

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRARIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

INFLUÊNCIA DOS HORÁRIOS DE APLICAÇÃO NA
EFICÁCIA DE FORMULAÇÕES DE GLUFOSINATO SAL DE
AMÔNIO NA DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA

RAFAEL PESSONI PEREIRA NASCIMENTO BORGES

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL

2024

**INFLUÊNCIA DOS HORÁRIOS DE APLICAÇÃO NA EFICÁCIA DE
FORMULAÇÕES DE GLUFOSINATO SAL DE AMÔNIO NA
DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA**

Rafael Pessoni Pereira Nascimento Borges

Orientador: Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

B732i Borges, Rafael Pessoni Pereira Nascimento

Influência dos horários de aplicação na eficácia de formulações de glufosinato sal de amônio na dessecação pré-colheita da soja [recurso eletrônico] / Rafael Pessoni Pereira Nascimento Borges. -- 2024.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Paulo Vinicius da Silva.

TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024. Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

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

1. Antecipar. 2. Foto-dependência. 3. Foto-exposição. 4. Fisiologia. 5. Eficiência. I. Silva, Paulo Vinicius Da. II. Título.

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

**INFLUÊNCIA DOS HORÁRIOS DE APLICAÇÃO NA EFICÁCIA DE
FORMULAÇÕES DE GLUFOSINATO SAL DE AMÔNIO NA
DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA**

Por

Rafael Pessoni Pereira Nascimento Borges

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO

Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva
Orientador – UFGD/FCA

Profa. Ma. Bruna Ferrari Schedenfeldt
Membro da Banca – UNESP/FCA

Prof. Dr. Elias Silva de Medeiros
Membro da Banca – UFGD/FACET

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade, saúde e discernimento que me permitiram chegar até aqui, por me conceder a graça da vida e por todos os milagres que tem realizado na minha vida desde o meu nascer.

Aos meus pais Wagner e Lucimar por todo amor, dedicação e apoio que me mantiveram firme nessa trajetória e que apesar da distância nunca mediram esforços para que essa etapa se tornasse possível na minha vida, e, aos meus irmãos Gabriel, Pedro e Ana Júlia por sempre estarem ao meu lado e serem fonte de apoio e inspiração durante toda minha vida.

À minha namorada Nayane Soares França por sempre estar do meu lado durante essa jornada, pela paciência e dedicação em sempre me ajudar e em me ver feliz, e a sua família, em especial Amaury Jr. e Maura Bartira por sempre terem me acolhido como parte da família desde que os conheci.

Ao meu amigo e orientador Dr. Paulo Vinicius da Silva por sempre ter depositado confiança no meu trabalho, pela amizade e companheirismo de sempre e pelas orientações que me guiam não só na minha graduação, mas também na minha vida profissional e pessoal desde meu primeiro semestre.

A todos os integrantes do Grupo de Estudos de Plantas Daninhas (GEPLAD) que nunca mediram esforços para me auxiliar não só na condução deste projeto, mas em todos meus projetos acadêmicos, pela amizade e suporte durante todos esses anos, espero ter contribuído para o grupo o mesmo tanto que o grupo contribuiu e continua a contribuir para mim.

Ao Professor Dr. Elias Silva de Medeiros pela orientação e suporte incondicional com as análises estatísticas que permitiram a devida finalização deste trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) pelo espaço cedido para condução deste projeto e pela concessão de bolsa de iniciação científica durante o período de condução experimental.

Ao Grupo de Estudos em Ecofisiologia de Plantas (GEEP), em especial aos professores Cleberton C. Santos e Silvana de Paula Q. Scalon, e à doutoranda Juliana M. Silvério pelos ensinamentos e suporte na condução das análises fisiológicas presentes neste projeto.

Aos membros da banca Prof. Dr. Paulo Vinicius da Silva, Prof. Dr. Elias Silva de Medeiros e Profa. Ma. Bruna Ferrari Schedenfeldt por todas as eventuais correções e pela disponibilidade em prestigiarem o trabalho.

A todos que colaboraram de alguma forma na condução deste projeto, a minha eterna gratidão!

BORGES, R. P. P. N. **Influência dos horários de luz na eficácia de formulações de glufosinato sal de amônio na dessecação pré-colheita da soja.** 2024. XX f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da grande Dourados, Dourados, 2024.

RESUMO

A dessecação pré-colheita da soja é um processo que visa antecipar e uniformizar a maturação da cultura. Nesse contexto, o glufosinato sal de amônio – disponível em diferentes formulações – é uma possibilidade para essa prática. Porém, sua eficácia pode variar em decorrência do horário de aplicação. Logo, este trabalho objetivou avaliar o melhor posicionamento de duas formulações de glufosinato (Finale[®] e Trunfo[®]) sob diferentes horários de aplicação na dessecação pré-colheita da soja. Para tal, foram conduzidos dois experimentos em delineamento experimental de blocos casualizados e com quatro repetições. A aplicação ocorreu no estágio fenológico R7.3, com dose de 400g i.a.ha⁻¹, para ambas as formulações, sendo os experimentos constituídos por 6 tratamentos com diferentes tempos de exposição à luz. Para isso, os tratamentos foram aplicados em horários distintos: 12 Horas Luz (06:20), 8 Horas Luz (10:20), 4 Horas Luz (14:20), 12 Horas Escuro (18:20), 8 Horas Escuro (22:20) e 4 Horas Escuro (02:20), além de uma testemunha. Avaliações de dessecação e desfolha foram conduzidas visualmente aos 3, 5, 7 e 10 dias após a aplicação (DAA) e retiradas fotografias das parcelas para quantificação de pixels verdes via software ImageJ[®]. Foram feitas coletas diárias de vagens para avaliação da maturação dos grãos por análise de umidade em estufa e quantificação de pixels verdes. Às 24 horas após a aplicação, foram coletadas folhas para análise de danos de membrana em condutivímetro, além de análise de fluorescência inicial (F0) e máxima (Fm), e estimada a Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR). Por fim, após o período de condução experimental, as parcelas foram colhidas manualmente e avaliada produtividade e peso de 1000 grãos. Para análise estatística, os dados foram submetidos ao software R, onde foi aplicado o Teste F, e quando significativo a 5%, aplicado o Teste Tukey e construída a análise de regressão. Para desfolha, em relação a Finale[®], 12 e 8 horas luz atingiram valores superiores a 90%, além de serem os únicos a se diferirem da testemunha. Para Trunfo[®], todos os tratamentos com luz mostraram valores semelhantes (próximos a 90%) e se diferiram dos demais. Já para Dessecação, os índices foram proporcionais à quantidade de horas de exposição à luz para a primeira formulação e indiferente para a segunda, padrão este, observado também para a quantificação de pixels verdes nas parcelas. Para maturação de grãos, a primeira formulação mostrou queda acentuada para 12 e 8 horas de luz, enquanto a segunda não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Para danos de membrana, 8 horas de luz apresentou os maiores valores para ambas as formulações. Para F0, todos os tratamentos com glufosinato apresentaram valores superiores ao da testemunha com índices entre 30 e 45. Para Fm, os maiores valores foram observados para 4 Horas Escuro, e os menores, para 12 e 8 Horas Luz para ambas as formulações. Em relação à Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR), para Finale[®], apenas 4 Horas Escuro não se diferiu da testemunha enquanto para a segunda formulação, apenas 12 Horas Luz se diferiu da mesma. Concluiu-se, portanto, que ainda que ambas formulações sejam foto-dependentes, Finale[®] apresenta maior eficácia em um menor período de tempo. Entretanto, Trunfo[®] se mostrou menos foto-dependente ainda que necessite de maior intervalo de tempo para sua devida eficácia. Portanto, a escolha da formulação deve variar de acordo com a condição climática no momento da aplicação e da disponibilidade de dias de espera para a colheita.

Palavras-chave: Antecipação; Foto-dependência; Foto-exposição; Fisiologia; Eficiência.

ABSTRACT

The soybean's pre-harvest desiccation is a process that aims to anticipate and uniformize the crop's maturation. In this context, the ammonium glufosinate – available in different formulations – is a possibility for this practice. However, its efficacy can vary according to the hour of application. Thus, this work aimed to evaluate the best positioning of two different ammonium glufosinate formulations (Finale[®] and Trunfo[®]) under different hours of application in soybean's pre-harvest desiccation. For this purpose, it was conducted two experiments in experimental design of casualized blocks with four repetitions. The application occurred at the phenological stage of R7.3, in a dose of 400g a.i.ha⁻¹, for both formulations, and the experiments were constituted by 6 treatments with different times of light exposure. For that, the treatments were applied in distinct hours: 12 Hours Light (06:20), 8 Hours of Light (10:20), 4 Hours of Light (14:20), 12 Hours of Dark (18:20), 8 Hours of Dark (22:20) and 4 Hours of Dark (04:20) besides a witness. Defoliation and desiccation evaluations were conducted visually at 3, 5, 7 and 10 days after the application (DAA) and taken pictures of the experimental unities for green pixels quantification through software ImageJ[®]. Daily, it was collect pods samples for grains maturation evaluation through moisture analysis in stove and green pixels quantification. At 24 hours after the application, it was collected leaves for membrane disruption analysis in conductivimeter, besides initial fluorescence (F₀) and maximum fluorescence (F_m) and estimated the electron transport rate (ETR) evaluations. By the end, after the period of experimental conduction, the experimental unities were harvested manually and evaluated yield and 1000 grains weight. For statistical analysis, the data was submitted to R's software, where it was applied the F test, and when significant at 5%, applied the Tukey's test and built the regression analysis. For defoliation, in relation to Finale[®], 12 and 8 Hours of Light reached values superior to 90%, and were the only ones to differ from the witness. For Trunfo[®], all treatments with light exposure presented similar values (next to 90%) and differed from the witness other ones. For desiccation, the levels were proportional to the quantity of hours of light exposure for the first formulation and indifferent for the second one, which pattern, was also observed for the green pixel's quantification in the experimental unities. For grain's maturation, the first formulation showed sharp drop for 12 and 8 hours of light, while the second one, showed no statistical difference among treatments. For membrane disruption, 8 hours of light presented the highest values for both formulations. For F₀, all treatments with glufosinate showed values superior to the witness with levels between 30 and 45. For F_m, the highest values were observed for 4 hours of dark, and the lowest ones, for 12 and 8 hours of light for both formulations. In relation to electron transport rate (ETR), for Finale[®], only 4 hours of dark, while for the second formulation, only 12 hours of light differed from the witness. Therefore, it's concluded that although both formulations are photo-dependent, Finale[®], showed higher efficacy in a shorter period of time. However, Trunfo[®] showed less photo-dependency although it needs a longer period for its correct efficacy. Therefore, the formulation choosing must vary according to the climatic conditions in the moment of application and availability of days between the application and harvest.

Key Words: Anticipation; Photo-dependency; Photo-exposition; Physiology; Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Climograma referente aos dados de: Temperatura Máxima (°C), Temperatura Mínima (°C) e Pluviosidade (mm) ao longo do período de condução do experimento. 22
- Figura 2.** Em sequência, imagens retiradas das unidades experimentais correspondentes à testemunha aos 3, 5, 7 e 10 DAA. 24
- Figura 3.** Em sequência, imagens retiradas das plantas amostrais correspondentes à testemunha aos 3, 5, 7 e 10 DAA. Erro! Indicador não definido.
- Figura 4.** Em sequência, imagens retiradas das vagens amostrais correspondentes à testemunha aos 1 DAA, 5 DAA e 10 DAA. 25
- Figura 5.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) e o ajuste da regressão (b) quando avaliada a Desfolha (%) para Finale[®]. 29
- Figura 6.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) e o ajuste da regressão (b) quando avaliada a Desfolha (%) para Trunfo[®]. 29
- Figura 7.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) e o ajuste da regressão (b) quando avaliada a Dessecação (%) para Finale[®]. 31
- Figura 8.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) e o ajuste da regressão (b) quando avaliada a Dessecação (%) para Trunfo[®]. 32
- Figura 9.** Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Pixels para Finale[®]. 34
- Figura 10.** Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Pixels para Trunfo[®]. 36
- Figura 11.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) quando avaliada a Umidade (%) para Finale[®]. 37
- Figura 12.** Resultado do ajuste da regressão Beta com função de ligação logit quando avaliada a Umidade (%) para Finale[®]. 38
- Figura 13.** Resultado do ajuste da regressão Beta com função de ligação logit quando avaliada a Umidade (%) para Trunfo[®]. 39
- Figura 14.** Resultado do ajuste da regressão Beta com função de ligação logit quando avaliada a Vagens (%) para Finale[®]. 40
- Figura 15.** Resultado do ajuste da regressão Beta com função de ligação logit quando avaliada a porcentagem de pixels verdes para Vagens (%) para Trunfo[®]. 40
- Figura 16.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada a variável Danos de Membrana para as formulações Finale[®] e Trunfo[®], respectivamente. 41
- Figura 17.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada a variável Fluorescência Inicial (F0) para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente. 43

- Figura 18.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada as variáveis Fluorescência Máxima (Fm) para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente.44
- Figura 19.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliado a variável Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR) para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente.44
- Figura 20.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada as variável Produtividade para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente.46
- Figura 21.** Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada as variável Peso de 1000 grãos para as formulações Finale[®] e Trunfo[®], respectivamente.47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo no local de condução experimental realizado na profundidade de 0-20cm.....	22
Tabela 2. Tratamentos de herbicidas, seus respectivos nomes comerciais e doses (g i.a/ha-1) utilizados para aplicação na dessecação pré-semeadura da soja	23
Tabela 3. Condições Climáticas referentes a Temperatura Máxima e Mínima (°C), Umidade Relativa do Ar (%) e Precipitação Acumulada (mm) nos diferentes horários de aplicação dos tratamentos.	24
Tabela 4. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Desfolha e Dessecação para Finale [®]	28
Tabela 5. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Desfolha e Dessecação para Trunfo [®]	28
Tabela 6. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Pixels para Finale [®]	33
Tabela 7. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Pixels para Trunfo [®]	33
Tabela 8. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliado o percentual de Umidade para Finale [®]	36
Tabela 9. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliado o percentual de Umidade para Trunfo [®]	37
Tabela 10. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW).	41
Tabela 11. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW) para as variáveis Fluorescência inicial (F0), Fluorescência máxima (Fm) e Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR).....	42
Tabela 12. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW).	45

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CULTURA DA SOJA	16
3.2 DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA	17
3.3 O HERBICIDA GLUFOSINATO SAL DE AMÔNIO:	19
3.4 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS À APLICAÇÃO DO GLUFOSINATO:	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 LOCAL DE CONDUÇÃO EXPERIMENTAL:	22
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL:	23
4.3 AVALIAÇÕES DE DESFOLHA E DESSECAÇÃO	24
4.4 AVALIAÇÃO DE MATURAÇÃO DAS VAGENS E GRÃOS:	25
4.5 AVALIAÇÃO DE DANOS DE MEMBRANA:	25
4.6 AVALIAÇÕES PELO FLUORÔMETRO E ETR:	26
4.7 AVALIAÇÕES PÓS-COLHEITA (PRODUTIVIDADE E PESO DE MIL GRÃOS):	26
4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA:	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 DESFOLHA:	28
5.2 DESSECAÇÃO:	30
5.3 QUANTIFICAÇÃO DE PIXELS VERDES	33
5.4 MATURAÇÃO DE VAGENS E GRÃOS	36
5.5 DANOS DE MEMBRANA	41
5.6 FLUORÔMETRO E ETR	42
5.7 AVALIAÇÕES PÓS-COLHEITA	45
5.7.1 PRODUTIVIDADE	45
5.7.2 PESO DE MIL GRÃOS	46
6. CONCLUSÕES	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

Com uma produção de 147.336,6 milhões de toneladas de soja na safra 2023/24, o Brasil tem apresentado incremento na produtividade da cultura, fato este, que foi impulsionado principalmente devido à adoção e investimento em novas tecnologias no sistema de produção (Conab, 2024; Embrapa, 2023). Todavia, condições climáticas instáveis observadas no momento da colheita favoreceram a permanência da cultura no campo por um maior período, e consequentemente, a tornou suscetível a intensos ataques de pragas, maiores custos de produção e consequentes perdas irreversíveis de produtividade. A cenário regional, no estado de Mato Grosso do Sul, observou-se precipitações em forma de pancadas e volumes instáveis e mal distribuídas, o que por sua vez, desfavoreceu a colheita de áreas que foram semeadas antecipadamente, além do registro de temperaturas médias superiores à média histórica para municípios como Rio Brillante e Dourados, (Conab, 2024; Fietz *et al.*, 2024a). Nesse contexto, um manejo essencial que visa a antecipação da colheita e consequente melhor produção é a aplicação de herbicidas na dessecação pré-colheita (Oliveira & Morais, 2019; Pagliarini *et al.*, 2021).

A dessecação pré-colheita da soja é uma prática que visa uniformizar a maturação dos grãos, antecipar o momento da colheita, auxiliar no controle de plantas daninhas e permitir a semeadura antecipada da próxima cultura a ser implantada, principalmente em regiões como o Mato Grosso do Sul, onde a cultura de sucessão – o milho segunda safra – é semeada praticamente de forma concomitante com a colheita da soja (Zuffo *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2021; Quadros *et al.*, 2020; Famasul, 2024), e portanto, o atraso na colheita da soja acarreta em prejuízos diretos no cultivo do milho segunda safra. Esse fato foi observado na safra 2023/24 no estado do Mato Grosso do Sul, onde o atraso da colheita da soja ocasionou atraso da janela de semeadura do milho, e, portanto, tornou a cultura suscetível a possíveis adversidades climáticas como estiagem, geadas e granizo (Famasul, 2024).

Associado à necessidade da rápida semeadura do milho, ocorre um constante posicionamento de cultivares de soja com ciclos curtos, que ainda que atinjam o ponto de maturação mais rapidamente, o mesmo não ocorre de forma uniforme, e portanto, explicita a necessidade do uso de ferramentas que visem a correta uniformização da cultura e consequente redução de perdas (Botelho *et al.*, 2022). No entanto, o momento da aplicação do herbicida na dessecação pré-colheita deve levar em consideração o estágio fenológico da cultura, visando assim, evitar perdas significativas de produtividade e da qualidade fisiológica das sementes. Por isso, os produtos registrados tem sua recomendação de aplicação entre os estágios R7.1 e R7.3, porém, o posicionamento equivocado – a exemplo de diquat em R7.1 – pode resultar em

perdas de produtividade de até 30% (Araújo *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2021; Albrecht *et al.*, 2022).

Atualmente, existem alguns produtos registrados para a dessecação pré-colheita da soja, a exemplo de: diquat, glufosinato sal de amônio, carfentrazone, flumioxazina e tiafenacil, ou ainda, associações como diquat + flumioxazina e diquat + amicarbazone (Agrofit, 2024). Todavia, devido à menor eficácia notada para herbicidas como flumioxazina, saflufenacil e carfentrazone quando utilizados de forma isolada e às possíveis perdas de produtividade para diquat (Moura *et al.*, 2024; Albrecht *et al.*, 2022), destaca-se então, o posicionamento do herbicida inibidor da glutamina sintetase (GS): glufosinato sal de amônio, uma vez que sua já comprovada eficácia o posiciona como uma das principais alternativas para a dessecação pré-colheita após o banimento do paraquat (Albrecht *et al.*, 2023). Sua aplicação ocasiona o rápido acúmulo de amônio nas plantas devido à inibição da enzima responsável pela sua conversão em nitrito, levando-as a morte. Ainda, estudos recentes correlacionam a eficácia do glufosinato com a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), reações estas, que são caracterizadas por serem extremamente foto-dependentes (Takano *et al.*, 2019).

Dessa forma, o glufosinato sal de amônio se torna um herbicida muito controverso devido a sua eficácia variável em detrimento de efeitos como: horário de aplicação e temperatura (Takano & Dayan, 2020). Isso se deve principalmente ao fato de que, sob condições diurnas, ocorre intensa atividade da enzima GS, e, associado a isso, a formação de EROs pelo glufosinato só ocorre de forma massiva sob foto-exposição. Assim, quando aplicado em horários noturnos, a baixa produção de EROs e a mínima atividade da GS ocasionam em baixos danos às plantas, e conseqüentemente, permitem que sejam sintetizadas novas enzimas GS, impossibilitando a sua devida dessecação. Em contrapartida, quando aplicados sob condições de foto-exposição, a produção de EROs é tão massiva que impede a síntese de GS, e, portanto, favorece o efeito de dessecação da planta alvo (Takano *et al.*, 2020a).

Associado a isso, em decorrência das inconsistências climáticas nos últimos anos em relação a características como quantidade e intensidade de chuvas e intensidade luminosa, ao coincidir com o final do ciclo de vida da soja, pode vir a acarretar na eficácia variável do glufosinato sal de amônio na dessecação pré-colheita, impedindo a antecipação desejada da colheita, e conseqüentemente, atrasando o processo. Por isso, torna-se fundamental a compreensão acerca do seu comportamento sob diferentes horários de aplicação (Moura *et al.*, 2024; Famasul, 2023).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o melhor posicionamento de duas formulações de glufosinato (Finale[®] e Trunfo[®]) sob diferentes horários de aplicação na dessecação pré-colheita da soja através dos seguintes objetivos específicos:

- A. Avaliar as alterações fisiológicas da cultura nos diferentes horários como resposta à aplicação do herbicida;
- B. Avaliar intensidade e tempo das respostas morfológicas: desfolha e dessecação da cultura após a aplicação do herbicida.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA DA CULTURA DA SOJA

Pertencente à família *Fabaceae* e considerada a cultura responsável por impulsionar mudanças importantes no sistema de produção agrícola nacional a partir de 1960, a soja é uma oleaginosa que se posiciona como uma das culturas de maior importância mundial e possui características que lhe confere diversas finalidades, como seus grãos ricos em proteínas, que tornam seu cultivo essencial tanto para a alimentação humana quanto animal (Pino & Rocha, 2020; Kumari *et al.*, 2024). Ainda que não seja reconhecida mundialmente como alimento básico da população como cereais a exemplo do trigo e arroz, a soja se posiciona como importante fonte de proteína e óleo vegetal, possibilitando seu emprego como adubo verde e forrageiro (Silva *et al.*, 2022).

Anualmente, o seu comércio movimentava quantidades significativas de dólares, e devido a esse fator, existe constante busca por inovações para favorecer seu sistema de produção através do maior rendimento dos seus grãos (Silva *et al.*, 2022). Vale ressaltar, que, ainda que seu cultivo enfrente adversidades como condições climáticas em diversas regiões brasileiras, o país mantém altos níveis de produção sendo estes considerados satisfatórios diante de cenários extremos (Conab, 2024).

Como demonstrado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), no ano de 2023, o PIB oriundo da cadeia de produção da soja apresentou crescimento de 21% quando comparado com o obtido no ano anterior, sendo que, no ano de 2022, os valores apresentados representaram 5,9% do PIB nacional e 23,2% do PIB do agronegócio brasileiro. Vale ressaltar ainda, que esses dados refletiram positivamente no mercado empregatício uma vez que os valores de população ocupada na sua cadeia produtiva foi de 2,32 milhões de pessoas em 2023, valores estes, superiores em 10,74% aos de 2022 (Cepea, 2023; Embrapa, 2023).

Em relação às práticas adotadas para seu cultivo, deve-se destacar que em alguns cenários como o do estado do Mato Grosso do Sul, a colheita da soja e semeadura do milho safrinha ocorrem praticamente no mesmo período. Isso foi registrado pela Federação da Agricultura e Pecuária do Mato Grosso do Sul, (2024), que de acordo com o levantamento realizado no estado, tanto a colheita da soja da safra 2023/24, quanto a semeadura do milho safrinha apresentaram avanços significativos no mesmo mês (março), o que implica a impossibilidade e/ou dificuldade de posicionamento de alguns herbicidas com efeito residual na dessecação pré-colheita da soja, uma vez que podem resultar em efeitos fitotóxicos ao milho em subsequência, a exemplo do flumioxazina, que ainda que seja posicionado para dessecação pré-colheita da soja, exige um intervalo de pelo menos 14 dias para a semeadura do milho (Moura *et al.*, 2024; Agrofit, 2024).

3.2 DESSECAÇÃO PRÉ-COLHEITA DA SOJA

Pelo fato da soja se posicionar como uma cultura de alta relevância e impacto na economia em um cenário mundial, todo e qualquer fator que possa vir a interferir no seu desenvolvimento e consequente produção se torna relevante (Silva *et al.*, 2023). Assim, a dessecação pré-colheita da soja se torna uma etapa importante do seu sistema de produção por promover vantagens como a uniformização da população, preservação da qualidade fisiológica dos grãos e redução dos teores de umidade dos grãos, permitindo assim, um menor tempo de permanência dos grãos no campo, e consequentemente, evitando processos de deterioração irreversíveis (Kamphorst & Paulus, 2019).

Dessa forma, visando minimizar a exposição dos grãos às condições climáticas e adversidades como ataque de percevejos e incidência de doenças ao final do ciclo da cultura, a dessecação pré-colheita deve ser realizada no estágio fenológico correto a fim de evitar possíveis perdas de produtividade. Assim, o momento de aplicação pode se dar no estágio R7.2, ou seja, quando as plantas apresentam entre 50 e 75% de amarelecimento nas vagens e folhas, mas principalmente em R7.3, quando essa taxa se torna superior a 75% (Zagonel, 2005; Griffin *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2015).

Nesse contexto, Araújo *et al.*, (2018), avaliando os herbicidas glufosinato sal de amônio e diquat, observou que ambos os herbicidas proporcionaram dessecação eficiente, e consequentemente, permitiram a antecipação da colheita da cultura. Porém, quando aplicados nos estágios fenológicos R6 e R6.5, resultaram em prejuízos em termos de produtividade e qualidade fisiológica das sementes. Controversamente, não foram notados efeitos negativos quando aplicado no estágio R7.2. Portanto, o correto momento da dessecação pré-colheita da

soja é fundamental, uma vez que fatores estressantes como herbicidas podem ocasionar em danos aos grãos (Marchi *et al.*, 2021).

Historicamente, o herbicida mais utilizado para a dessecação pré-colheita da soja era o paraquat, que se trata de um herbicida de ação de contato, amplo espectro de controle e não seletivo, o que o tornou por muitos anos uma opção viável para a modalidade de dessecação pré-colheita de algumas culturas, dentre elas, a soja (Zobiolo *et al.*, 2018; Kalsing *et al.*, 2020; Bellaloui *et al.*, 2020). Porém, estudos que correlacionavam seu uso com o surgimento da doença do mal de Parkinson, levou a sua proibição em diversos países e sua proibição temporária no Brasil em 2017 (Camargo *et al.*, 2020; Kim, 2020; Tsai; 2020; Anvisa, 2017). Todavia, devido à falta de alternativas de uso em caso de substituição do paraquat, tal decisão foi revisada, sendo então imposto o seu uso restrito até o ano de 2020, quando foi finalmente banido (Camargo *et al.*, 2020), tornando então necessário, a busca por herbicidas alternativos para a dessecação pré-colheita da soja (Albrecht *et al.*, 2022).

Nesse contexto, alguns herbicidas passaram a se destacar ao serem posicionados para essa modalidade, dentre eles, o diquat – herbicida inibidor do fotossistema I – e glufosinato sal de amônio, inibidor da enzima glutamina sintetase (Moura *et al.*, 2024). Além disso, herbicidas como o flumioxazina, carfentrazone, saflufenacil, e o mais recente tiafenacil, ou seja, herbicidas inibidores da enzima PROTOX, também são utilizados na dessecação pré-colheita da soja ainda que em quantidades menos significativas (Moura *et al.*, 2024). Dentre essas alternativas, deve se levar em consideração que ainda que os herbicidas de contato, como diquat e glufosinato sal de amônio, sejam majoritariamente utilizados devido a sua rápida eficácia, seu efeito é altamente dependente das condições climáticas no momento da aplicação (Moura *et al.*, 2024; Carmo *et al.*, 2023; Park *et al.*, 2018).

O glufosinato é um herbicida com translocação limitada, comumente posicionado tanto para o manejo de plantas daninhas quanto para a dessecação pré-colheita de culturas como a soja (Albrecht *et al.*, 2022). É um herbicida que tem sido utilizado amplamente como substituto do paraquat na dessecação pré-colheita, apresentando registro para dessecação de culturas como: batata, cana-de-açúcar, cevada, ervilha, grão de bico, soja e trigo (Agrofit, 2024), sendo que estudos como os conduzidos por Araújo *et al.*, (2018) e Finoto *et al.*, (2017) destacam a possibilidade de uso do glufosinato sem qualquer perda relacionada à produtividade. Atualmente existem diversos produtos formulados a base de glufosinato, porém, existem poucos estudos voltados à comparação de eficácia dessas diferentes formulações na dessecação pré-colheita (Albrecht *et al.*, 2022).

3.3 O HERBICIDA GLUFOSINATO SAL DE AMÔNIO:

O glufosinato sal de amônio é um herbicida de ação rápida, utilizado como dessecante e o único produto registrado cujo modo de ação se baseia na inibição da enzima glutamina sintetase (GS) (Takano & Dayan, 2020). A inibição da GS como resultado da aplicação desse produto resulta em um acúmulo rápido de amônia na estrutura vegetal, além da diminuição da glutamina e diversos outros aminoácidos presentes na planta, seguido por queda da fixação de CO₂, clorose, e por fim, morte da planta (Donthi & Kumar, 2022). Em relação as suas características físico-químicas, se trata de um ácido fosfínico pertencente ao grupo químico dos organofosforados (Zhou *et al.*, 2020), não é volátil e é extremamente hidrofílico com diferentes constantes de ionização (Agrofit, 2024). Sua absorção ocorre majoritariamente via difusão celular, ou seja, a absorção deste herbicida é dependente dos diferentes gradientes de concentração de amônio glufosinato no interior e exterior celular vegetal. (Takano *et al.*, 2020b).

Em cenário comercial, o amônio glufosinato teve seu início de comercialização no Canadá por volta de 1993 e 1994, sendo que, recentemente, atingiu valores de áreas tratadas de 12 milhões hectares por ano em 2014 e apresenta crescente incremento nos sistemas de produção (Busi *et al.*, 2018). Essa incrementação se deve ao crescente número de reportes de biótipos de plantas daninhas resistentes ao herbicida glifosato, o que ocasionou no uso do amônio glufosinato como forma de contornar essa problemática (Heap, 2024; Takano *et al.*, 2020b).

Associado a isso, a criação e comercialização de culturas tolerantes ao glufosinato sal de amônio, tornou esse herbicida fator chave no manejo de plantas daninha. Ainda que a resistência ao glifosato tenha sido fator primordial para o impulsionamento de sua comercialização, a quantidade de área tratada com glifosato ainda é significativamente maior do que a com glufosinato sal de amônio. Estudos atribuem esse fato à inconsistente eficácia do glufosinato sal de amônio, visto que este, é dependente de fatores climáticos e condições de aplicação (Donthi & Kumar, 2022).

3.4 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS À APLICAÇÃO DO GLUFOSINATO:

Sob condições normais de processos fisiológicos, as plantas produzem níveis baixos de elementos reativos de oxigênio (EROs) em diferentes organelas celulares. Essa produção não resulta no acúmulo destas substâncias uma vez que, simultaneamente, ocorre intensa atividade de mecanismos antioxidantes, resultando assim, no fato de que a taxa de O₂ consumido pelas plantas que resulta na formação de EROs se dá a uma taxa inferior a 2% devido

a esse delicado balanço existente entre os EROs e os mecanismos antioxidantes (Noctor *et al.*, 2018). Entretanto, esse balanço pode ser afetado por diferentes tipos de estresse a exemplo da aplicação de herbicidas (Noctor *et al.*, 2018; Traxler *et al.*, 2023).

Em relação ao glufosinato sal de amônio, ainda que seu mecanismo de ação seja a inibição da enzima glutamina sintetase, seu rápido efeito de fitotoxicidade nas plantas provavelmente não se dá por essa ação em si, uma vez que, se fosse o caso, o glufosinato apresentaria velocidade de eficácia semelhante a herbicidas inibidores de enzimas, tais quais os inibidores da acetolactato sintetase, ou ainda, ao glifosato, inibidor da EPSPS (Takano *et al.*, 2019). Portanto, estudos recentes atribuem a sua rápida eficácia à formação de EROs, que por sua vez, ocasionam massiva peroxidação de lipídios nos tilacoides dos cloroplastos e consequente destruição de membranas e morte celular (Takano *et al.*, 2019; Takano *et al.*, 2020; Abdeen & Miki, 2009).

Vale ressaltar que a inibição da enzima glutamina sintetase é fator primordial para a formação de EROs, uma vez que, plantas submetidas à aplicação de glufosinato sob condições de foto-exposição tem seu sistema antioxidante sobrecarregado com a inibição da enzima, e portanto, o fluxo de elétrons acaba por ser aceito pelo O₂ oriundo do processo de hidrólise da água, ocasionando assim, na formação dos elementos reativos de oxigênio. Portanto, as plantas tem seus processos de fotorrespiração e transporte de elétrons significativamente afetados pelo glufosinato, e assim, demonstram respostas fisiológicas à aplicação, como o aumento significativo da ação de enzimas antioxidantes, tais quais: catalase, ascorbato peroxidase e superóxido dismutase, visando assim, alcançar o delicado balanço pré-existente entre os mecanismos antioxidantes e a existência de EROS (Takano *et al.*, 2019; Takano *et al.*, 2020a; Abdeen & Miki, 2009).

Ainda que a variação da eficácia do glufosinato sal de amônio seja amplamente estudada, e, portanto, sua translocação sob diferentes condições de umidade e temperatura se mostre bem conhecida – quando comparado a outros produtos – existe certa escassez de estudos acerca dos impactos fisiológicos deste herbicida nas plantas e sobre como a fisiologia pode vir a compreender melhor sua eficácia e translocação. À exemplo, por mais que o glifosato seja considerado um herbicida lipofílico, o mesmo possui boa translocação ao longo do corpo vegetal, o que pode indicar a presença de um transporte ativo que permita o seu deslocamento (Takano *et al.*, 2020b; Barker & Dayan, 2019; Takano *et al.*, 2019). Já em relação ao glufosinato, não há estudos voltados para compreender se a translocação do glufosinato é influenciada pela presença de um transporte ativo ou se dá apenas por movimento passivo (Takano *et al.*, 2020a).

Dessa forma, ainda que os resultados relacionados à eficácia do glufosinato – seja na dessecação pré-colheita da soja ou no controle de plantas daninhas – sejam amplamente conhecidos, e conseqüentemente, o herbicida se posicione como uma boa alternativa de posicionamento principalmente na dessecação pré-colheita da soja (Albrecht *et al.*, 2023), estudos voltados para a compreensão de seus efeitos fisiológicos são escassos, e portanto, seus efeitos ainda não de ser provados (Takano & Dayan, 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE CONDUÇÃO EXPERIMENTAL:

Foram conduzidos dois experimentos a campo na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), cujas coordenadas geográficas são 22°13'52,44'' de latitude sul e 54°59'10,53'' de longitude oeste, e apresenta clima tropical de acordo com a classificação climática de Koppen (Fietz *et al.*, 2024b). Na Tabela 1 se encontram disposta análise com as características químicas do solo referente à área de condução experimental.

Tabela 1. Análise química do solo no local de condução experimental realizado na profundidade de 0-20cm.

Análise química do solo									
cmol/dm ³							%	SMP	
Ca	Mg	H+Al	SB	T	Al	K	P	V	pH
3,63	1,56	6,57	5,27	11,84	0,24	18	28,34	44,5	5,84
pH CaCl2	pH H2O		P	K		Al	H+Al		
4,73	5,48		0,211	14		0,2	1,88		

Fonte: Laboratório de fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas, FCA.

A condução do experimento se deu no período de 20 de fevereiro de 2024 a 01 de março de 2024, e durante esse período, foram coletados dados climáticos referentes a Temperatura máxima e mínima (°C) e pluviosidade (mm) através da Estação Agrometeorológica Embrapa Oeste localizada na Fazenda Experimental. Na Figura 1, está disposto o climograma referente à época de realização dos experimentos.

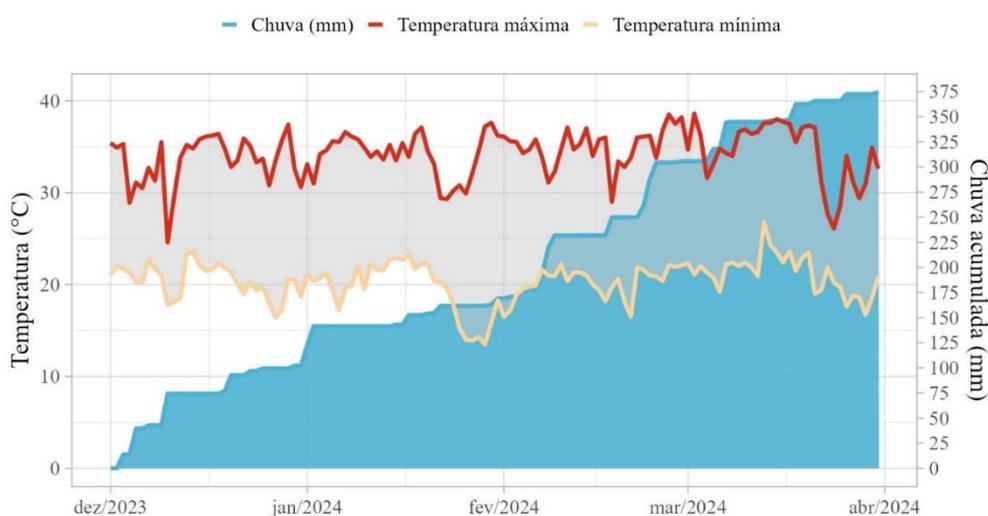


Figura 1. Climograma referente aos dados de: Temperatura Máxima (°C), Temperatura Mínima (°C) e Pluviosidade (mm) ao longo do período de condução do experimento.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL:

Ambos os experimentos foram posicionados em delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC) com quatro repetições. Os tratamentos foram todos constituídos pelo herbicida glufosinato sal de amônio em diferentes horários de aplicação, os quais se encontram dispostos na Tabela 2, sendo posicionado no experimento 1, a formulação Finale[®], e no segundo, Trunfo[®]. As unidades experimentais de ambos experimentos foram constituídas de parcelas de 3x5 metros, resultando em uma área total por parcela de 15m², com 6 linhas de soja em cada unidade experimental espaçadas em 0,45m, e, totalizando uma área experimental de 420m².

Tabela 2. Tratamentos de herbicidas, seus respectivos nomes comerciais e doses (g i.a ha⁻¹) utilizados para aplicação na dessecação pré-semeadura da soja

Tratamentos	Horários de Exposição	Horários de Aplicação	Experimento 1	Experimento 2
			Formulação Comercial ¹	Formulação Comercial ²
T1	12 Horas de Luz	06:20	Finale [®]	Trunfo [®]
T2	8 Horas de Luz	10:20	Finale [®]	Trunfo [®]
T3	4 Horas Luz	14:20	Finale [®]	Trunfo [®]
T4	12 Horas Escuro	18:20	Finale [®]	Trunfo [®]
T5	8 Horas Escuro	22:20	Finale [®]	Trunfo [®]
T6	4 Horas Escuro	02:20	Finale [®]	Trunfo [®]
T7	Testemunha			

Os experimentos foram posicionados em sistema de cultivo de plantio direto em área previamente cultivada com trigo. A semeadura da cultura da soja foi realizada em 08 de novembro de 2023 de forma mecanizada com semeadoura mecânica de vinte e seis linhas em espaçamento de 0,45m. A semeadura foi realizada de forma a permitir 12 sementes por metro linear, resultando assim, na obtenção de uma população aproximada de 266 mil plantas por hectares. A adubação da cultura foi realizada no sulco de plantio por meio de adubo formulado 00-20-20 a 300Kg ha⁻¹. As sementes utilizadas foram tratadas com fungicida e inseticida: piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil (05 + 45 + 142,6 g i.a. ha⁻¹).

A aplicação dos tratamentos foi conduzida no dia 20 de fevereiro de 2024. Durante a aplicação, foram realizadas verificações das condições climáticas na área experimental. Para tal, foi utilizada a base de dados da estação Agrometeorológica da Embrapa, interligada ao guia clima, sediada na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da UFGD. Os dados coletados foram relativos à temperatura máxima e mínima (°C), pluviosidade (mm) e umidade relativa do ar (%) no período de condução se encontram dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Condições Climáticas referentes a Temperatura Instantânea (°C), Velocidade do vento (Km/h) e Umidade Relativa do Ar (%) nos diferentes horários de aplicação dos tratamentos.

Horário	Temperatura Instantânea (°C)	Velocidade do vento (Km/h)	Umidade Relativa do Ar (%)
06:20	21	0.0	88
10:20	29	0.1	91
14:20	31	0.5	55
18:20	28	0.0	45
22:20	23	0.9	56
02:20	21	0.0	75

4.3 AVALIAÇÕES DE DESFOLHA E DESSECAÇÃO

Aos 3, 5, 7 e 10 dias após a aplicação foram realizadas avaliações de desfolha e dessecação da cultura da soja. A avaliação de dessecação foi realizada de forma visual seguindo a escala de fitotoxicidade proposta pela “*European Weed Research Council*” (Ewrc, 1964) que varia de 0 a 100%, na qual 0% corresponde à ausência de sintomas de fitotoxicidade na cultura, e 100%, à morte das plantas. Já em relação à avaliação de desfolha, foi conduzida com base na escala proposta por Hirano *et al.*, (2010) para fitopatologia, sendo esta, adaptada para a desfolha ocasionada por herbicidas.

Durante os mesmos períodos de avaliação foram retiradas imagens das unidades experimentais de forma a permitir a posterior quantificação de pixels verdes via software computacional, sendo que estas, foram ajustadas virtualmente de forma que a área compreendida em cada imagem represente apenas a área da unidade experimental referida, minimizando assim a existência de erros. Na Figura 2 se encontra representado imagens das parcelas durante os períodos de avaliação.



Figura 2. Em sequência, imagens retiradas das unidades experimentais correspondentes à testemunha aos 3, 5, 7 e 10 DAA.

4.4 AVALIAÇÃO DE MATURAÇÃO DAS VAGENS E GRÃOS:

Ao longo dos 10 dias de condução do experimento, foram realizadas coletas diárias de amostras de vagens e de grãos da área. As amostras de cada unidade experimental foram então homogeneizadas de acordo com os tratamentos e posicionadas em sequência de acordo com o bloco experimental. Então, foram retiradas fotografias de forma a permitir a posterior quantificação de pixels verdes por meio do software computacional ImageJ[®] como disposto na Figura 3.



Figura 3. Em sequência, imagens retiradas das vagens amostrais correspondentes à testemunha aos 1 DAA, 5 DAA e 10 DAA.

Durante os mesmo períodos das avaliações de desfolha e dessecação (3, 5, 7 e 10 DAA), foi avaliado a umidade dos grãos por meio do método da estufa, no qual, os grãos obtidos foram pesados em balança analítica, posicionados em recipientes de alumínio e submetidos a estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por um período de 24 horas. Passado o período, as amostras foram novamente submetidas à pesagem, e então, tornando possível estimar a porcentagem de umidade nos grãos pela diferença do peso dos anterior e posterior à estufa.

4.5 AVALIAÇÃO DE DANOS DE MEMBRANA:

Para a avaliação de Danos de Membrana, foram selecionadas 5 folhas homogêneas de cada unidade experimental, e estas, levadas a laboratório por meio de caixas de isopor preenchidas com recipientes de gelo. Então, foram obtidos três discos foliares de 5mm de cada folha. Os discos foliares foram posicionados em tubos de ensaio contendo 20mL de água deionizada, e os tubos, tampados com papel alumínio e submetidos a 24 horas de escuro. Para tal, as amostras foram posicionadas dentro de câmara de germinação sem fotoperíodo e com temperatura corrigida para 25°C .

Passado o período, através de condutivímetro, foi realizado a leitura da condutividade elétrica (us/cm) das amostras analisadas, sendo esta, considerada a leitura inicial. Posteriormente, as amostras foram então submetidas a banho maria a 100°C por um período de 60 minutos, e então, realizado a leitura da condutividade elétrica novamente, sendo esta,

considerada a leitura final. Os dados referentes aos danos de membrana foram obtidos então a partir da proporção da leitura inicial pela final.

4.6 AVALIAÇÕES PELO FLUORÔMETRO E ETR:

Às 24 horas após a aplicação do último tratamento, foram conduzidas as avaliações de fluorescência das plantas submetidas à aplicação das formulações de glufosinato sal de amônio. A metodologia conduzida foi semelhante à descrita por Hassannejad *et al.*, (2020). Na qual, a campo, folhas amostrais foram submetidas a determinado período de exposição ao escuro (30 minutos), para tal, as amostras foram envoltas com papel alumínio. Passado o período determinado, foi retirado o papel e realizadas as análises. As leituras foram conduzidas por meio de fluorômetro digital portátil, e, após a medição, foram considerados os dados para: fluorescência inicial (F0) e Fluorescência Máxima (Fm).

Para a avaliação de Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR), a metodologia utilizada foi a mesma de Araldi *et al.*, (2011), na qual os valores são obtidos por meio de equação na qual se constam dados relacionados a: radiação fotossinteticamente ativa, produção de quantum do Fotossistema II, coeficiente de absorção foliar e fração de luz absorvida pelo complexo antena, sendo considerado os valores de 0,84 e 05 para coeficiente de absorção foliar e fração de luz absorvida pelo complexo antena, uma vez que são valores médios para muitas espécies de plantas. Foi-se obtido o produto das variáveis, e o resultado, expresso em micromols.dm⁻³.

4.7 AVALIAÇÕES PÓS-COLHEITA (PRODUTIVIDADE E PESO DE MIL GRÃOS):

Terminados os períodos de avaliação, foi realizada a colheita manual da área. Para tal, foi realizada a colheita da área útil de cada unidade experimental, ou seja, de duas linhas centrais de cada parcela, descartando-se assim, 0,5m das extremidades e permitindo a consequente minimização de erros e padronização da colheita. As plantas colhidas foram submetidas ao processo de trilhagem para obtenção apenas dos grãos de soja, os quais foram submetidos à pesagem, afim de obter a massa total de grãos correspondente a cada parcela, e permitindo estabelecer a correlação para os níveis de produtividade.

Para avaliação de peso de mil grãos, a partir dos grãos obtidos do processo de trilhagem e pesagem, obteve-se amostras as quais foram submetidas ao contador de grãos do tipo NV-C/01. Após a obtenção da contagem de mil grãos a partir do aparelho, a amostra obtida foi então submetida a pesagem em balança analítica, permitindo assim, a massa correspondente a referida quantidade de grãos de soja.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA:

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2023). O pacote *gamlass* (Stasinopoulos *et al.*, 2017) foi utilizado para ajustes dos modelos GAMLSS, e o pacote *ggplot2* (Wickam, 2016) para apresentação gráfica. Devido às características das variáveis, foram ajustados os Modelos Aditivos Generalizados para Localização, Escala e Forma (GAMLASS) com diferentes distribuições de probabilidade (Rigby *et al.*, 2019). A fim de verificar o efeito dos fatores, foi construída a Análise de Deviance e calculado a estatística F, sendo que quando significativo a 5%, aplicado o teste de Tukey e o Ajuste da Regressão.

Para as variáveis: Desfolha (%) e Dessecação (%), foi utilizado o modelo GAMLASS com Beta Inflacionada de 1's e em relação à umidade (%), utilizado GAMLASS com Beta. Para Danos de Membrana, GAMLASS com Normal, sendo que para todas as variáveis foi considerado o Bloco como de efeito aleatório, com exceção para Umidade (%), a qual, considerou-se a Parcela (Tratamento x Bloco) como efeito aleatório. Em relação aos parâmetros de locação, para as variáveis: Desfolha (%), Dessecação (%) e Umidade (%), foi aplicado função de ligação *logit*, enquanto para Danos de Membrana (us/dm), Peso de 1000 grãos, F0 e Fm, foi utilizada função de ligação *log*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESFOLHA:

Para a variável desfolha, como apresentado na Tabela 4, para Finale[®], observou-se efeito para os fatores Tratamento e Dias Após a Aplicação (DAA), porém, não se observou para a interação Tratamento x Dias Após a Aplicação (T x DAA). Já para a variável Dessecação, houve efeito ($p < 0,05$) para todas as variáveis dispostas.

Tabela 4. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Desfolha e Dessecação para Finale[®].

Variável	Estatística F (**, significativo a 5%)			CV (%)	p-SW
	Tratamento (T)	DAA	T x DAA		
Desfolha (%)	6,778**	86,126**	0,590	7,71%	0,078
Dessecação	2,958**	129,423**	1,803**	7,39%	0,138

Já em relação à formulação Trunfo[®], quando avaliado a Desfolha (%), o cenário foi semelhante ao observado para Finale[®], com apenas a interação Tratamento x Dias Após Aplicação sem apresentar efeito significativo. Entretanto, para Dessecação (%) não houve efeito para Tratamento, enquanto para os demais fatores (DAA e T x DAA), observou-se efeito significativo, como disposto na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Desfolha e Dessecação para Trunfo[®].

Variável	Estatística F (**, significativo a 5%)			CV (%)	p-SW
	Tratamento (T)	DAA	T x DAA		
Desfolha (%)	22,109**	155,062**	1,261	5,67%	0,218
Dessecação	2,125	207,076**	2,001**	6,84%	0,096

Em relação à variável Desfolha, como notado na Figura 4a, para Finale[®], foi possível observar que dentre as diferentes horas de exposição à luz ou escuro, os tratamentos com 12 e 8 Horas Luz apresentaram os maiores índices com valores próximos a 90%, além de serem os únicos a se diferirem da testemunha, já que todos os tratamentos com exposição ao escuro apresentaram menores índices e não se diferiram da mesma. Entretanto, nota-se ainda, que, todos os tratamentos apresentaram índices de desfolha superiores à testemunha (inferior a 80%), ainda que os tratamentos com 12, 8 e 4 horas escuro e 4 horas luz não tenham apresentado diferença significativa.

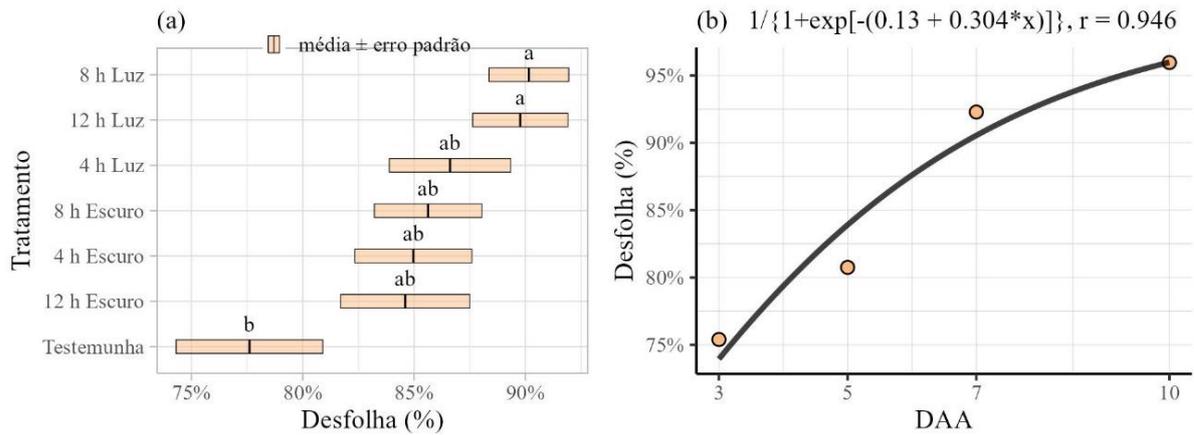


Figura 4. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) e o ajuste da regressão (b) quando avaliada a Desfolha (%) para Finale[®].

Como a interação tratamento x DAA não foi significativa, foi construído apenas o ajuste de regressão que se encontra disposto na Figura 4b. Em relação à curva, nota-se que ao longo dos períodos avaliados, a Desfolha da cultura foi crescente. Nota-se ainda, que para todos os tratamentos, os valores de desfolha atingem 80% ainda na avaliação aos 5 DAA, e apresentam valores muito próximos a 100% na última avaliação.

Já para Trunfo[®], foi possível observar a necessidade de menores horários de exposição a luz ainda que sucinta. Tal fato é observado na Figura 5a, onde nota-se que todos os tratamentos com exposição à luz (12, 8 e 4 Horas Luz) apresentaram valores próximos a 90% e se diferiram estatisticamente da testemunha, que por sua vez apresentou índices próximos a 75% de desfolha. Já para os tratamentos com exposição ao escuro (12, 8 e 4 Horas Escuro) o cenário foi semelhante ao observado para a primeira formulação (Finale[®]), ou seja, não se diferiram da testemunha ainda que apresentem índices superiores a 75%.

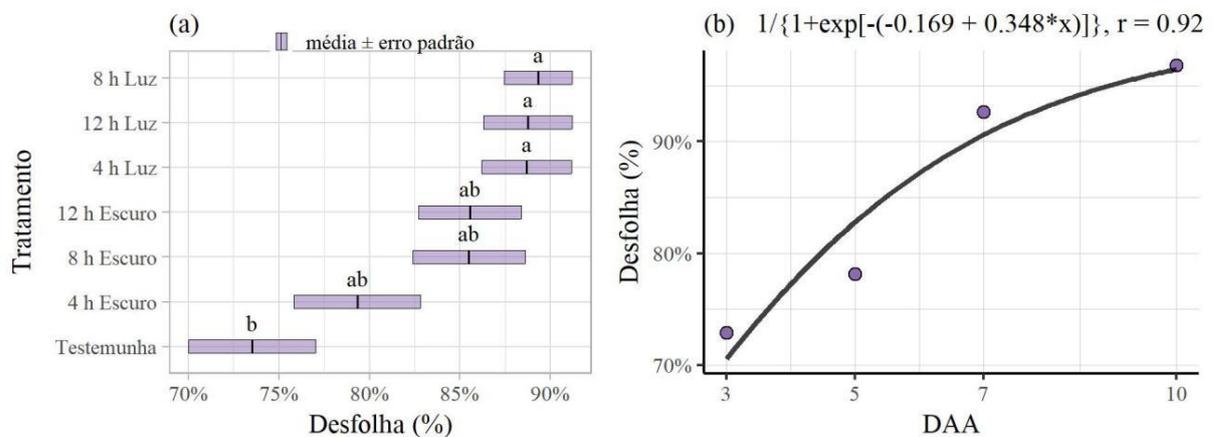


Figura 5. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) e o ajuste da regressão (b) quando avaliada a Desfolha (%) para Trunfo[®].

Em relação à curva de regressão disposta na Figura 5b, assim como para Finale[®], nota-se efeito crescente dos tratamentos avaliados ao longo do tempo. Pode-se observar ainda, ação mais lenta dessa formulação, uma vez que como observado na Figura 5a, aos 5 DAA, os valores observados eram ainda inferiores a 80%, e na última avaliação aos 10 DAA, foram superiores a 95%, contrastando com os índices observados para Finale[®] nos mesmos períodos, que foram 80% e próximos a 100% respectivamente, indicando ação mais rápida para a formulação ainda que sucinta.

5.2 DESSECAÇÃO:

Em relação à variável Dessecação, para a Finale[®], nota-se na Figura 6a, que aos 3 DAA, os tratamentos não apresentam diferença significativa entre si, com valores inferiores a 80% e o maior valor sendo 75%. Já aos 5 DAA, apenas os tratamentos com 12 e 8 horas luz apresentaram valores superiores a 80%. Entretanto, apenas 12 Horas Luz se diferiu estatisticamente da testemunha, além de se diferir dos tratamentos com 12 e 8 Horas de Escuro.

A avaliação aos 7 DAA, é o único período de avaliação no qual todos os tratamentos, sejam eles com exposição à luz ao escuro, se diferiram da testemunha, que por sua vez apresentou índices pouco superiores a 80%, enquanto todos os demais tratamentos resultaram em dessecação igual ou superior a 90% com o tratamento 12 Horas Luz apresentando os maiores índices e se diferenciando dos demais com exceção de 8 Horas Luz.

Por fim, na avaliação aos 10 DAA, é possível notar que apenas os tratamentos com 12 e 8 Horas Luz se diferiram da testemunha (que por sua vez apresentava aproximadamente 90% de dessecação), com valores estimados em 97% de dessecação. Por outro lado, todos os tratamentos com exposição ao escuro e o tratamento com 4 horas luz apresentaram índices de dessecação semelhantes com o tratamento 12 Horas Escuro obtendo os menores valores.

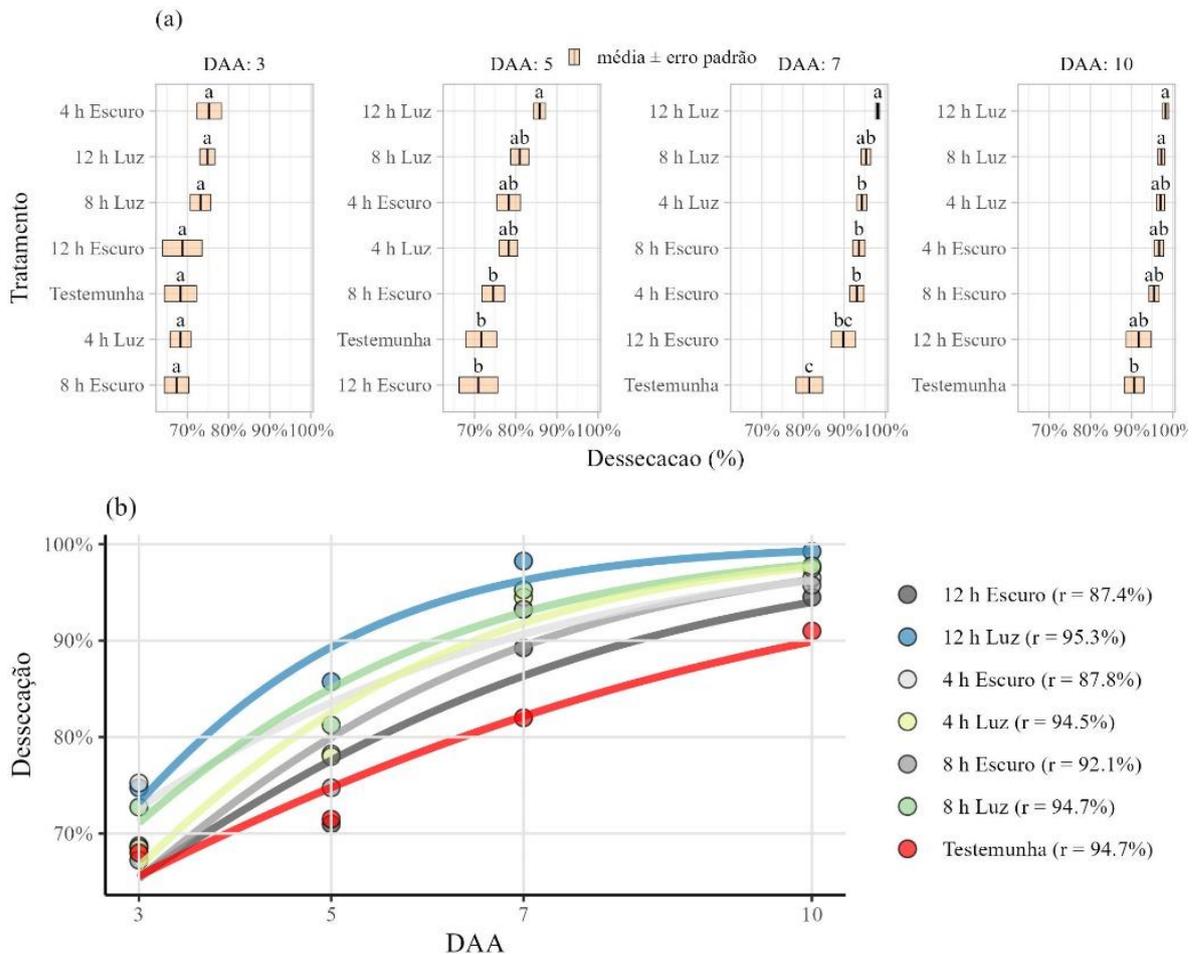


Figura 6. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) e o ajuste da regressão (b) quando avaliada a Dessecação (%) para Finale®.

Ainda, em relação à Figura 6b, é possível observar pelo ajuste de regressão que a acentuação da curva foi proporcional à quantidade de horas-luz a qual a soja foi exposta no momento e após a aplicação do glufosinato sal de amônio. Sendo assim, os índices de dessecação para os tratamentos com 12 e 8 horas de exposição à luz obtiveram valores maiores que os tratamentos com exposição ao escuro em todos os períodos de avaliação, com a exposição a 12 Horas Luz apresentando maiores índices rapidamente, e a testemunha e 12 Horas Escuro, apresentando maior lentidão na dessecação ao longo dos períodos de avaliação.

Na Figura 7a está disposta a comparação entre médias de Dessecação quando avaliado a formulação Trunfo®. Aos 3 DAA, o cenário foi semelhante ao observado para a primeira formulação, ou seja, todos os tratamentos apresentaram índices indiferentes entre si, sendo o maior valor de dessecação apresentado pelo tratamento com 8 Horas Luz (65%). Na avaliação realizada aos 5 DAA, foi possível notar efeito crescente na dessecação para todos os tratamentos. Entretanto, todos os tratamentos continuam a apresentar médias indiferentes entre si.

Na avaliação realizada aos 7 DAA, é possível notar que todos os tratamentos com a aplicação do herbicida não se diferiram entre si. Entretanto, apenas o tratamento com 4 Horas Escuro não se diferiu da testemunha, que por sua vez, apresentou valores de dessecação de aproximadamente 85%. Por fim, aos 10 DAA, apenas os tratamentos com 12 e 8 Horas Escuro se diferiram estatisticamente da testemunha, com todos os tratamentos com o herbicida apresentando valores próximos a 100%.

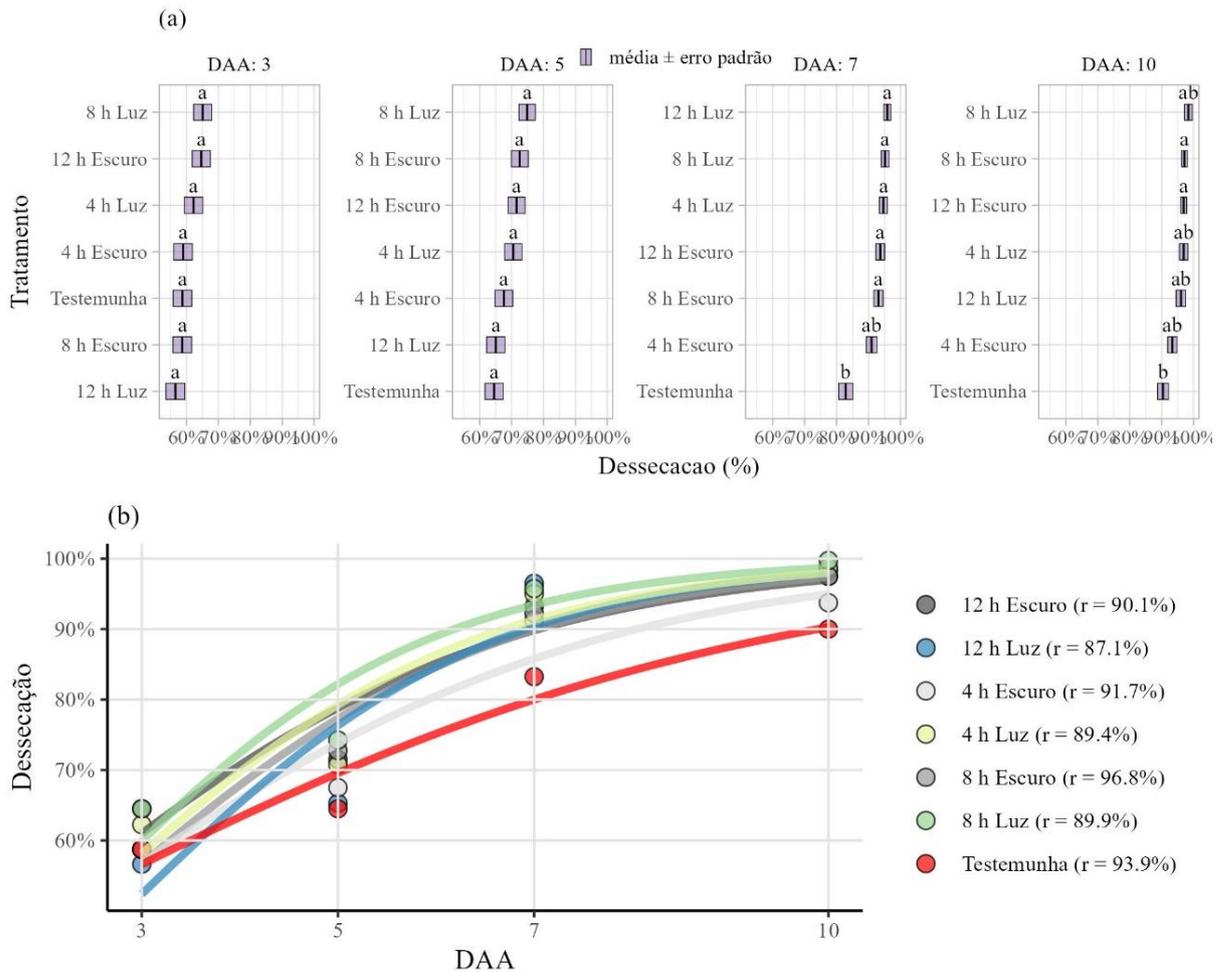


Figura 7. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey (a) e o ajuste da regressão (b) quando avaliada a Dessecação (%) para Trunfo®.

No ajuste de regressão para Trunfo®, disposto na Figura 7b, é possível observar que, diferentemente de Finale®, a curva crescente de dessecação não foi proporcional à quantidade de horas de luz ao qual a cultura foi exposta, sendo observado curvas muito semelhantes entre os tratamentos. Entretanto, é perceptível que o efeito de dessecação proporcionado pela exposição a 8 Horas Luz apresentou maior rapidez e consequente curva mais acentuada quando comparado com os demais tratamentos analisados. Ressalta-se ainda, que assim como para Finale®, a testemunha apresentou maior lentidão na obtenção de maiores valores, sendo a curva menos acentuada dentre todos os tratamentos.

5.3 QUANTIFICAÇÃO DE PIXELS VERDES

Em relação à quantificação de pixels verdes nas parcelas experimentais realizada via software computacional ImageJ[®], na Tabela 6 se encontra disposto o resultado do Teste F da análise de Deviance para a formulação Finale[®]. É possível observar que para os fatores Dias após a aplicação (DAA) e para a interação Tratamento X Dias Após a Aplicação (T x DAA), foram efeitos significativos. Entretanto, para Bloco e Tratamento, não foi notado efeito.

Tabela 6. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Pixels para Finale[®].

Pixel/Herbicida	Estatística F (**, significativo a 5%)				CV (%)	p-SW
	Bloco	Tratamento (T)	DAA	T x DAA		
Finale [®]	0,387	1,214	237,109**	3,989**	24,39%	0,361

Em relação à formulação Trunfo[®], o resultado do Teste F e análise de Deviance se encontram na Tabela 7. Assim como para a formulação Finale[®], é possível observar que o cenário foi igual para ambas as formulações, ou seja, tanto para Finale[®], quanto para Trunfo[®], foram observados efeitos significativos apenas para os fatores Dias após a aplicação (DAA) e para a interação Tratamento X DAA.

Tabela 7. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Pixels para Trunfo[®].

Pixel/Herbicida	Estatística F (**, significativo a 5%)				CV (%)	p-SW
	Bloco	Tratamento (T)	DAA	T x DAA		
Trunfo [®]	0,241	0,901	210,667**	1,731**	28,01%	0,282

Na Figura 8 estão alocados os resultados obtidos para o Teste de Tukey e o ajuste de regressão para a variável quantificação de pixels verdes quando avaliado as unidades experimentais da formulação Finale[®]. É possível observar na Figura 8a, que, para 0 DAA, ou seja, no momento anterior à aplicação dos tratamentos, não foi observado diferença entre tratamentos. Entretanto, os valores observados para todos os tratamentos se encontram entre 30 e 40% de pixels verdes nas imagens. Aos 3 DAA nota-se que os tratamentos passaram a apresentar diferenças entre si, sendo que todos os tratamentos com horários de exposição à luz (12, 8 e 4 Horas Luz) apresentaram índices de pixels verdes entre 5 e 10%, e portanto, se diferiram da testemunha e de todos os horários de exposição ao escuro, que por sua vez apresentaram índices entre 20 e 30%.

Ainda, aos 5 DAA, foi possível notar que os tratamentos com os maiores horários de exposição à luz, ou seja, 12 e 8 Horas Luz apresentaram índices de pixels verdes aproximados

de 5% e foram os únicos tratamentos que se diferiram estatisticamente da testemunha (com porcentagens entre 10 e 20%). Já aos 7 DAA, observa-se que todos os tratamentos, tanto os tratamentos com exposição à luz, quanto os com exposição ao escuro passaram a não apresentar diferença estatística entre si, com valores entre 3 e 10%. Entretanto, apenas os tratamentos com 12 e 8 Horas Luz e 8 Horas Escuro se diferiram da testemunha, que por sua vez apresentou porcentagens próximas a 10 e 15%. Por fim, aos 10 DAA, nota-se que não houve diferença significativa entre todos os tratamentos, inclusive com a testemunha, sendo que todos apresentaram índices próximos de 3 a 8%.

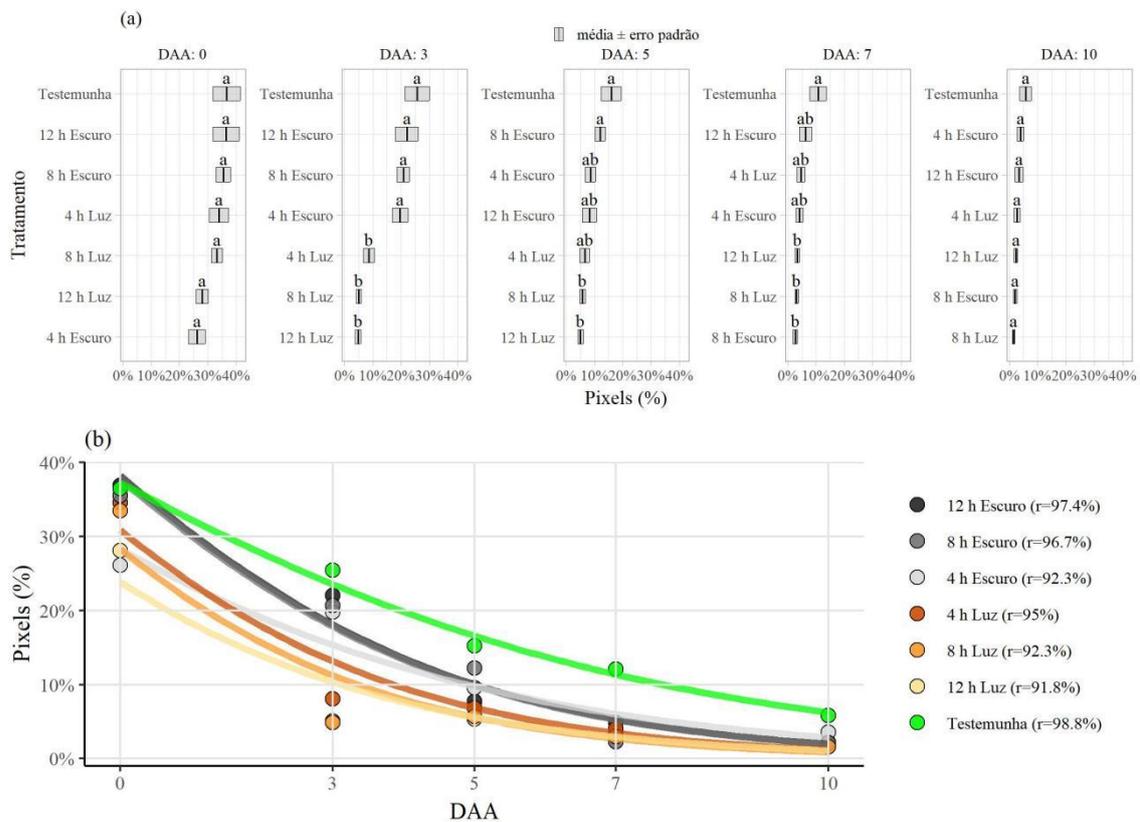


Figura 8. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Pixels para Final®.

Em relação ao ajuste de regressão para Final®, que se encontra disposto na Figura 8b, nota-se que a testemunha apresentou as maiores porcentagens de pixels verdes para todos os períodos de avaliação, sendo que ao final do período, apresentou valores próximos a 10%. É possível observar ainda que os dados obtidos corroboram com os apresentados no ajuste de regressão para a avaliação de dessecação referente a mesma formulação (disposto na Figura 6b), ou seja, tanto a avaliação de dessecação quanto a quantificação de pixels verdes para a formulação Final®, a acentuação da curva foi proporcional à quantidade de horas luz a qual a

soja foi exposta, com 12 Horas Luz apresentando os maiores índices de dessecação, e portanto os menores índices de pixels verdes.

Já em relação à quantificação de pixels verdes para a formulação Trunfo[®], como apresentado na Figura 9a, nota-se que aos 0 DAA o tratamento com 12 Horas Luz apresentava os maiores índices de pixels verdes no momento anterior à aplicação com valores próximos a 55%, enquanto os demais tratamentos, incluindo a testemunha, não diferiram entre si e apresentavam valores próximos e iguais a 40%. Já na avaliação 3 DAA, os tratamentos não apresentavam diferença significativa entre si com porcentagens entre 20 e 30%.

Aos 7 DAA, novamente não foi observado diferença significativa entre tratamentos, sendo que todos apresentaram índices iguais ou inferiores a 10% de pixels verdes, cenário este, que foi novamente observado para a avaliação aos 10 DAA, ou seja, para Trunfo[®], todos os tratamentos apresentaram valores próximos entre si, independentemente da quantidade de horas de exposição para a luz e para escuro.

Entretanto, como observado pelo ajuste de regressão disposto ainda na Figura 9b, em relação ao intervalo entre 0 e 3 DAA, o tratamento com 12 Horas Luz apresentou uma curva altamente acentuada quando comparado aos demais, passando de aproximadamente 60% de pixels verdes para valores próximos a 20%. Ainda, observa-se que novamente, o ajuste de regressão para quantificação de pixels verdes corrobora com o obtido para dessecação da mesma formulação (disposto na Figura 7b), onde observou-se que, diferentemente da formulação Finale[®], a curva para Trunfo[®] não foi proporcional à quantidade de horas luz a qual a cultura foi exposta, ou seja, independentemente das horas de exposição à luz ou ao escuro, os tratamentos apresentaram queda de pixels verdes semelhantes e indiferentes entre si.

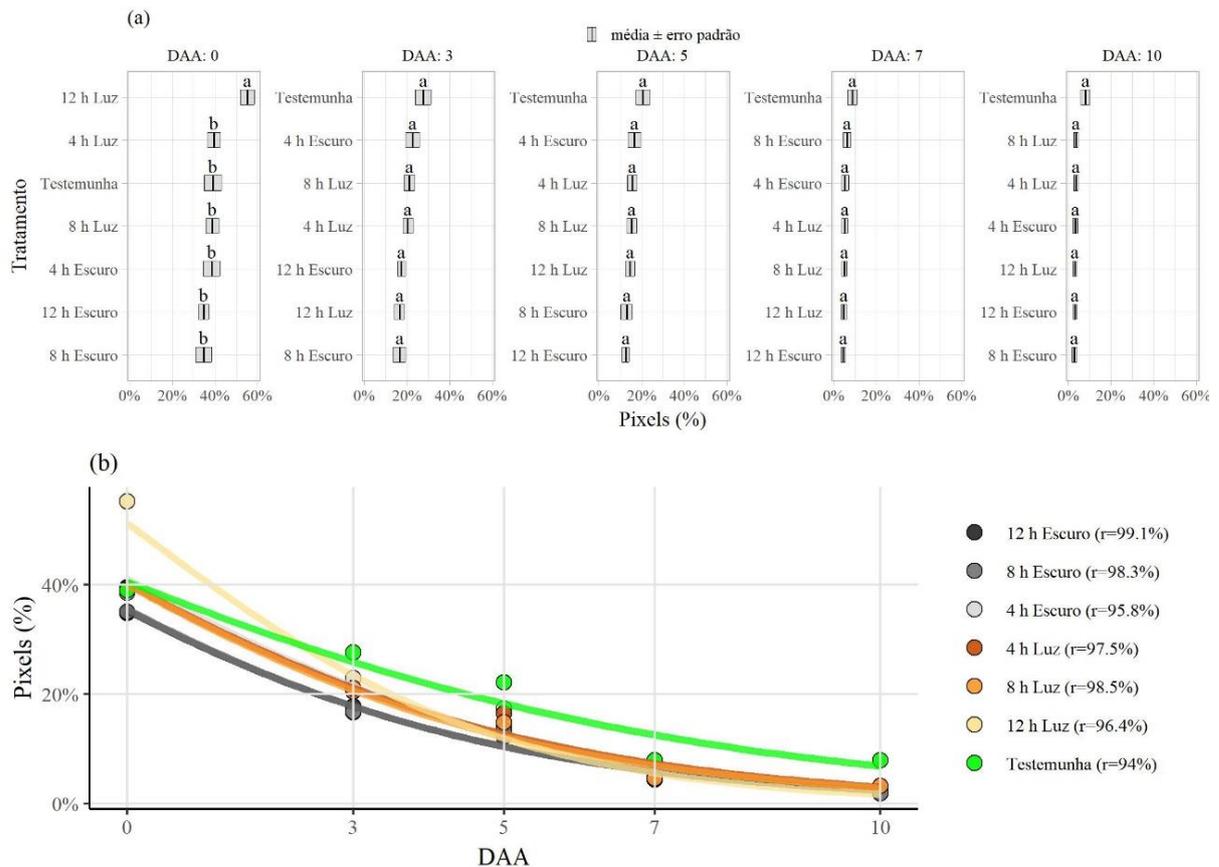


Figura 9. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliados os percentuais de Pixels para Trunfo®.

5.4 MATURAÇÃO DE VAGENS E GRÃOS

Em relação à avaliação de umidade, na Tabela 8 se encontram dispostos os dados do Teste F da Análise de Deviance referentes à formulação Finale®. Nota-se que houve efeito significativo para o fator Dia e para a interação entre o Tratamento e Dia (T x DIA), e por isso, foi construído o Teste de Tukey para a comparação entre médias nessa interação. Entretanto, para Tratamento (T), não foi possível observar efeito significativo.

Tabela 8. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW), quando avaliado o percentual de Umidade para Finale®.

Variável	Estatística F (**, significativo a 5%)			CV (%)	p-SW
	Bloco	Tratamento (T)	DIA		
Umidade	1,167	1,726	86,425**	2,069**	29,78%

Já na Tabela 9, estão apresentados os dados – obtidos em mesmo teste – para a formulação Trunfo®. É possível atentar-se ao fato de que assim como para a primeira formulação (Finale®), Trunfo® apresentou efeito significativo para o fator Dia e não houve efeito para Tratamento (T). Entretanto, a segunda formulação apresentou efeito significativo

Na Figura 11 se encontra disposto o ajuste de regressão para umidade em relação às diferentes horas de aplicação para a formulação Finale[®]. Foi observado que para todos os tratamentos – seja com exposição à luz, escuro ou testemunha – houve efeito decrescente em relação à umidade dos grãos. Nota-se que a partir do Dia 5, o tratamento com 12 Horas Luz apresenta valores inferiores a 40%, e quando comparado com os demais tratamentos, passou a apresentar o decréscimo mais acentuado de umidade até o último dia de avaliação. A partir desse mesmo período de avaliação, a testemunha, passou a apresentar o decréscimo mais lento dentre os tratamentos com valores de próximos a 50%.

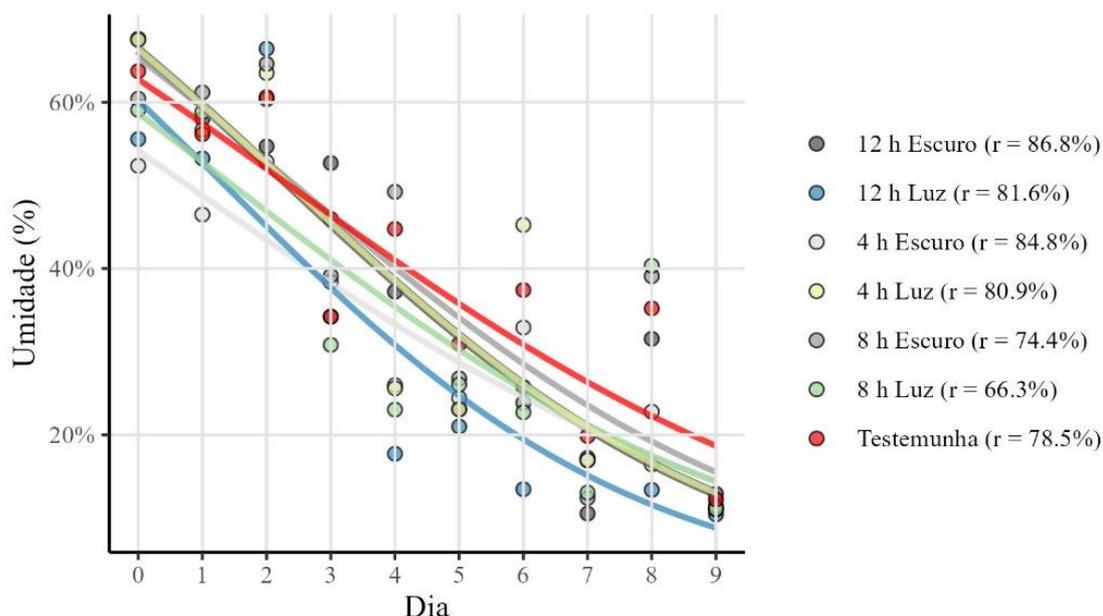


Figura 11. Resultado do ajuste da regressão Beta com função de ligação *logit* quando avaliada a Umidade (%) para Finale[®].

Já em relação à formulação Trunfo[®], como não houve diferença significativa para as variáveis: Tratamento e a interação Tratamento X DAA, foi construído apenas o ajuste de regressão que se encontra disposto na Figura 12. É possível notar que o ajuste obtido foi de caráter contrastante, ou seja, conforme o avanço dos dias após a aplicação, os tratamentos apresentaram decréscimo de umidade assim como para a formulação Finale[®]. Entretanto, ao se comparar ambas as formulações, enquanto para a primeira, a umidade dos tratamentos aos 4DAA apresentavam umidade entre 30 e 40%, para Trunfo[®], foram notados menores valores no mesmo período (entre 20 e 30%), indicando decréscimo mais acentuado para a segunda formulação.

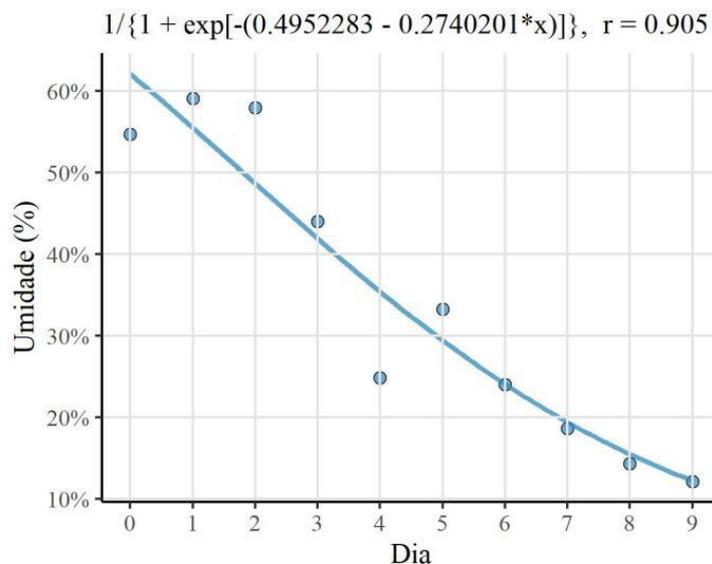


Figura 12. Resultado do ajuste da regressão Beta com função de ligação logit quando avaliada a Umidade (%) para Trunfo®.

Outro ponto importante a se notar, é que ainda que tenha apresentado efeito decrescente mais acentuado quando comparado à primeira formulação, os valores iniciais e finais para ambas as formulações foram semelhantes, ou seja, tanto os grãos submetidos a Finale®, quanto os submetidos a Trunfo®, apresentavam umidade próxima a 60% no primeiro dia de avaliação, e a partir dos 8 DAA, foram apresentados valores próximos ao ideal para colheita.

Na Figura 13 se encontra disposto o resultado do ajuste de regressão para a porcentagem de pixels verdes quando avaliados as vagens submetidas à aplicação de Finale®. Nota-se que a curva não foi proporcional à quantidade de Horas Luz a qual a soja foi submetida, sendo que 12 Horas Escuro e 12 Horas luz apresentaram as curvas mais acentuadas. Entretanto, o tratamento 4 Horas Escuro, no mesmo período, passou a apresentar queda de porcentagens de pixels verdes menos acentuada do que a testemunha em si. Vale-se notar ainda, que os tratamentos com 8 e 4 Horas Escuro foram os que apresentaram as menores curvas dentre todos os tratamentos com exceção da testemunha.

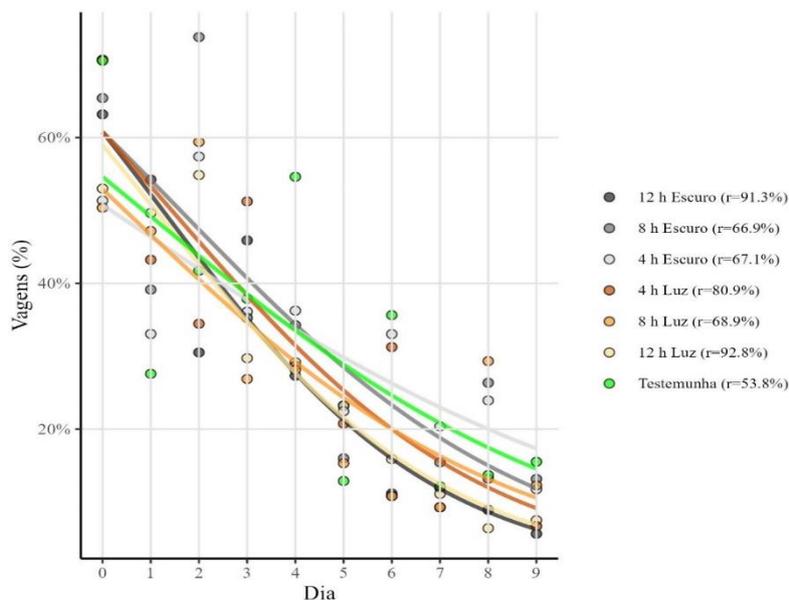


Figura 13. Resultado do ajuste da regressão Beta com função de ligação *logit* quando avaliada a Vagens (%) para Finale[®].

Para Trunfo[®], os resultados em relação à porcentagem de pixels verdes para vagens se encontram dispostos na Figura 14. Assim como observado para Finale[®], não houve efeito direto da exposição de horas a luz com o efeito decrescente de pixels verdes. Isso é perceptível visto que até os 3 DAA, o tratamento com 12 Horas Luz apresentava os menores índices de porcentagem enquanto os menores valores foram notados para 4 Horas Escuro (com exceção da testemunha).

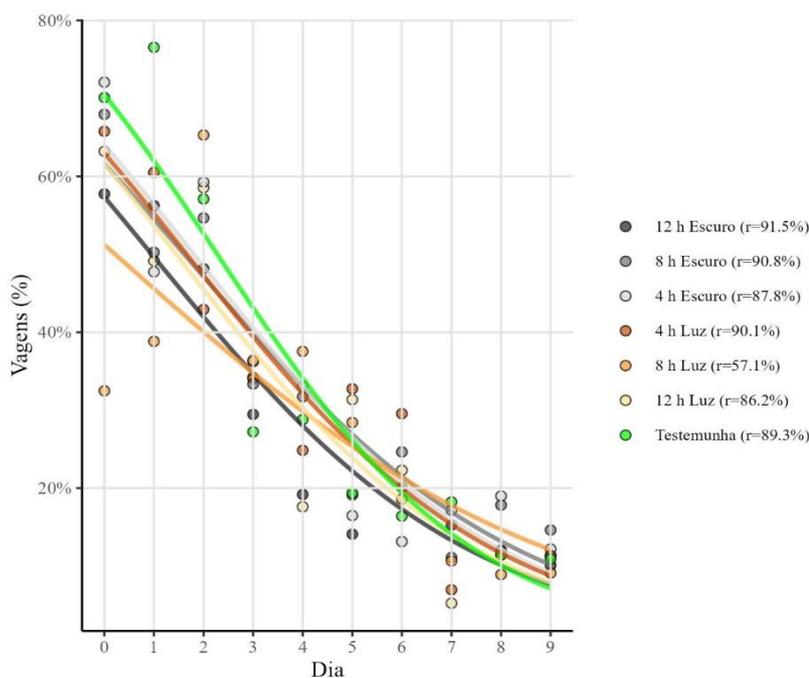


Figura 14. Resultado do ajuste da regressão Beta com função de ligação *logit* quando avaliada a porcentagem de pixels verdes para Vagens (%) para Trunfo[®].

5.5 DANOS DE MEMBRANA

Em relação a Danos de Membrana, na Tabela 10 se encontram dispostos o resultado do Teste F da análise de Deviance para as formulações Finale[®] e Trunfo[®]. Para ambas as formulações, nota-se que o fator Tratamento obteve efeito significativo para ambos produtos.

Tabela 10. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW).

Formulação	Estatística F (**, significativa a 5%)	CV (%)	p-SW
	Tratamento (T)		
Finale [®]	3,067**	20,59%	0,464
Trunfo [®]	3,345**	21,12%	0,900

Na Figura 15 se encontram dispostos os resultados do Teste de Tukey para a variável Danos de Membrana (Condutividade), expressa em us/cm, para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente. Para a primeira formulação, notou-se ausência de diferença significativa entre tratamentos com o herbicida, sendo que os tratamentos 4 Horas Luz e 12 Horas Escuro apresentaram valores de 40us/cm, enquanto 12 Horas Luz e 8 e 4 Horas Escuro apresentaram índices próximos de 50us/cm. Ainda, o único tratamento a se diferenciar estatisticamente dos valores observados na testemunha foi o 8 Horas Luz, que apresentou os maiores valores (60us/cm). Por outro lado, a testemunha por sua vez, apresentou os menores valores (30us/cm).

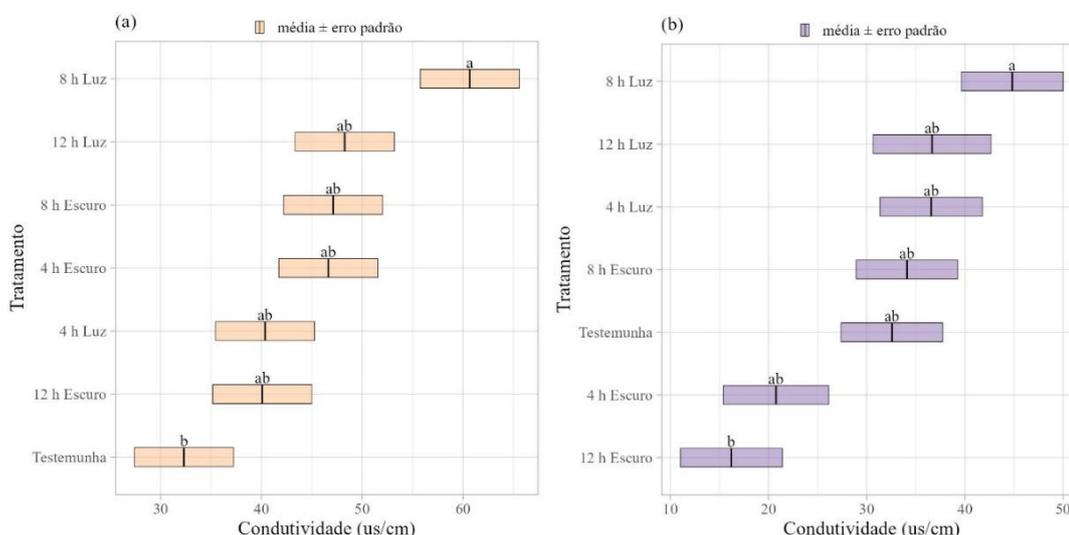


Figura 15. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada a variável Danos de Membrana para as formulações Finale[®] e Trunfo[®], respectivamente.

Já em relação à formulação Trunfo[®], ainda na Figura 15, nota-se que só houve diferença significativa quando comparado os tratamentos 8 Horas Luz e 12 Horas Escuro, sendo que o primeiro, apresentou os maiores valores (45us/cm), e o segundo, os menores (próximo a 15us/cm). Já em relação aos demais tratamentos, não se observou diferenças significativas entre

eles, sendo que apresentaram valores entre 30 e 40us/cm. Entretanto, ainda que não tenha se observado diferenças, o tratamento 4 Horas Escuro apresentou menores índices (20us/cm), sendo que estes foram próximos aos apresentados pelo tratamento 12 Horas Escuro (15us/cm).

Ao avaliar ambos testes de comparação de médias, é possível observar que houve diferença em relação à abrangência de valores de ambas formulações. Isso é perceptível visto que os tratamentos com maiores valores para Danos de Membrana apresentaram maior condutividade para Finale[®] (60us/cm) quando comparado com a segunda formulação (45us/cm). Isso é notado também quando analisado os tratamentos com menores valores, que para a primeira formulação foi próximo de 30us/cm, enquanto para a segunda, 15us/cm.

5.6 FLUORÔMETRO E ETR

Em relação às avaliações realizadas com fluorômetro, de acordo com a Tabela 11, foi possível notar que, para a formulação Finale[®], foi observado efeito significativo para todas as variáveis analisadas: Fluorescência Inicial (F0) e Fluorescência Máxima (Fm). Entretanto, para Trunfo[®], é perceptível que houve efeito significativo apenas para a variável F0, enquanto para Fm, não foi observado efeito entre os tratamentos.

Tabela 11. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW) para as variáveis Fluorescência inicial (F₀), Fluorescência máxima (F_m) e Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR).

Variável	Estatística F (**, significativa a 5%)		CV (%)	p-SW
	Tratamento (T)			
	Finale [®]			
F0	3,040**		21,75%	0,170
Fm	231,56**		9,86%	0,629
ETR	119,512**		20,12%	0,143
	Trunfo [®]			
F0	3,898**		29,94%	0,842
Fm	131,990**		7,41%	0,006
ETR	4,029**		24,62%	0,045

Na Figura 16 se encontra o teste de comparação de médias quando avaliado a Fluorescência Inicial (F0) para Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente. Para a primeira formulação, nota-se na Figura 16a, que o tratamento 8 Horas Escuro apresentou os maiores valores, sendo eles próximos a 45. Controversamente, os menores valores foram obtidos pela testemunha, sendo eles próximos a 28. Nota-se ainda, que todos os tratamentos com luz não se diferiram entre si e nem dos demais tratamentos, sendo que apenas 8 e 12 Horas Escuro se diferiram da testemunha.

Já para a segunda formulação, como disposto na Figura 16b, novamente, os menores valores foram obtidos pela testemunha, sendo eles próximos aos apresentados pela testemunha para Finale[®]. Entretanto, o tratamento 8 Horas Escuro foi o único a se diferir da testemunha além de apresentar os maiores valores ao lado de 12 Horas Luz, ainda que estes tenham sido menores do que os observados para Finale[®].

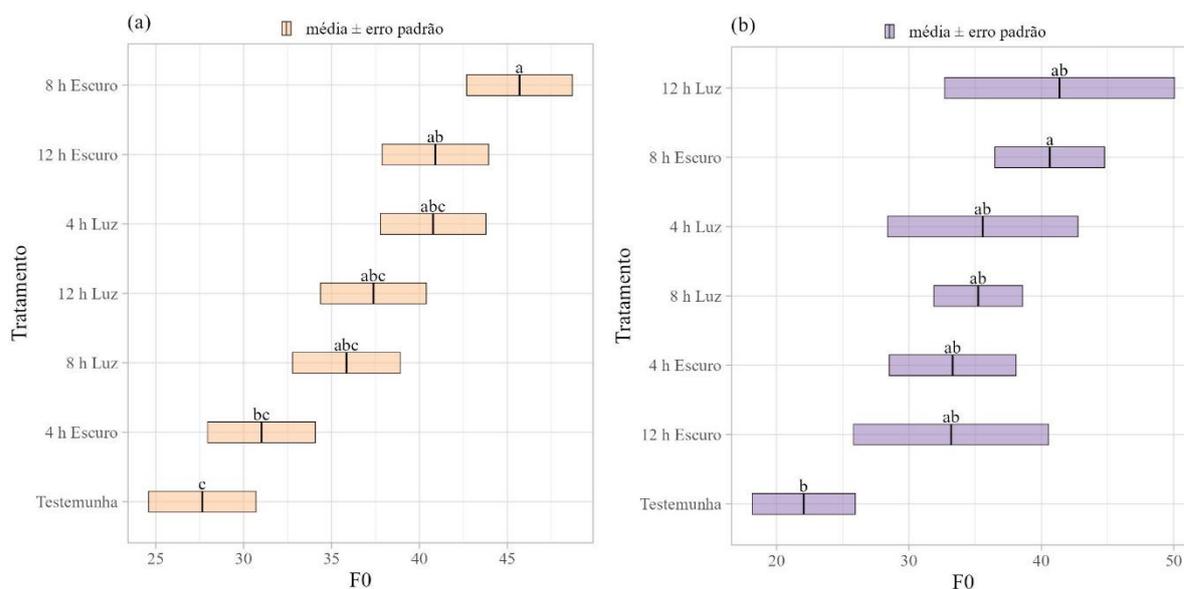


Figura 16. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada a variável Fluorescência Inicial (F0) para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente.

Para a variável Fluorescência Máxima (Fm), como observado na Figura 17a, para Finale[®], o único tratamento a não se diferir da testemunha foi 4 Horas Escuro, com índices próximos a 125. Já em relação aos demais tratamentos, nota-se que os menores valores foram obtidos pelos tratamentos nos quais a cultura foi exposta a maiores intervalos de exposição à luz, ou seja, 8 e 12 Horas Luz, com valores inferiores a 50. Vale ressaltar ainda, que o tratamento com menor horário de exposição à luz (4 Horas Luz) não se diferiu estatisticamente do tratamento com maior exposição ao escuro (12 Horas Escuro), que por sua vez, se diferiu dos demais com exposição ao escuro.

Já para a formulação Trunfo[®], novamente, o tratamento 4 Horas Escuro apresentou os maiores valores, sendo eles próximos a 125. Entretanto, para a segunda formulação, esse tratamento se diferiu da testemunha, que por sua vez, não se diferiu do tratamento com 12 Horas Escuro. Ainda, 8 Horas Escuro e 4 Horas Escuro não se diferiram entre si, entretanto, se diferiram dos tratamentos com exposição à luz, que por sua vez, apresentaram valores distintos entre si e apresentaram relação inversamente proporcional entre a Fluorescência Máxima e exposição a luz, ou seja, entre os tratamentos 4, 8 e 12 Horas Luz, 4 Horas Luz apresentou os menores valores e 12 Horas Luz os maiores.

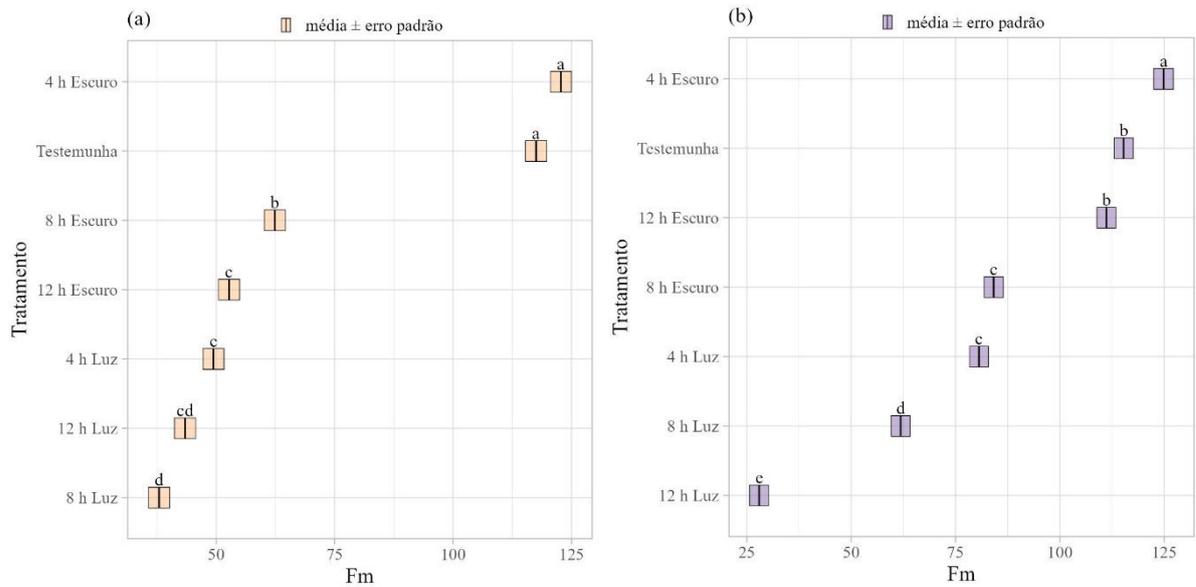


Figura 17. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada as variáveis Fluorescência Máxima (Fm) para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente.

Como notado na Figura 18, em relação à avaliação de Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR), para a formulação Finale[®] (Figura 18a), observou-se que todos os tratamentos com a aplicação do herbicida apresentaram as menores taxas, sendo estas, indiferentes entre si, com exceção de 4 Horas Escuro, que se diferiu dos demais tratamentos apresentando valores superiores (6 μmols), entretanto, se diferenciando ainda, da testemunha, que por sua vez apresentou os maiores valores (8 μmols).

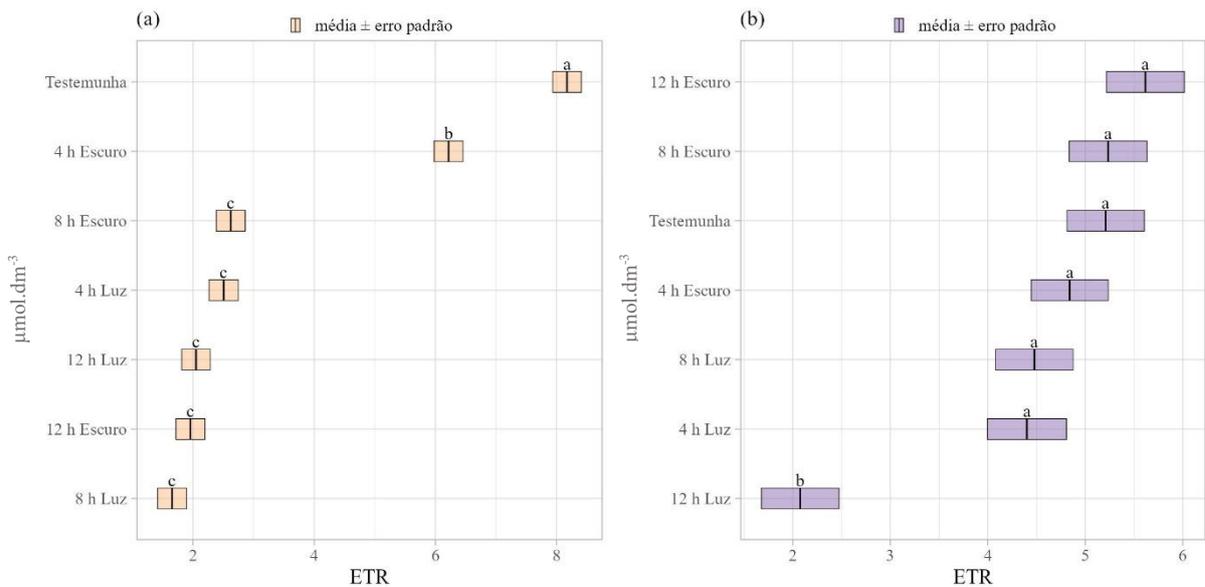


Figura 18. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliado a variável Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR) para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente.

Para a segunda formulação (Figura 18b), novamente, a maioria dos tratamentos não diferiram entre si, entretanto, houve a exceção de 12 Horas Luz, que apresentou os menores índices para ETR (2 μmols), enquanto os demais tratamentos, em conjunto com a testemunha, apresentaram valores superiores e próximos entre si (entre 4,5 e 6,0 μmols). Quando comparadas ambas as formulações, é possível afirmar que Finale[®] proporcionou uma maior redução na taxa de transporte de elétrons do que a segunda formulação, indicando maiores danos ao aparato fotossintético.

5.7 AVALIAÇÕES PÓS-COLHEITA

Na Tabela 12 se encontram dispostos os resultados do Teste F da análise de Deviance para: Produtividade, Peso de 1000 grãos e Grãos Ardidos. Para todas as variáveis nota-se que houve efeito significativo para o fator Tratamento tanto para a formulação Finale[®] quanto para Trunfo[®].

Tabela 12. Resultados do Teste F da análise de Deviance seguidos do Coeficiente de Variação (CV) e do valor p do teste de Normalidade (p-SW).

Variável	Estatística F (**, significativa a 5%)		CV (%)	p-SW
	Tratamento (T)			
	Finale [®]			
Produtividade	2,780**		14,59%	0,919
Peso de 1000 grãos	3,309**		7,71%	0,410
	Trunfo [®]			
Produtividade	7,908**		7,98%	0,273
Peso de 1000 grãos	2,828**		9,95%	0,790

5.7.1 PRODUTIVIDADE

Na Figura 19, se encontram dispostos o teste de comparação de médias para as formulações Finale[®] e Trunfo[®] respectivamente. Para a primeira formulação, como notado na Figura 19a é possível notar que nenhum tratamento apresentou diferença estatística significativa quando comparados com a testemunha. Entretanto, foi possível observar ainda que o tratamento 4 Horas Escuro apresentou os maiores índices (4100 Kg.ha⁻¹) e se diferiu estatisticamente dos tratamentos 8 e 4 Horas Luz e 12 Horas Escuro, que por sua vez, apresentaram índices entre 3600 e 3600 Kg.ha⁻¹.

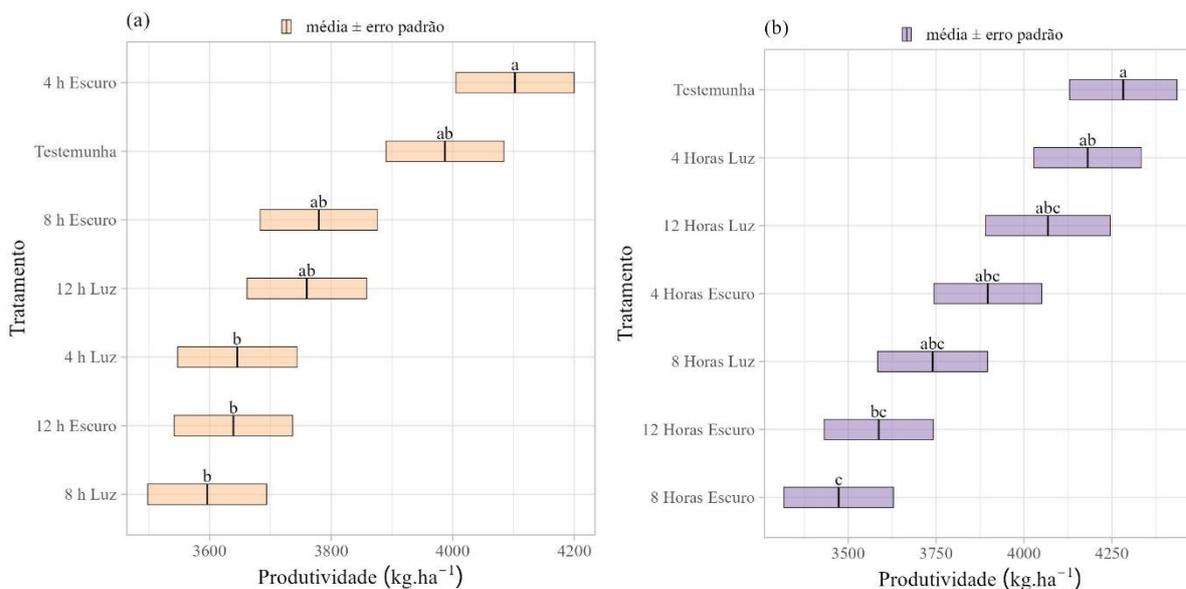


Figura 19. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada a variável Produtividade para as formulações Finalé® e Trunfo® respectivamente.

Já em relação à segunda formulação (Trunfo®), é possível observar na Figura 19b que os maiores índices foram obtidos pela testemunha (4250 Kg.ha⁻¹). Entretanto, esta, se diferiu apenas dos tratamentos com 12 e 8 Horas Escuro, que por sua vez, apresentaram os menores índices (entre 3500 e 3600 Kg.ha⁻¹). Quando observados os resultados para ambas as formulações, nota-se que os valores de produtividade foram semelhantes entre si, uma vez que os tratamentos com maiores valores apresentam índices próximos (4100 e 4250 Kg.ha⁻¹ respectivamente) assim como os com menores valores (3600 e 3500 Kg.ha⁻¹).

5.7.2 PESO DE MIL GRÃOS

Em relação à variável Peso de 1000 grãos, como disposto na Figura 20, ao analisar-se o teste de comparação de médias para a formulação Finalé® (Figura 20a), nota-se que os únicos tratamentos a diferirem entre si foram a testemunha, que apresentou os maiores valores (95g) e o tratamento 8 Horas Escuro, que por sua vez, apresentou menores índices (72g). Entretanto, os demais tratamentos foram indiferentes entre si, com valores entre 76 e 90g.

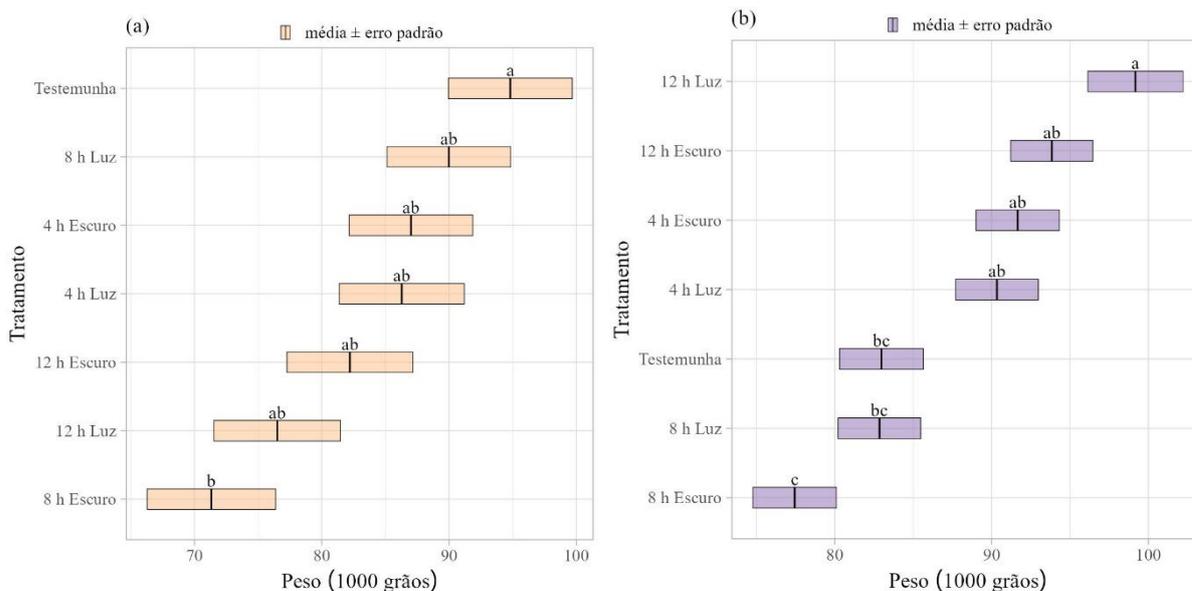


Figura 20. Resultado da comparação entre os tratamentos pelo teste Tukey quando avaliada a variável Peso de 1000 grãos para as formulações Finale® e Trunfo®, respectivamente.

Ainda em relação à Figura 20b, nota-se que para a formulação Trunfo®, observou-se efeito semelhante ao obtido pela primeira formulação, ou seja, apenas dois tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si, sendo estes: o tratamento 8 Horas Escuro que apresentou os menores valores (próximos a 78g), enquanto os maiores valores foram observados para 12 Horas Luz (próximos a 100g). Já em relação aos demais tratamentos, novamente, não se observou diferenças estatísticas entre si, com estes apresentando valores entre 85g e 94g.

Discussão

Para Desfolha e Dessecação, ambas formulações apresentaram maior eficácia quando aplicadas sob condições de foto-exposição. Isso pode ser explicado pela massiva formação de EROs associada à alta atividade de GS em horários diurnos, o que proporcionou a melhor eficácia do glufosinato, e consequentemente, a sua devida dessecação. Por outro lado, a atividade mínima da GS e baixa produção de EROs em horários noturnos ocasionam impactos insignificantes na sua inibição e possibilitariam à planta a produção de novas enzimas, o que explicaria a ausência de diferenças significativas entre a testemunha e os tratamentos com exposição ao escuro em ambas as formulações (Takano & Dayan, 2020; Takano *et al.*, 2019).

Associado à ausência de luz, como afirmado por Takano & Piasecki, (2024), a eficácia do glufosinato sal de amônio pode ser significativamente suprimida por condições climáticas adversas, a exemplo de baixas temperaturas e baixas condições de umidade relativa do ar no momento da aplicação, cenário este, observado para os tratamentos 4 Horas Luz, 12 e 8 Horas

Escuro uma vez que no momento de sua aplicação apresentavam umidade relativa respectiva de 55, 45 e 56% como descrito na Tabela 3, o que pode ter ocasionado na menor eficácia do produto quando associada à exposição ao escuro.

Em relação à avaliação de umidade, pode-se afirmar que ambas as formulações se posicionaram como opções viáveis de uso na dessecação pré-colheita da soja. Isso se dá, pois, como explicado por Lorini *et al.*, (2021), o ponto ideal de umidade dos grãos de soja para a colheita se dá entre 13 e 14%, e quando analisado ambas formulações, percebe-se que atingiram tais valores em até 9 dias após aplicação, e portanto, permitem o processo de colheita em até 9 dias. Entretanto, deve-se ressaltar que a formulação Finale[®] atingiu tais valores mais antecipadamente uma vez que aos 7 DAA já apresentava valores de umidade ideais para colheita, enquanto Trunfo[®] demonstrou a necessidade de maior intervalo de tempo uma vez que atingiu tais valores apenas aos 9 DAA. Tais observações são corroboradas ainda que de forma sucinta pela análise de quantificação de pixels verdes nas vagens, uma vez que aos 7 DAA, os tratamentos com maior queda para formulação Finale[®] já apresentavam valores próximos a 10%, enquanto para a segunda formulação, os valores eram de

Para danos de membrana, os maiores valores para 8 Horas Luz para ambas as formulações, pode ser explicada pelo horário da aplicação (10:20), uma vez que tal horário permitiu a exposição da cultura a uma maior intensidade luminosa. Tal observação é explicada por Takano & Dayan (2021), uma vez que os autores afirmam que o melhor horário para aplicação do glufosinato sal de amônio se dá ao meio-dia, uma vez que nesse horário a luz solar se torna máxima. Em contrapartida, quando aplicado no início da manhã, ou ainda ao fim da tarde, a interação do glufosinato com a enzima GS não leva ao acúmulo de EROs, conseqüente destruição das membranas e colapso celular, o que foi observado no presente experimento uma vez que os demais tratamentos não se diferiram da testemunha.

Takano *et al.*, (2020a), afirma que o glufosinato sal de amônio se liga de forma irreversível à GS, o que leva à menor concentração do ingrediente ativo no interior vegetal. Além disso, a formação de EROs é extremamente foto-dependente, e por isso, em aplicações noturnas, a baixa formação torna as plantas capazes de metabolizar ou compartimentalizar o herbicida. Esses dois fatores associados permitem a síntese de novas enzimas GS, impedindo assim, a sua dessecação em aplicações noturnas. Por outro lado, em aplicações diurnas, a formação de EROs é tão massiva que impede a síntese de novas enzimas e favorece a dessecação como observado no presente experimento.

Para as avaliações de fluorômetro, nota-se para Fluorescência inicial (F0), todos os tratamentos com a aplicação do herbicida apresentaram valores semelhantes entre si e superiores à testemunha. Tal fato é explicado por Hassannejad *et al.*, (2020), que ao correlacionar o modo de ação de herbicidas com dados de fluorescência da clorofila, explica que F0 indica os índices de oxidação da plastoquinona A, e, conseqüente decréscimo na taxa de energia captada pelo Fotossistema II, fato este, corroborado pelos menores valores de Eficiência Fotoquímica do Fotossistema II notado para ambas as formulações.

Ainda, como afirmado por Rastogi *et al.*, (2019a), Hassannejad *et al.*, (2020), Lotfi *et al.*, (2017), Kalaji *et al.*, (2018), Rastogi *et al.*, (2019b) e Rastogi *et al.*, (2020), quando a planta está submetida a um fator estressante – tal qual a aplicação de um herbicida – ocorre o bloqueio parcial, ou total, do transporte de elétrons no aparato fotossintético, que resulta então, na emissão mais intensa de energia na forma de fluorescência, indicando o menor uso da radiação fotossinteticamente ativa pelas plantas, o que explicaria então, os maiores valores de Fluorescência Inicial (F0) para as formulações quando analisado simultaneamente com a avaliação de taxa relativa de transporte de elétrons (ETR).

Ainda, em relação à Fluorescência Máxima (Fm), Hassanejad *et al.*, (2020) explica que a queda de seus valores representa a menor taxa de transferência de elétrons do Fotossistema II, o que resulta em energia acumulada na forma de fluorescência devido a sua impossibilidade de uso, o que é observado para ambas formulações, uma vez que, para Finale[®], o tratamento 4 Horas Escuro apresentou os maiores índices de Fluorescência Máxima, indicando maiores valores de transferência de elétrons, e conseqüentes menores danos ao aparato fotossintético, o que é corroborado pela análise de ETR, uma vez que ambos os tratamentos apresentaram os maiores valores e se diferiram dos demais. Ainda, em relação a Trunfo[®], 12 Horas Luz apresentou os menores índices de Fluorescência Máxima (Fm), indicando menor taxa de transferência de elétrons, o que é corroborado pela avaliação de taxa relativa de transporte de elétrons, uma vez que, novamente, os menores valores foram observados para 12 Horas Luz.

Para a avaliação de Taxa Relativa de Transporte de Elétrons (ETR), os menores valores de 12 Horas Luz para Trunfo[®] podem ser explicados pelo fato de que sob condições de alta temperatura e incidência solar, ocorre intensa atividade enzimática o que acelera o metabolismo vegetal, impulsionando a respiração celular e fotorrespiração que diminuem a fotossíntese líquida e impossibilitam a eficiência do aparato fotossintético, resultando em menor taxa relativa de transporte de elétrons (Albrecht *et al.*, 2023).

Ao observar a avaliação de Taxa Relativa de transporte de elétrons (ETR), todos os tratamentos apresentaram valores inferiores à testemunha para Finale[®], cenário de redução que também foi observado por Carbonari *et al.*, (2016), que notou rápida redução deste valor ao avaliar plantas de algodão tratadas com o glufosinato sal de amônio. Essa queda para as plantas tratadas é explicada ainda por Krenchinski *et al.*, (2019), uma vez que os autores afirmam que ao inibir a enzima glutamina sintetase, o glufosinato apresenta efeitos secundários no fluxo de transporte de elétrons no Fotossistema II, promovendo assim, danos irreparáveis ao Fotossistema II e ao corpo vegetal.

Associado a isso, de acordo com Takano & Piasecki (2024), a formação e acúmulo de EROs em plantas tratadas com glufosinato resulta no bloqueio da fotorrespiração, e consequentemente, do Ciclo de Calvin, o que gera um desequilíbrio entre a geração e consumo de energia e resulta em estresse oxidativo nos cloroplastos. Entretanto, os autores ressaltam que sob essas condições, o aparato fotossintético ainda se mostra capaz de capturar energia solar e manter seu fluxo de elétrons, o que explicaria os maiores valores observados para Trunfo[®], ainda que este, tenha proporcionado a devida dessecação até 10 DAA.

Ainda em relação às avaliações de fluorômetro e ETR, nota-se que por mais que 4 Horas Escuro tenha sido submetido a menores horas de exposição ao escuro quando comparado a 12 e 8 Horas Escuro, os dados demonstraram danos fisiológicos próximos aos apresentados pela testemunha. Esse fato é explicado por Takano & Piasecki, (2024), que afirmam que a absorção inicial do herbicida se mostra maior em aplicações noturnas do glufosinato do que em aplicações diurnas. Os autores explicam que em horários noturnos, a atividade mínima da GS faz com que o cloroplasto deixe de reter e/ou acumular glufosinato, o que permite sua maior translocação sob condições de escuro.

Entretanto, essa translocação pode ter possibilitado que algumas moléculas do glufosinato sejam acumuladas nos vacúolos, o que as tornam indisponíveis para a inibição da GS no período diurno a seguir como afirmado por Takano *et al.*, (2019), como no caso de 4 horas escuro, no qual, o horário de aplicação foi considerado noturno (02:20), porém, a planta-alvo foi exposta a condições de luminosidade após 4 Horas de escuro. Entretanto, devido à compartimentalização de suas moléculas, ainda que a enzima volte a um estado de intensa atividade sob luminosidade, o glufosinato já se encontra indisponível para sua inibição.

Em relação à avaliação de produtividade e peso de mil grãos, como foi conduzida a aplicação do mesmo ingrediente ativo, no mesmo dia e a colheita realizada de forma simultânea para todas as unidades experimentais, as diferenças estatísticas podem ser explicadas pelo teor

de umidade dos grãos ao final da condução experimental, uma vez que nota-se maiores valores para tratamentos como testemunha e 4 horas luz, que apresentaram teor de umidade dos grãos superior no último dia da avaliação, o que favoreceu o maior peso de seus grãos. Vale ressaltar ainda, que os maiores teores de umidade – como os observados para os tratamentos citados anteriormente – favorecem a ocorrência de danos latentes nos grãos, embuchamento da colhedora (Souza & Smiderle, 2024).

Dessa forma, ao levar em consideração os dados apresentados, pode-se entender que o posicionamento da formulação deve levar em consideração dois fatores: (1) condições de exposição à luz no momento da aplicação, e, (2) intervalo disponível entre a aplicação e a colheita, uma vez que em um cenário de condições ideais para a aplicação como aplicação a céu aberto e boa intensidade luminosa, a formulação Finale[®] pode ser mais eficiente uma vez que resulta em uma dessecação mais rápida e consequente maior antecipação da colheita. Entretanto, sob condições inadequadas como baixa intensidade luminosa, pode-se dizer que a segunda formulação, Trunfo[®] apresentará maior segurança de aplicação uma vez que apresentou bons resultados mesmo sob baixas condições de luz mesmo que demande um tempo ligeiramente superior quando comparado à primeira formulação.

6. CONCLUSÕES

Foi observada necessidade de exposição à luz solar para ambos os herbicidas, sendo que, a formulação Finale[®] apresentou dessecação e decréscimo de umidade mais intensos do que Trunfo[®], permitindo melhor antecipação da colheita. Porém, Trunfo[®], demonstrou menor foto-dependência, podendo então, ser posicionado sob adversidades climáticas com maior facilidade. Dessa forma, o posicionamento da formulação deve variar de acordo com segurança climática no momento da aplicação e intervalo disponível entre a aplicação e colheita.

As avaliações fisiológicas permitiram compreender melhor os efeitos do glufosinato sal de amônio quando posicionado na dessecação pré-colheita da soja e o impacto na integridade de membranas e eficiência fotoquímica da planta na ruptura das membranas celulares e acúmulo de energia na forma de fluorescência.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEEN, A., & MIKI, B. The pleiotropic effects of the bar gene and glufosinate on the Arabidopsis transcriptome. *Plant Biotech J* 7:266-282, 2009.

AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários, 2023. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 08 mar. 2024.

ALBRECHT, L. P., ALBRECHT, A. J. P., YOKOYAMA, A. S., SILVA, A. F. M., BOTTCHEER, A. A., DE CARVALHO, M. G., & BATTISTON, F. M. Formulações de glufosinate na dessecação pré-colheita da soja. *Nativa*, 11(1), 96-100, 2023.

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*, 82(3), 448-456, 2022.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. [Vote of the board of sanitary regulation No. 56, of September 19, 2017. Analyzes the toxicological reassessment of the active ingredient paraquat]. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2017. Portuguese.

ARALDI, R., VELINI, E. D., GIROTTO, M., CARBONARI, C. A., JASPER, S. P., & TRINDADE, M. L. B. Efeitos na taxa de transporte de elétrons de plantas daninhas após aplicação de amicarbazone. *Planta Daninha*, 29, 647-653.

ARAÚJO, D.L., LAZZARI, M.P., DUTRA, R., LAJUS, C.R., KLEIN, C., CERICATO, A., *et al.* 2018. Influence of soybean desiccation periods on its germination potential and yield components. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 13(4):e5584. doi:10.5039/agrarian v13i4a5584.

BARKER, A. L., DAYAN, F. E. Fate of glyphosate during production and processing of glyphosate-resistant sugar beet (*Beta vulgaris*). *J.Agric. Food Chem.* 2019, 67, 2061–2065.

BELLALOU, N., BRUNS, H. A., ABBAS, H. K., FISHER, D. K., MENGISTU, A. Effects of harvest-aids on seed nutrition in soybean under midsouth USA conditions. *Plants*. 2020;9(8):1-16. Available from: <https://doi.org/10.3390/plants9081007>.

BOTELHO, F. M. et al. Épocas de dessecação nos atributos pós-colheita de grãos de soja, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1151311/1/2022-cpamt-sccb-epoca-dessecacao-atributos-pos-colheita-grao-soja.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2024.

BUSI, R., GOGGIN, DE., HEAP, I. M., HORAK, M. J., JUGULAM, M., MASTERS, R. A., *et al.*, Weed resistance to synthetic auxin herbicides. *Pest Manag Sci* 74:2265-2276 2018.

CAMARGO, E. R., ZAPIOLA, M. L., AVILA, L. A., GARCIA, M. A., PLAZA, G., GAZZIERO, D. L. P. et al. Current situation regarding herbicide regulation and public perception in South America. *Weed Sci.* 2020;68(3):232-9. Available from: <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.14>.

CARBONARI, C. A. *et al.* Resistance to glufosinate is proportional to phosphinothricin acetyltransferase expression and activity in LibertyLink® and WideStrike® cotton. *Planta*, Berlin, v. 243, n. 4, p. 1-9, 2016.

CARMO, G. L. D. F. R., FILHO, C. L. L. D., ANDRADE, M. B., TEIXEIRA, D. K. M., ALVES. Use of ammonium glufosinate and diquat in soybean field desiccation. *Braz J Sci* 2:54–63, 2023.

CEPEA. Centro PIB da Cadeia da Soja e do Biodiesel cresce em 21% em 2023, ESALQ, USP.mas Renda Real Recua 5,3%. ESALQ, USP. 04 de abr. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira. Grãos, safra 2023/24, 10º Levantamento, vol, 11, jul. 2024.

DONTHI, D. N. R., & KUMAR, A. D. Glufosinate Ammonium An Overview. *India: Pesticide Action Network*, 2022.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Reunião Pesquisa de Soja debate crescimento de 21% na cadeia da soja e do biodiesel, 26 de jun. 2023.

EWRC, European Weed Research Council. Report of the 3rd and 4th meetings of EWRC Committee of Methods in Weed Research. *Weed Research*, v. 4, p. 88, 1964.

FAMASUL – Federação da agricultura e pecuária Mato Grosso do Sul. Notícias – Grãos (2023). Disponível em: <https://portal.sistemafamasul.com.br/noticias/cadeia/gr%C3%A3os> . (Accessed on: September 30, 2023).

FAMASUL – Federação da agricultura e pecuária Mato Grosso do Sul. Boletim Casa Rural, Agricultura. 22 de mai. 2024. Disponível em: <https://portal.sistemafamasul.com.br/sites/default/files/boletimcasapdf>.

FIETZ, C. R., COMUNELLO, E. C., & FLUMIGNAN, D. L. Fevereiro foi muito quente e com chuvas mal distribuídas. *Boletim Agrometeorológico*, Embrapa, Agropecuária Oeste. Fevereiro, 2024. Dourados-MS.

FIETZ, C. R., FISCH, G., COMUNELLO, E., FLUMIGNAN, D. L. O clima de Dourados e Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul. *Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste*, p. 51, 2024.

FINOTO, E. L.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SOARES, M. B. B.; GALLI, J. A.; JUNIOR, P. S. C.; MENEZES, P. H. S. Anticipation and harvest delay in oil and protein contents of soybean seeds, grow crops Valiosa RR. *Scientia Agropecuaria*, v. 8, n. 2, p. 99-107, 2017.

GRIFFIN, J. L., BOUDREAUX, J. M., MILLER, D. K. Herbicides as harvest aids. *Weed Sci*. 2010, 58, 355–358.

HASSANNEJAD, S., LOTFI, R., GHAFARBI, S. P., OUKARROUM, A., ABBASI, A., KALAJI, H. M., & Rastogi, A. Early identification of herbicide modes of action by the use of chlorophyll fluorescence measurements. *Plants*, 9(4), 529, 2020.

HEAP, I. *The International Herbicide-Resistant Weed DATabase*. Disponível em:<www.weedscience.org>. Acesso em: 06 de junho de 2024.

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

KALAJI, H. M., PATHOM-AREE, W., LOTFI, R., BALAJI, P., ELSHERY, N., GRSKA, E. B., SWIATEK, M., HORACZEK, T., MOJSKI, J., KOCIEL, H., *et al.* Effect of Microbial Consortia on Photosynthetic Efficiency of *Arabidopsis thaliana* under Drought Stress. *Chiang Mai J. Sci.* 45, 1–10, 2018.

KALSING, A., ROSSI, C. V. S., LUCIO, F. R., MINOZZI, G. B., GONÇALVES, F. P., VALERIANO, R. Efficacy of control of glyphosate-tolerant species of the Rubiaceae family through double-knockdown applications. *Planta Daninha*. 38:1-9, 2020. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100023>

KAMPHORST, A., PAULUS, C. Herbicidas para dessecação pré-colheita em soja como alternativa em substituição ao Paraquat. *Rev Cultiv Saber* 2019:54–62, 2019.

KIM, J. W., KIM, D. S. Paraquat: toxicology and impacts of its ban on human health and agriculture. *Weed Sci.* 68(3):208-13, 2020. Available from: <https://doi.org/10.1017/wsc.2019.70>.

KRENCHINSKI, F. H., CESCO, V. J. S., CASTRO, E. B., CARBONARI, C. A., & VELINI, E. D. Ammonium glufosinate associated with post-emergence herbicides in corn with the cp4-epsps and pat genes. *Planta Daninha*, 37, e019184453, 2019.

KUMARI, A., PRICE, A. J., GAMBLE, A., LI, S., & JACOBSON, A. Integrating cover crops and herbicides for weed control in soybean. *Weed Technology*, 38, e38, 2024.

LORINI, I., SILVEIRA, J. M., DE OLIVEIRA, M. A., MANDARINO, J. M. G., HENNING, A. A., KRZYZANOWSKI, FRANÇA-NETO, J. B., BENASSI, V. T., CONTE, O., HENNING, F. A. Colheita e pós-colheita de grãos. *Sistemas de Produção* 17, Capítulo 14. 2021.

LOTFI, R., KALAJI, H. M., VALIZADEH, G. R., BEHROZYAR, E. K., HEMATI, A., GHARAVI-KOCHEBAGH, P., GHASSEMI, A. Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions. *Photosynthetica*. 56, 962–970, 2017.

MARCHI, C. S., ALBRECHT, A. J. P., ALBRECHT, L. P., NOVALOSKI, F. P., SILVA, A. F. M., & MUNDT, T. T. Quality of soybean seeds under application of herbicides or growth regulators. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 16(1):e8322. doi:10.5039/agraria.v16i1a8322, 2021.

MOURA, J. V. DE O., MEDEIROS, E. DA S., DA SILVA, P. V., SCHEDENFFELDT, B. F., MONQUERO, P. A., DA SILVA, G. P., ... & Masetto, T. E. Herbicides in Pre-Harvest Desiccation of X-Tend Soybean, 2024.

NOCTOR G., REICHELDT J. P., FOYER C.H. ROS-Related Redox Regulation and Signaling in Plants. *Semin. Cell Dev. Biol.* 2018;80:3–12. doi: 10.1016/j.semcd.2017.07.013.

OLIVEIRA, G. P; MORAIS, O. M. Maturação e qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi. *Agropecuária Científica no Seminário*, v. 15, n. 1, p. 23-34, 2019.

PAGLIARINI, M. K., REBOUÇAS, M. C., DE ALMEIDA MONACO-MELLO, K., DOS SANTOS ZOMERFELD, P., PONTIM, B. C. A., GORDIN, C. R. B., & MINELLA, E. Pre-harvest glyphosate desiccation on barley seed quality. *Research, Society and Development*, 10(7), e24310716469-e24310716469, 2021.

PARK, J. Y. O., AHN, J. W., NAM, M. K., HONG, N., SONG, T., KIM, G. H., YU, S. K., SUNG. Biochemical and physiological mode of action of tiafenacil, a new protoporphyrinogen IX oxidase-inhibiting herbicide. *Pest Biochem Physiol* 152:38–44, 2018.

PEREIRA, T., COELHO, C. M. M., SOBIECKI, M., SOUZA, C. A. Physiological quality of soybean seeds depending on the preharvest desiccation. *Planta Daninha* 2015, 33, 441–450.

PINO, F. A., & ROCHA, M. B. Transmissão de preços de soja no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 32(4), 345-361, 2020.

QUADROS, A. S.; BANDEIRA, L.; KASPER, N.; ALVES, P. L. D. C. A.; CONTI, L.; GIANCOTTI, P. R. F. Associações de herbicidas na dessecação pré-semeadura de soja. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 19, n. 2, p. 705-1-9), 2020.

RASTOGI, A., KOVAR, M., HE, X., ZIVCAK, M., KATARIA, S., KALAJI, H., SKALICKY, M., IBRAHIMOVA, U., HUSSAIN, S., MBARKI, S., *et al.* Special issue in honour of Prof. RETO, J., STRASSER. JIP-test as a tool to identify salinity tolerance in sweet sorghum genotypes. *Photosynthetica* 58, 518–528, 2020.

RASTOGI, A., STRÓ'ZECKI, M., KALAJI, H. M., ŁUCÓW, D., LAMENTOWICZ, M., JUSZCZAK, R. Impact of warming and reduced precipitation on photosynthetic and remote sensing properties of peatland vegetation. *Environ. Exp. Bot.* 160, 71–80, 2019.

RASTOGI, A., ZIVCAK, M., TRIPATHI, D., YADAV, S., KALAJI, H., BRESTIC, M. Phytotoxic effect of silver nanoparticles in *Triticum aestivum*: Improper regulation of photosystem I activity as the reason for oxidative damage in the chloroplast. *Photosynthetica*. 57, 209–216, 2019b.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>. 2023.

SILVA, F., BORÉM, A., SEDIYAMA, T., & CÂMARA, G. *Soja: do plantio à colheita*. Oficina de Textos, 2022.

SILVA, J. G. D., NASCENTE, A. S., & SARMENTO, P. H. L. Herbicides doses in the defoliation of common bean to anticipate mechanized harvesting. *Advances in Weed Science*, 39, e21237358, 2021.

SILVA, G. F. D., CHAMMA, L., LUPERINI, B. C. O., CHAVES, P. P. N., CALONEGO, J. C., NAKAGAWA, J., & SILVA, E. A. A. D. Physiological quality of soybean seeds as a function of soil management systems and pre-harvest desiccation. *Agronomy*, 13(3), 847, 2023.

SOUZA, A. D., & SMIDERLE, O. J. COLHEITA: MATURAÇÃO, MOMENTO, MÉTODOS E PLANEJAMENTO PARA COLHEITA DE SEMENTES. 2024.

STASINOPOULOS, M. D., ROBERT A. R., HELLER, G. Z., VOUDOURIS, V., BASTIANI, F. *Flexible Regression and Smoothing: Using GAMLSS in r*. CRC Press, 2017

TAKANO, H. K., BEFFA, R., PRESTON, C., WESTRA, P., & DAYAN, F. E. A novel insight into the mode of action of glufosinate: how reactive oxygen species are formed. *Photosynthesis Research*, 144(3), 361-372, 2020a.

TAKANO, H. K., BEFFA, R. S., PRESTON, C., WESTRA, P. & DAYAN, F. E. Physiological factors affecting uptake and translocation of glufosinate. *J Agric Food Chem* 68:3026-3032, 2020b.

TAKANO, H. K., & DAYAN, F. E. Glufosinate-ammonium: a review of the current state of knowledge. *Pest Management Science*, 76(12), 3911-3925. 2020.

TAKANO, H. Herbicidas inibidores da enzima glutamine sintetase (GS). *In: PIASECKI, C. Como Funcionam os Herbicidas*. Santo Ângelo, Brasil: Metrics, 2024.p.31-52.

TAKANO, H. K., PATTERSON, E. L., NISSEN, S. J., DAYAN, F. E., GAINES, T. A. Predicting herbicide movement across semi-permeable membranes using three phase partitioning. *Pestic. Biochem. Physiol.* 159, 22–26, 2019.

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*, 105267, 2023.

TSAI, W. T. Status of herbicide use, regulatory management and case study of paraquat in Taiwan. *Environ Dev Sustain.* 2020;22(3):2673- 83. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0293>.

WICKHAM, H. *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>. 2016.

ZAGONEL, J. Herbicide application timing in preharvest desiccation of soybean cultivars with different growth habits. *J. Environ. Sci. Health Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes.* 40, 13–20, 2005.

ZHOU C, LUO, X., CHEN, N., ZHANG, L. & GAO, J. C. P. natural products as next-generation herbicides: chemistry and biology of glufosinate. *J Agric Food Chem* 68:3344-3353, 2020.

ZOBIOLE, L. H. S., KRENCHINSKI, F. H., PEREIRA, G. R., RAMPAZZO, P. E., RUBIN, R. S., LUCIO, F. R. Management programs to control *Conyza* spp. in pre-soybean sowing applications. *Planta Daninha.* 36:1-8, 2018. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100076>.

ZUFFO, A.; SANTOS, M. A.; OLIVEIRA, I. C.; ALVES, C. Z.; AGUILERA, J. G.; TEODORO, P. E. Does chemical desiccation and harvest time affect the physiological and sanitary quality of soybean seeds? *Revista Caatinga*, v. 32, n. 4, p. 934-942, 2019.