloco não apresentou efeito significativo, evidenciando adequada homogeneidade experimental e indicando que as diferenças observadas foram atribuídas principalmente aos tratamentos aplicados (Quadro B3, Apêndice B).

A comparação de médias evidenciou que a maioria dos tratamentos submetidos à dessecação química apresentou valores significativamente menores de condutividade elétrica em relação à testemunha, com diferenças significativas entre tratamentos apenas para o T1 (diquate + florpiauxifeno-benzílico) e T2 (tiafenacil + florpiauxifeno-benzílico), refletindo diferentes níveis de integridade das membranas celulares das sementes (Quadro 14).

Quadro 14. Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) das sementes de soja submetidas a diferentes tratamentos de dessecação, com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tratamento	C.E ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)
1	51,13 c
2	72.65 ab
3	54.05 bc
4	62.80 bc
5	68,25 bc
6	65.08 bc
7	59.03 bc
8	90.20 a
CV (%)	12.85

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
CV: coeficiente de variação.

A testemunha (T8) apresentou o maior valor de condutividade elétrica ($90,20 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), indicando maior liberação de eletrólitos e, conseqüentemente, maior grau de danos às membranas e redução do vigor das sementes.

Em contraste, os tratamentos submetidos à dessecação química apresentaram valores significativamente menores de condutividade elétrica em relação à testemunha, indicando melhor preservação da integridade celular. O menor valor foi observado no tratamento T1 (diquate + florpiauxifeno-benzílico), com condutividade elétrica de $51,13 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$, evidenciando menor dano de membranas e melhor condição fisiológica das sementes ao final do ciclo.

Resultados como esse podem estar relacionados ao adequado posicionamento da aplicação em relação ao estágio fenológico, aliado à redução do tempo de exposição dos grãos à deterioração em campo, favorecendo a colheita em condições mais adequadas e com menor risco de sofrer umidificação novamente e danos (Silva et al., 2023). Zuffo et al. (2020) encontraram resultados semelhantes, onde o tratamento que recebeu aplicação com o herbicida diquate apresentou menor redução no vigor e qualidade fisiológica das sementes de soja.

Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários de condutividade elétrica, demonstrando que, embora existam diferenças entre as estratégias químicas, todas as aplicações de herbicidas/desseccantes foram mais eficientes que a ausência de dessecação em preservar a qualidade fisiológica das sementes

A condutividade elétrica é um indicador de vigor, pois expressa o nível de desorganização das membranas celulares após a embebição. Quanto maior o vazamento de eletrólitos, maior é o grau de deterioração e menor o potencial fisiológico (Prado et al., 2019). Diante disso, o fato de os tratamentos apresentarem diferenças significativas sugere que a prática de dessecação (ou ausência dela, no controle) influenciou a condição fisiológica final das sementes, possivelmente por alterar o tempo de permanência da cultura no campo em condições de elevada umidade, bem como o ritmo de maturação e estabilização do tegumento e das membranas.

Esse tipo de efeito é coerente com a literatura, que tem mostrado que a qualidade fisiológica pode piorar quando há maior exposição em campo após maturidade, principalmente por eventos de reumidificação e variações ambientais, que aceleram deterioração e comprometem integridade celular. (Sousa et al., 2025; Silva et al., 2023).

De acordo com a análise de variância, o peso de mil grãos (PMG) e a produtividade foram significativamente influenciados pelos tratamentos de dessecação ($p < 0,05$), conforme apresentado no Quadro B4 (Apêndice B).

Para o peso de mil grãos, todos os tratamentos diferiram significativamente da testemunha, porém não apresentaram diferenças significativas entre si. O tratamento com tiafenacil + florpiauxifeno-benzílico apresentou o maior PMG médio (212,58 g), seguido pelo tratamento com diquate + florpiauxifeno-benzílico (202,53 g), enquanto a testemunha apresentou o menor valor médio (154,65 g), evidenciando que a ausência da dessecação foi desfavorável para esse componente de rendimento (Quadro 15).

Quadro 15. Peso de mil grãos (PMG) e produtividade da soja submetida a diferentes tratamentos de dessecação pré-colheita, com comparação de médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tratamento	PMG(g)	Produtividade (sc/ha)
1	202,53 ab	68,57 ab
2	212,58 a	71,97 a
3	209,38 ab	70,89 ab
4	201,95 ab	68,38 ab
5	194,95 ab	62,62 b
6	194,00 ab	65,68 ab
7	188,80 ab	63,25 ab
8	154,65 c	52,36 c
CV (%)	5,85	5,76

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
CV: coeficiente de variação.

Já para a produtividade (sc/ha), os resultados mostram que houve diferença significativa entre os tratamentos, onde o tratamento que recebeu a aplicação de tiafenacil + florpiauxifeno-benzílico apresentou a maior produtividade média (71,97 sc/ha), enquanto a testemunha apresentou o menor valor (52,36 sc/ha). Os demais tratamentos permaneceram em valores intermediários, formando grupos estatísticos próximos ao tratamento de maior produtividade, indicando desempenho semelhante entre a maioria das misturas avaliadas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bagateli et al. (2025), onde constataram que os tratamentos com os herbicidas paraquate, diquate, glufosinato-sal de amônio, saflufenacil e carfentrazone-etílica promoveram rendimentos significativamente maiores quando comparados a testemunha, porém, sem diferenças significativas entre si.

A principal explicação para esse padrão está ligada ao fato de que o peso de mil grãos depende diretamente do enchimento final e do término do processo de maturação. Na testemunha (T8), a permanência da cultura em campo por mais tempo (mesmo que

pouco tempo a mais que os tratamentos), após a maturidade fisiológica, aumenta o risco de danos por fatores bióticos (pragas/doenças) e abióticos (ciclos de reumidificação e secagem), o que pode afetar a qualidade (vigor) e, em casos extremos, levar à perda de grãos antes da colheita. Em contraste, tratamentos com manejo químico de dessecação adequado em pré-colheita favorecem a uniformidade do dossel e permite a colheita em momento mais oportuno, minimizando a exposição da lavoura aos riscos climáticos e logísticos de campo aberto, o que ajuda a preservar o potencial de rendimentos alcançado naturalmente (Kendall et al., 2025).

No momento da condução do experimento (safra 24/25), as recomendações oficiais de bula para dessecação em pré-colheita da soja com o florpiauxifeno-benzílico ainda não haviam sido publicadas e devido a isso, o delineamento experimental baseou-se nos protocolos padrão utilizados para os dessecantes de contato (como os inibidores de PPO e FSI), que exigem o estágio R7.3 para garantir a segurança da semente. O fato de a bula atual (Agrofit, 2026) permitir a antecipação para R7.1 apenas corrobora a maior seletividade do florpiauxifeno-benzílico, mas para fins de comparação estatística entre tratamentos no experimento, optou-se pela padronização no estágio mais conservador.

O florpiauxifeno-benzílico, aplicado isoladamente, promoveu dessecação superior à testemunha, demonstrando seu potencial como alternativa na dessecação pré-colheita nas condições avaliadas. Como auxina sintética, sua ação está relacionada à desregulação hormonal, promovendo desorganização vascular progressiva e aceleração da senescência (Wang et al., 2021), no entanto, por não ser um herbicida de ação extremamente rápida, a redução da umidade ocorreu de forma mais gradual quando comparada às misturas mais agressivas (como as misturas com diquate e tiafenacil, por exemplo).

A associação com diquate resultou na resposta mais rápida do experimento, com 100% de desfolha aos 7 DAA e maior velocidade de redução da umidade. Isso ocorre porque o diquate atua como herbicida de contato dependente do FSI, gerando estresse oxidativo intenso e necrose rápida (Bai et al., 2022). A presença do florpiauxifeno-benzílico pode ter contribuído para ampliar a desorganização estrutural da planta, enquanto o diquate promoveu o colapso imediato dos tecidos. Essa combinação explica a antecipação mais acentuada da colheita.

Resultados obtidos por Albrecht et al. (2025) corroboram os resultados deste estudo. Os autores evidenciaram a eficácia do florpiauxifeno-benzílico na dessecação pré-colheita quando aplicado isoladamente, contudo, não foi superior ao diquate, que

promoveu dessecação da cultura mais rapidamente. Os autores ainda citam um ponto muito importante, que é a possibilidade de aplicação do florigrauxifeno-benzílico ainda no estágio fenológico R7.1 sem que haja danos à cultura, algo que para herbicidas como o diquate, que tem ação extremamente rápida e interrompe rapidamente o processo fotossintético da planta, é impossível.

Entre os herbicidas inibidores da PROTOX avaliados em associação com o florigrauxifeno-benzílico, observou-se que tiafenacil e carfentrazone-etílica promoveram redução de umidade mais rápida em comparação à flumioxazina, apesar de compartilharem o mesmo modo de ação. Essa diferença pode ser atribuída à intensidade e velocidade do dano inicial provocado por cada molécula. Tiafenacil e carfentrazone são reconhecidos por ação rápida, com ruptura de membranas e necrose quase imediata sob condições favoráveis (WDNR, 2022; Park et al., 2018), promovendo colapso celular mais abrupto.

A flumioxazina, embora também inibidora de protox, apresenta dinâmica de absorção e comportamento fisiológico distintos, sendo tradicionalmente associada a maior efeito residual em solo (Verona et al., 2022) e, em algumas situações, a ação menos agressiva na parte aérea. Dessa forma, nas condições avaliadas, a intensidade inicial do estresse oxidativo pode ter sido menor, resultando em redução de umidade menos acelerada.

Adicionalmente, diferenças na mobilidade e na distribuição do herbicida nos tecidos podem influenciar a uniformidade da necrose e o colapso vascular. Quando associadas ao florigrauxifeno-benzílico, moléculas que promovem dano oxidativo mais intenso tendem a potencializar o colapso estrutural da planta, acelerando o processo de dessecação. Assim, embora compartilhem o mesmo mecanismo bioquímico primário, as diferenças intrínsecas entre os inibidores de protox explicam o desempenho inferior da flumioxazina em comparação ao tiafenacil e à carfentrazone-etílica nas condições avaliadas.

No tratamento com glufosinato-sal de amônio, o mecanismo de ação envolve inibição da glutamina sintetase, levando ao acúmulo de amônia e desorganização metabólica (Altmann et al., 2024). Trata-se de um processo que, embora gere estresse oxidativo secundário, é menos imediato que o provocado por bupiridílios ou inibidores de protox. Isso explica a redução de umidade mais progressiva.

A amicarbazona (inibidora do FSII) apresenta um desempenho mais discreto na velocidade de secagem. Como sua ação depende de bloquear o transporte de elétrons para

interromper a produção de energia (Teixeira et al., 2024), um processo que é naturalmente mais lento, sua resposta pode ser mais gradual em estágio avançado de maturação, o que ajuda a explicar a ausência de destaque em velocidade de secagem.

Embora ainda sejam escassos os estudos que investigam a associação do florpiauxifeno-benzílico com outros herbicidas especificamente para a dessecação pré-colheita da soja, há trabalhos conduzidos em outras culturas que fornecem subsídios relevantes. Miller e Norsworthy (2018), avaliando a compatibilidade do florpiauxifeno-benzílico em associação com herbicidas amplamente utilizados na cultura do arroz, tanto sistêmicos (2,4-D, bispiribac, cialofop, fenoxaprop, halosulfuron, imazetapir, penoxsulam, quinclorac e triclopir) quanto de contato (acifluorfen, bentazona, carfentrazona, propanil e saflufenacil), verificaram ausência de antagonismo entre as misturas. Além disso, os autores destacam que a combinação com herbicidas de diferentes mecanismos de ação pode contribuir para o manejo da resistência, reduzindo a pressão de seleção e o desenvolvimento de biótipos resistentes.

De forma geral, os resultados indicam que as misturas que combinam o florpiauxifeno com herbicidas de ação mais rápida e com forte indução de dano oxidativo (diquate, tiafenacil e carfentrazona-etílica) proporcionam maior velocidade de dessecação e antecipação de colheita.

A condutividade elétrica permitiu avaliar o impacto dos tratamentos sobre a integridade das membranas celulares das sementes, sendo que valores mais baixos indicam menor lixiviação de eletrólitos e, conseqüentemente, maior potencial fisiológico.

Os resultados indicam que a maior velocidade de dessecação observada nos tratamentos com herbicidas de ação mais rápida (diquate+florpiauxifeno-benzílico) não comprometeu a integridade fisiológica das sementes, e mesmo nos tratamentos em que a redução da umidade ocorreu de forma mais gradual, como no florpiauxifeno-benzílico isolado e em associações com mecanismos de ação menos imediatos não houve comprometimento fisiológico severo, reforçando que, independentemente da velocidade de dessecação, a aplicação no estágio fenológico R7.3 foi determinante para preservar a qualidade das sementes.

De forma integrada, os resultados demonstram que a dessecação pré-colheita, realizada no estágio R7.3, constitui uma estratégia segura e eficiente para antecipação da colheita e preservação do rendimento. Independentemente da mistura utilizada, os tratamentos químicos proporcionaram maior uniformidade e redução do tempo de permanência da cultura em campo, sem comprometer produtividade, peso de mil grãos

ou vigor das sementes de maneira significativa. Assim, o floupiraxifeno-benzílico, isolado ou em associação com herbicidas de ação mais rápida, demonstra viabilidade agrônômica como ferramenta no manejo da dessecação pré-colheita da soja.

4. CONCLUSÃO

Os tratamentos químicos apresentaram respostas mais rápidas ao longo dos dias após a aplicação em relação a testemunha, com destaque para T1 (diquate + florpirauxifeno-benzílico), T2 (tiafenacil + florpirauxifeno-benzílico) e T6 (carfentrazone-etílica+florpirauxifeno-benzílico), que anteciparam a colheita em até 7 dias em relação a testemunha sem impactos significativos na integridade das membranas e rendimento final da cultura.

5. CONCLUSÃO GERAL

A dessecação pré-colheita da soja é eficiente para a uniformização da maturação e a antecipação da colheita, sem prejuízos à produtividade final.

A aplicação de herbicidas promoveu maior velocidade de desfolha, dessecação e redução da umidade dos grãos em relação à testemunha, enquanto diferenças consistentes entre os tratamentos herbicidas foram limitadas.

A dinâmica de secagem foi influenciada pelas condições ambientais, especialmente pela disponibilidade de luz, que atuou como fator modulador da velocidade de ação dos herbicidas de contato, com efeitos mais evidentes nos dias intermediários após a aplicação.

Todos os resultados referem-se às condições específicas avaliadas neste experimento, sendo de suma importância a validação de tais resultados em múltiplas safras, regiões e ambientes para consolidação das recomendações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; SILVA, A. F. M.; MIGLIAVACCA, R. A. et al.. Florpyrauxifen-benzyl: a new chemical group for use in preharvest soybean desiccation. **International Journal of Plant Production**, v. 19, n. 2, p. 313-322, mar. 2025. DOI: 10.1007/s42106-025-00335-5.

ALBRECHT, L. P.; YOKOYAMA, A. S.; ALBRECHT, A. J. P.; KOSINSKI, R.; MILLEO, R.; SILVA, A. F. M. Glufosinate and diquat in pre-harvest desiccation of soybean at four phenological stages, and their impact on seed quality. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 82, n. 3, p. 448-456, 2022. DOI: 10.4067/S0718-58392022000300448. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-58392022000300448&script=sci_arttext.

ALTMANN, H. M.; MOREIRA, D. G.; ADAMSKI, J. L.; ANTONOWISKI, M.; POTELICKI, V. A.; FIGURA, S. Effect of Carfentrazona-etílica associated with Diquate and glufosinate on pre-harvest desiccation of soybean. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 23, n. 1, p. 18-22, 2024. DOI: 10.5965/223811712312024018. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/24207>.

AMARAL, J. A. M.; MOTCHI, E. P.; OLIVEIRA, H. de; CARVALHO FILHO, A. de; NAIME, U. J.; SANTOS, R. D. dos. Levantamento detalhado dos solos do Campo Experimental de Ponta Porã, da Embrapa Agropecuária Oeste, município de Ponta Porã, MS. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2000. 41 p. (Documentos, 23). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/243688/1/CPAODOC.2300.pdf>

BAI, L.; CHEN, Y.; HUANG, S.; DING, R.; DONG, X. The mechanism of reactive oxygen species and pharmacological therapy in diquat poisoning. **Journal of Clinical Emergency**, v. 23, n. 8, p. 603–608, 2022. DOI: 10.13201/j.issn.1009-5918.2022.08.012.

BAGATELI, J. R. et al.. Pre-harvest desiccation strategies in soybean genotypes with contrasting maturation: effects on seed physiological quality and longevity. **Journal of Seed Science**, v. 47, p. e202547026, 2025.

BASSO, C. J.; PINTO, M. A. B. Dessecação e antecipação na colheita da soja: impacto sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente. In: MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. F.; VEY, R. T. (org.). Tecnologias aplicadas para o manejo rentável e eficiente da cultura da soja. Santa Maria: **Editora GR**, 2022.

BASÍLIO, S.; FURTADO JÚNIOR, M. R.; DE ALVARENGA, C. B.; VITÓRIA, E. L. d.; VARGAS, B. C.; PRIVITERA, S.; CARUSO, L.; CERRUTO, E.; MANETTO, G. Effect of Adjuvants on Physical–Chemical Properties, Droplet Size, and Drift Reduction Potential. **Agriculture**, v. 14, n. 12, p. 2271, 2024. DOI: 10.3390/agriculture14122271.

BLAT, N. R.; CARVALHO CAETANO, B. de; SILVA, L. F. O.; SILVA, G. Z. da; TORQUATO REGINALDO, L. T. R.; BRAZ, G. B. P.; GOULART, F. M.; SOUZA, M.

F. Effect of glyphosate application as a pre-harvest desiccant on yield components and seed quality of sorghum. **International Journal of Plant Production**, 2025. DOI: 10.1007/s42106-025-00376-w.

GONÇALVES, D. C.; SILVA, P. R. F.; NASCIMENTO, L. A.; COSTA, R. R.; SOUZA, B. M.; SANTOS, M. V.; MARTINS, A. C. (2024). Efeitos do manejo químico e biológico na cultura da soja: implicações para produtividade e sustentabilidade. In: **AGRONOMIA E SUSTENTABILIDADE – Avanços e perspectivas para sistemas agrícolas resilientes**. São Paulo: Editora Científica Digital. DOI: 10.37885/241118193.

GUO, H.; LI, L.; GAO, L. Paraquat and Diquate: recent updates on their pretreatment and analysis methods since 2010 in biological samples. **Molecules**, Basel, v. 28, n. 2, e684, 2023. DOI: 10.3390/molecules28020684. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/2/684>.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. J.; XAVIER, S. A.; CANTERI, M. G. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 248-250, 2010. DOI: 10.1590/S0100-54052010000300012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-54052010000300012&script=sci_arttext

KENDALL, M. A.; MOURTZINIS, S.; CONLEY, S. P. Harvest aid applied at soybean growth stage R7 rarely impacted seed protein or oil yield. **Agronomy Journal**, 2025. DOI: 10.1002/agj2.70109. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/393092241_Harvest_aid_applied_at_soybean_growth_stage_R7_rarely_impacted_seed_protein_or_oil_yield.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1991. Cap. “Teste de condutividade elétrica”. p. 1-24.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; PRADO, J. P.; HENNING, F. A. **Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor da semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 20 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 199). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1158188>.

MILLER M. R., NORSWORTHY J. K. Espectro de controle de plantas daninhas do florpiauxifen-benzil e compatibilidade de mistura em tanque com outros herbicidas comumente aplicados no cultivo de arroz. **Weed Technology**. 2018;32(3):319-325. doi:10.1017/wet.2017.107.

MOURA, J. V. O.; MEDEIROS, E. S.; SILVA, P. V.; SCHEDENFFELDT, B. F.; MONQUERO, P. A.; SILVA, G. P.; MAUAD, M.; BORGES, R. P. P. N.; FRANÇA, N.; SALMAZO, P. A. V.; MONTEIRO, M. S.; MASETTO, T. E. Herbicides in pre-harvest desiccation of X-Tend soybean. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 32, n. 2, p. 171-180, 2024. DOI: 10.17957/IJAB/15.2190. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/381559243_Herbicides_in_Pre-harvest_Desiccation_of_X-Tend_Soybean.

OLIVEIRA, K. R.; SAMPAIO, F. R.; SIQUEIRA, G. S.; GALVÃO, Í. M.; BENNETT, S. J.; GRATÃO, P. L.; BARBOSA, R. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja cultivadas em diferentes ambientes de campo de baixa altitude e tempo de armazenamento. **Plant Soil and Environment**, v. 67, n. 2, p. 92-98, 2021.

PARK, J.; AHN, J. O.; NAM, J.-W.; HONG, M.-K.; NAMSOO, C.; KIM, T.; YU, G.-H.; CANTOU, S.-K. Biochemical and physiological mode of action of tiafenacil, a new protoporphyrinogen IX oxidase-inhibiting herbicide. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 152, p. 38–44, 2018. DOI: 10.1016/j.pestbp.2018.08.010. PRADO, R. D. et al. Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 407-415, 2018. DOI: 10.1590/2317-1545v41n4214988. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/jss/a/Dk8LRp5dgXGV9CZ95NVyyPp/?lang=en>

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 393 p. ISBN 978-65-5467-104-0. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1176834>

SANTOS, W. F.; HORVATHY NETO, A.; SILVA, A. G. da; BRACCINI, A. L.; BRAZ, G. B. P.; JAKELAITIS, A.; PERIN, A. Desempenho de herbicidas na dessecação pré-colheita de cultivares de soja. **Controle de Ervas Daninhas J**, v. 22, e202300777, jul. 2023.

SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A. **Tecnologia de aplicação de herbicidas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 30 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 78).

SILVA, G. F. d.; CHAMMA, L.; LUPERINI, B. C. O.; CHAVES, P. P. N.; CALONEGO, J. C.; NAKAGAWA, J.; SILVA, E. A. A. d. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função de sistemas de manejo do solo e dessecação pré-colheita. **Agronomy**, v. 13, n. 3, art. 847, 2023. DOI: 10.3390/agronomy13030847.

SILVA, P. V. da; BEZERA, M. M.; MEDEIROS, E. S.; DAMBRÓS, T. C.; MAUAD, M.; MONQUERO, P. A.; NUNES, F. A.; SCHEDENFFELDT, B. F. Pre-harvest desiccation strategies of soybean culture: a scenario without paraquate. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 57, n. 9, p. 710-719, 2022. DOI: 10.1080/03601234.2022.2100680. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35861133/>.

SOUSA, C. H. C.; ZUFFO, A. M.; MEZZOMO, R.; BARROZO, L. M.; STEINER, F.; EL-TAYEB, M. A.; ABDELGWAD, H.; ALVES, C. Z.. Physiological and sanitary quality of soybean seeds in response to harvest delay. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 56, p. 1-8, 2025. DOI: 10.5935/1806-6690.20250033. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rca/a/8hRPkJRtRr5v5zg4FN3Wwqz/?format=html&lang=en>.

TEIXEIRA, M. M.; AGUIAR, G. R.; SILVA, J. M.; SILVA, K. T. M.; SIEBENEICHLER, S. C. Photosystem II inhibitor herbicides. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n7-192>.

VERONA, R. B.; CICONET, G. J.; LIBERALESSO, G. H.; FATH, L. A.; SAUER, A. V.; OLIAS, C.; WEISSHEIMER, P.; LIMA, J. A.; LAJÚS, C. R. Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-semeadura na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). In: **TERRITORIALIDADES DA AGRICULTURA BRASILEIRA**. Capítulo 4, p. 51-63. São Paulo: Editora Científica Digital, 30 jun. 2022. DOI: 10.37885/220408734.

Wang, H., Sun, X., Yu, J., Li, J., & Dong, L. The phytotoxicity mechanism of florpyrauxifen-benzyl to *Echinochloa crus-galli* (L.) *P. Beauv* and weed control effect. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 179, 104978, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104978>.

WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. Carfentrazone-ethyl chemical fact sheet. Wisconsin: WDNR, 2022. Disponível em: <https://dnr.wisconsin.gov>.

ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G.; CARVALHO, E. R.; TEODORO, P. E. Harvest times with chemical desiccation and the effects on the enzymatic expression and physiological quality of soybean seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 361–370, abr./jun. 2020. DOI: 10.1590/1983-21252020v33n209rc.

7. APÊNDICE A

Quadro A1. Resultados da análise de deviance seguidos e do teste de normalidade para a desfolha e dessecação.

Variável	Tratamento (T)	DAA	T x DAA	CV (%)	p-SW
Desfolha (%)	5,72*	4,76*	0,45	3,94%	<0,0001
Dessecação	13,67*	19,31*	0,61	3,45%	0,018
GL	6	3	18		

GL: graus de liberdade; DAA: dias após a aplicação; TxDAA: interação entre tratamentos e dias após a aplicação; CV: Coeficiente de Variação; p-SW: valor p do teste de Shapiro-Wilk. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro A2. Resultados da análise de deviance seguidos e do teste de normalidade para a umidade.

Variável	Bloco	Tratamento (T)	DAA	T x DAA	CV (%)	p-SW
Umidade	3,566*	0,936	77,931*	2,069*	38,31%	0,191
GL	3	6	3	18		

GL: graus de liberdade; CV: Coeficiente de Variação; p-SW: valor p do teste de Shapiro-Wilk. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro A3. Resumo da análise de variância para o peso de mil grãos (PMG) e a produtividade da soja em função dos diferentes horários de aplicação do diquate.

Variável	Bloco	Tratamento (T)	CV (%)	p-SW
PMG	3,85*	0,822	11,76%	0,263
Produtividade	1,48	3,067*	35,90	0,021
GL	3	6		

GL: graus de liberdade; CV: Coeficiente de Variação; p-SW: valor p do teste de Shapiro-Wilk. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

8. APÊNDICE B

Quadro B1. Resultados da análise de deviance para desfolha e dessecação da soja em função dos tratamentos e dos dias após a aplicação.

Variável	Bloco	Tratamento (T)	DAA	T x DAA	CV (%)	p-SW
Desfolha	7,99*	82,54*	17,91*	9,39*	0,97	0,0026
Dessecação	0,473	176,62*	2698,54*	28,10*	0,94	0,0489
GL	3	7	3	21		

GL: graus de liberdade; CV: Coeficiente de Variação; p-SW: valor p do teste de Shapiro-Wilk. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro B2. Resultados da análise de deviance seguidos e do teste de normalidade para a umidade.

Bloco	Tratamento (T)	DAA	T x DAA	CV (%)	p-SW
2,152	58,795*	1711,52*	4,900*	40,60%	< 0,0001
GL	3	7	3	21	

GL: graus de liberdade; CV: Coeficiente de Variação; p-SW: valor p do teste de Shapiro-Wilk. * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quadro B3. Resumo da análise de variância para a condutividade elétrica das sementes de soja em função dos tratamentos de herbicidas.

Bloco	Tratamento (T)	CV (%)	p-SW
1,367	8,549*	12,85%	0,1301
GL	3	7	

GL: graus de liberdade; CV: Coeficiente de Variação; p-SW: valor p do teste de Shapiro-Wilk. * significativo a 5% de probabilidade.

Quadro B4. Resumo da análise de variância para o peso de mil grãos (PMG) e a produtividade da soja em função dos tratamentos de herbicida.

Variável	Bloco	Tratamento (T)	CV (%)	p-SW
PMG	0,738	10,56*	5,85	0,832
Produtividade	0,711	11,03*	5,76	0,813
GL	3	7		

GL: graus de liberdade; CV: Coeficiente de Variação; p-SW: valor p do teste de Shapiro-Wilk. * significativo a 5% de probabilidade.