

**ASSOCIAÇÕES TERMAIS E BIOQUÍMICAS DE *Commelina benghalensis* e
Ipomoea purpurea SOB EFEITO DE TRATAMENTO COM GLIFOSATO**

ANA CAROLINE DE ARAÚJO
Engenheira Agrônoma

URUTAÍ - GO

2025

ANA CAROLINE DE ARAÚJO

**ASSOCIAÇÕES TERMAIS E BIOQUÍMICAS DE *Commelina benghalensis* e
Ipomoea purpurea SOB EFEITO DE TRATAMENTO COM GLIFOSATO**

Orientador: Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRA.

URUTAÍ – GO

2025



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

FOLHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação: Associações termais e bioquímicas de *Commelina benghalensis* e *Ipomoea purpurea* sob efeito de tratamento com glifosato

Autora: Ana Caroline de Araújo

Orientador: Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Dissertação de Mestrado Profissional **APROVADA** em 28 de fevereiro de 2025, como parte das exigências para obtenção do título de **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva	IF Goiano Campus Urutaí
Prof. Dr. Marco Antônio Moreira de Freitas	IF Goiano Campus Hidrolândia
Prof. ^a Dr. ^a . Amanda Rithieli Pereira dos Santos	IF Goiano Campus Urutaí

Documento assinado eletronicamente por:

- Anderson Rodrigo da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/02/2025 11:08:59.
- Marco Antonio Moreira de Freitas, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/02/2025 11:19:13.
- Amanda Rithieli Pereira dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/02/2025 11:37:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 682163

Código de Autenticação: ad4cebee2d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutai

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAI / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano -
SIBi**

A663 Araújo, Ana Caroline
Associações termais e bioquímicas de *Commelina benghalensis* e *Ipomoea purpurea* sob efeito de tratamento com glifosato / Ana Caroline Araújo. Urutaí 2025.
29f. il.
Orientador: Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva.
Tese (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de 0133054
- Mestrado Profissional em Proteção de Plantas - Urutaí
(Campus Urutaí).
I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Ana Caroline de Araújo

Matrícula:

2022101330540001

Título do trabalho:

Associações termais e bioquímicas de *Commelina benghalensis* e *Ipomoea purpurea* sob efeito de tratamento com glifosato

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
ANA CAROLINE DE ARAUJO
Data: 10/06/2025 09:05:37 -0300
Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>

Urutai

Local

/ /

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
ANDERSON RODRIGO DA SILVA
Data: 10/06/2025 11:17:42 -0300
Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 17/2025 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO / IF GOIANO - CAMPUS URUTAÍ

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e oito dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às nove horas e trinta minutos, reuniram-se por videoconferência os componentes da banca examinadora, para procederem à avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de *Ana Caroline de Araújo*, discente do **Programa de Pós- Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado "**Associações termais e bioquímicas de *Commelina benghalensis* e *Ipomoea purpurea* sob efeito de tratamento com glifosato**". A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da dissertação para, em até 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a candidata, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós- Graduação em Proteção de Plantas - Mestrado Profissional, a candidata foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**, na área de concentração em **Fitossanidade**, pelo Instituto Federal Goiano 3 Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á mediante ao depósito da dissertação definitiva no Repositório Institucional do IF Goiano, com as devidas correções verificadas pelo orientador. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição em até **60 (sessenta) dias**. Cumpridas as formalidades, a presidência da mesa encerrou a sessão de defesa e, para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva	IF Goiano	Presidente
Prof. Dr. Marco Antônio Moreira de Freitas	IF Goiano	Membro interno
Profª. Drª. Amanda Rithieli Pereira dos Santos	IF Goiano	Membra externa

Documento assinado eletronicamente por:

- Anderson Rodrigo da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/02/2025 11:02:10.
- Amanda Rithieli Pereira dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/02/2025 11:36:50.
- Marco Antonio Moreira de Freitas, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/02/2025 13:59:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 682161
Código de Autenticação: 3f61e00ceb



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutai

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

DEDICATÓRIA

Primeiramente dedico a Deus, ao meu pai falecido Hamilton Domingues de Araújo, a minha mãe Ana Cecilia Ferreira de Araújo, a toda minha família e amigos, que me apoiaram durante esta caminhada.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me guiar e conceder sabedoria para que eu pudesse chegar até essa etapa da minha vida.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Urutaí e Campus Morrinhos, tanto o corpo docente, a administração, e todos que de alguma forma colaboram para o bom funcionamento da Instituição.

Ao Professor Dr. Anderson Rodrigo da Silva pela orientação, profissionalismo, competência e colaboração para a efetuação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Emerson Trogello pelo apoio, incentivo e contribuições durante toda a execução do projeto.

Aos membros da banca examinadora de qualificação Prof. Dr. Emerson Trogello e Prof. Dr. Marco Antônio de Freitas e da defesa Prof. Dr. Marco Antônio de Freitas e Profa. Dra. Amanda Rithieli Pereira dos Santos, que aceitaram participar e colaborar com esta dissertação e a todos os mestres e doutores do corpo docente que contribuíram para o meu título de Mestra.

Aos meus pais Ana Cecília e Hamilton, meus irmãos Luis Eduardo e Isabela e toda a minha família, pelo apoio e incentivo de sempre.

E a todos aqueles que de alguma forma direta ou indiretamente contribuíram para realização do mestrado, o meu muito obrigada.

Muito Obrigada!!!

SUMÁRIO

RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1 Controle visual:	18
2.2 Alteração na rota do ácido chiquímico:.....	18
2.3 Índice de clorofila:	20
2.4 Massa seca:.....	21
2.5 Imagens térmicas:.....	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1 Trapoeraba.....	22
3.2 Corda de viola	25
3.3 Temperatura da superfície foliar	28
3.4 Temperatura x Variáveis bioquímicas.....	30
4. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32

ASSOCIAÇÕES TERMAIS E BIOQUÍMICAS DE *Commelina benghalensis* e *Ipomoea purpúrea* SOB EFEITO DE TRATAMENTO COM GLIFOSATO

RESUMO

As imagens térmicas têm se tornado uma ferramenta importante na agricultura moderna, possibilitando a detecção de estresses bióticos e abióticos com eficiência, bem como inferir sobre alterações fisiológicas das plantas. Objetivou-se avaliar as associações termais e bioquímicas de duas espécies de plantas daninhas sob efeito do herbicida glifosato em conjunto com adjuvante. Em estufa, foram avaliados três tratamentos de manejo químico de trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e corda-de-viola (*Ipomoea purpúrea*) com glifosato e adjuvante Matriz D. Quando as plantas estavam com duas a três folhas expandidas, foram realizadas as aplicações, simulando uma dessecação pré-plantio. A variação de temperatura foliar foi avaliada diariamente utilizando uma câmera termográfica por seis dias após a aplicação. As avaliações de controle foram feitas de forma visual, por escala de dano. Em laboratório foram analisadas a alteração na rota do ácido chiquímico, índice de clorofila e massa seca. O adjuvante Matriz D potencializou o efeito do glifosato para o controle de trapoeraba e corda-de-viola de maneira distinta entre as espécies, com efeito mais rápido em corda-de-viola a partir do quinto dia após aplicação. Houve correlação positiva entre temperatura e Superóxido dismutase (SOD) e correlação negativa entre temperatura e Malondialdeído (MDA) em ambas as espécies. O manejo com glifosato combinado com o adjuvante Matriz D demonstrou o maior aumento na temperatura das folhas e um maior acúmulo do ácido chiquímico para trapoeraba. O manejo somente com o adjuvante, sem a adição do glifosato apresentou menor variação de temperatura ao longo do tempo das duas plantas daninhas. Não houve efeito sobre clorofila e massa seca de ambas as espécies.

Palavras-Chave: Termografia, Trapoeraba, Corda-de-viola, Ácido chiquímico.

THERMAL AND BIOCHEMICAL ASSOCIATIONS OF *Commelina benghalensis* and *Ipomoea purpúrea* UNDER THE EFFECT OF GLYPHOSATE TREATMENT

ABSTRACT

Thermal images have become an important tool in modern agriculture, enabling the efficient detection of biotic and abiotic stresses, as well as inferring physiological changes in plants. The objective was to evaluate the thermal and biochemical associations of two species of weeds under the effect of the herbicide glyphosate in conjunction with an adjuvant. In a greenhouse, three treatments of chemical management of wandering jew (*Commelina benghalensis*) and purple morning glory (*Ipomoea purpúrea*) with glyphosate and the adjuvant Matrix D were evaluated. When the plants had two to three expanded leaves, applications were made, simulating a pre-planting desiccation. The variation in leaf temperature was assessed daily using a thermal camera for six days after application. Control evaluations were conducted visually. In the laboratory, changes in the shikimic acid pathway, chlorophyll index, and dry mass were analyzed. The adjuvant Matrix D enhanced the effect of glyphosate for controlling water hyacinth and cowhorn, distinctly between species, with a faster effect on cowhorn starting from the fifth day after application. A positive correlation was observed between temperature and Superoxide dismutase (SOD) and a negative relationship between temperature and Malondialdehyde (MDA) in both species. The management with glyphosate combined with the adjuvant Matrix D showed the highest increase in leaf temperature and a greater accumulation of shikimic acid for water hyacinth. The management solely with the adjuvant, without the addition of glyphosate showed less temperature variation over time for the two weed species. There was no effect on chlorophyll and dry mass of both species.

Keywords: Thermography, Spiderwort, Morning Glory, Shikimic acid.

1. INTRODUÇÃO

A competição por plantas daninhas tem notável importância a campo, uma vez que o manejo em culturas como soja e milho tem apresentado desafios ao produtor rural (Penariol et al., 2008), principalmente devido a seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas, as quais não são controladas eficientemente por determinados mecanismos de ação, com notável destaque aos inibidores da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), como o glifosato (Riar et al., 2013).

Conforme o diagrama 1, quando há a inibição da EPSPS ocorre o acúmulo de chiquimato (ácido chiquímico) nos vacúolos, o que é intensificado pela perda de controle do fluxo de carbono na rota (Schonbrunn et al., 2001). Ainda, como consequência final, ocorre o bloqueio da síntese de aminoácidos aromáticos: triptofano, fenilalanina e tirosina (Zablotowicz; Reddy, 2004). Porém, algumas plantas daninhas desenvolvem mecanismos de resistência a herbicidas que inibem a EPSPs, diminuindo o acúmulo do ácido chiquímico ou ajustando a via metabólica para evitar os efeitos tóxicos do herbicida. (Zhao et al. 2015).

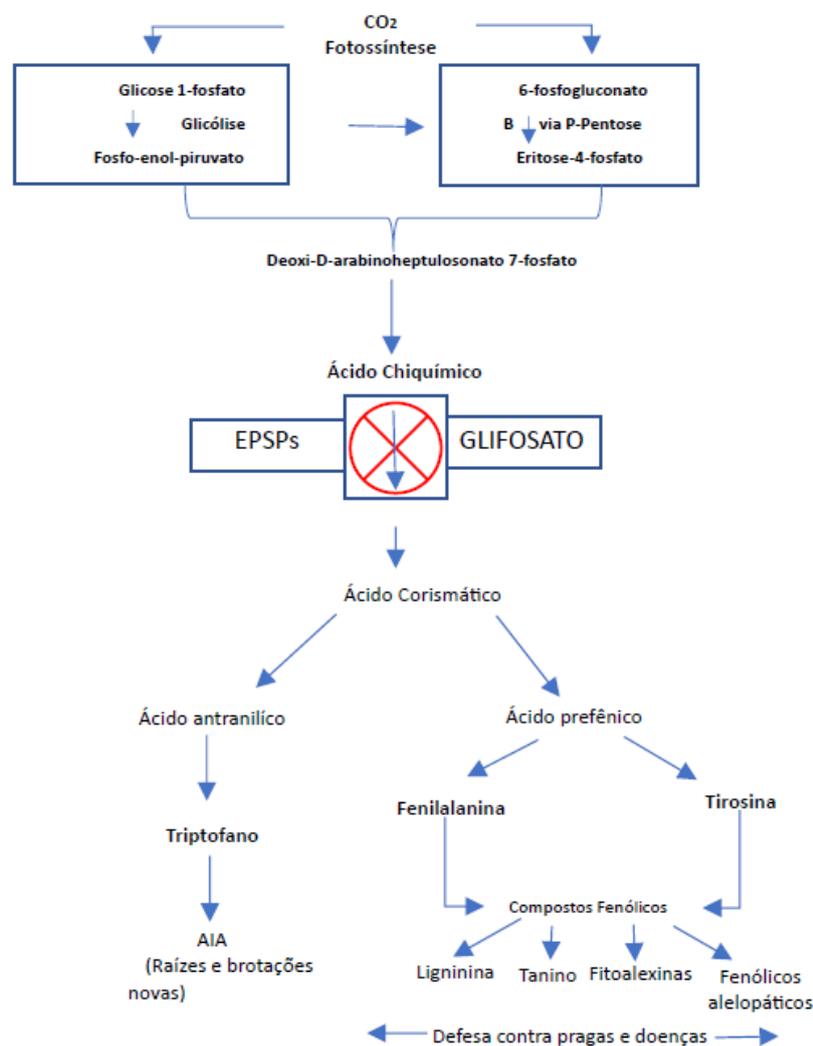


Diagrama 1: Ação do glifosato na via do ácido chiquímico e interferência na síntese de aminoácidos aromáticos. Adaptação do grupo Multitécnica: *Como melhorar a eficiência das aplicações de nutrientes nas aplicações em conjunto com glifosato*. Acesso em 02/02/2025

Devido ao seu amplo espectro, baixo residual no solo e, em geral baixo custo, o glifosato passou a ser usado de forma muito intensa na dessecação pré plantio de diferentes culturas, ou mesmo em jato dirigido em culturas mais perenizadas.

Com o advento da tecnologia dos Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) em culturas como soja, milho e algodão, esse herbicida pode ser posicionado em pós emergência. Assim, seu uso ficou ainda mais intenso nos cultivos agrícolas. Este uso

intenso causou a seleção de plantas resistentes em diferentes regiões e sistemas de cultivo. Há plantas daninhas como a buva (*Conyza spp.*), capim amargoso (*Digitaria insularis*), capim pé-de-galinha (*Eleusina indica*) e várias outras que estão disseminadas nos cultivos e já são minimamente controladas pelo uso do glifosato (Castro et al., 2017). Da mesma forma, desde os primórdios do seu uso, plantas daninhas como a Trapoeraba (*Commelina spp.*) e corda de viola (*Ipomoea spp.*), leiteiro (*Euphorbia spp.*) apresentam níveis diferenciados de tolerância ao uso deste herbicida, dificultando também seu controle a campo (Adegas et al., 2022). Nesse contexto, o uso de adjuvantes na calda de aplicação pode potencializar a ação do herbicida no controle de plantas daninhas.

A eficácia do controle com glifosato está associada a condições ambientais, estágio de desenvolvimento da planta e nível de estresse, sendo que plantas daninhas estressadas principalmente hidricamente, apresentam limitado transporte via floema, uma vez que sua taxa fotossintética estará limitada pelo fechamento estomático. Com menor translocação via floema, a ação do herbicida também é reduzida drasticamente.

O uso de adjuvantes pode melhorar a característica da calda de aplicação, quebrando tensão superficial da gota, rompendo camadas lipídicas, reduzindo o potencial de deriva, controlando pH etc.

Estudos de controle de plantas daninhas são, em geral, baseados em avaliações visuais e análises laboratoriais. No entanto, ferramentas digitais e sensores remotos permitem fazer avaliações eficientes para monitoramento e gerenciamento da lavoura.

As imagens térmicas têm se tornado uma ferramenta importante na agricultura moderna. A temperatura da superfície foliar está associada a variedade de processos biológicos, físicos e químicos (Oliveira, 2010).

O impacto da temperatura do ar na eficiência do controle de plantas daninhas por glifosato em associação com adjuvantes, envolve o comportamento das plantas e do herbicida. Onde, a temperatura do ar influencia no crescimento e desenvolvimento das plantas, comprometendo a transpiração e as características fisiológicas referentes ao aspecto hídrico das plantas, no qual possuem ação sobre a hidratação da cutícula e absorção mineral (Martinson et al., 2005). Ademais, o processo físico da difusão de herbicida pela cutícula foliar é afetado diretamente pela temperatura do ar. Com as

imagens térmicas é possível a identificação desses comportamentos na planta, mesmo em situações que não se pode observar a olho nu.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as associações termais e bioquímicas de *Commelina benghalensis* e *Ipomoea purpúrea* sob efeito do herbicida glifosato em conjunto com adjuvante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, Rodovia BR-153, Km 633, com altitude média de 850 metros.

O experimento foi composto por 3 tratamentos e 4 repetições (Tabela 1), conduzido em casa de vegetação o delineamento de blocos ao acaso. O adjuvante Matriz D atua como um condicionador de calda com efeito tamponante, tem por finalidade aumentar a absorção de produtos na calda, reduzir possíveis efeitos de “travamento” da planta, causados pela aplicação de defensivos, auxiliar na ruptura da cerosidade das folhas das plantas e proporcionar maior absorção dos produtos aplicados, multifuncional que adequa o pH da solução, além de reduzir perdas por deriva.

Tabela 1. Relação dos tratamentos: produtos e doses para controle químico de plantas daninhas.

Tratamentos	Produtos	Dose (L/ha)
1	Adjuvante	0,5 L ha ⁻¹
2	Glifosato	1,9 L ha ⁻¹
3	Adjuvante + Glifosato	0,5 L ha ⁻¹ + 1,9 L ha ⁻¹

Foram cultivadas as espécies trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e corda-de-violão (*Ipomoea purpurea*), sendo semeadas em células preenchidas com substrato, para a produção uniforme das mudas. Após a emergência, foi realizado o transplante das mudas para vasos plásticos com volume de dois litros, preenchidos com substrato. Aos 25 dias após a semeadura, quando as plantas estavam com 2 a 3 folhas expandidas, foi realizada a aplicação dos tratamentos utilizando pulverizador pressurizado a CO².

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados (DBC), com três tratamentos, quatro repetições e três vasos por repetição. Imagens do processo de instalação do experimento podem ser vistas no Apêndice - A.

Vinte e oito dias após a semeadura, iniciou-se as avaliações do projeto. Foram avaliados os seguintes tributos:

2.1 Controle visual:

Índice e descrição da fitointoxicação causada pelo produto na daninha em dias após a aplicação dos tratamentos, seguindo tabela de fitotoxicidade (EWRC, 1964), conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Escala de danos em plantas causados por herbicidas (EWRC, 1964)

Índice de avaliação	Descrição de fitointoxicação
1	Sem dano
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas
3	Pequenas alterações visíveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento)
4	Forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose
5	Necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos
6	Redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas
7	Mais de 80% das folhas destruídas
8	Danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas
9	Morte da planta

2.2 Alteração na rota do ácido chiquímico

Foi realizada a coleta das folhas da daninha de cada repetição 72 horas após a aplicação, sendo acondicionadas em papel alumínio, congeladas em nitrogênio líquido, transferidas para caixa de isopor com gelo e levadas para laboratório para a realização das análises laboratoriais.

- **Quantificação de ácido chiquímico**

Para a quantificação do ácido chiquímico foram coletadas 0,200 g de tecido foliar e armazenados a -80°. A extração do ácido chiquímico foi realizada conforme o método

proposto por Singh e Shaner (1998), com algumas modificações. O material vegetal foi macerado contendo 2 mL de HCl 0,25 N. O extrato foi centrifugado a 15000 xg, a 4 °C, durante 25 min. A determinação do ácido chiquímico foi efetuada segundo método proposto por Gaitonde e Gordon (1957) e Perez-Jones et al. (2005), com modificações. Foi coletada uma alíquota de 30 µL do sobrenadante, e foram adicionados 500 µL de ácido periódico a 1%. Logo após, esse material foi colocado em banho-maria a 37°C por 45 min. Ao retirar as amostras do banho acrescentou-se 500 µL de hidróxido de sódio (1 N) e 300 µL de glicina (0,1 M). Em seguida, a solução foi homogeneizada e se efetuaram as leituras a 380 nm, em espectrofotômetro UV – VIS modelo Evolution 60S (Thermo Fischer Scientific®, Madison, Estudos Unidos), e os resultados expressos em mg g⁻¹ MF, realizados através do coeficiente de absorvidade.

- **Conteúdo de Malonaldeído (MDA)**

O conteúdo de MDA, cujo é o principal produto formado durante a peroxidação de lipídios, sendo uma estimativa indireta do dano celular oriundo do estresse oxidativo (Li et al., 2015), foi avaliado para determinar a peroxidação de lipídios utilizando o método proposto por Heath e Packer (1968), com modificações (Cakmak; Horst, 1991; Hodges et al., 1999).

Foram maceradas 0,15 g de folhas frescas em almofariz sob N₂ líquido com solução de extração de 1 mL de TCA 0,1%. O extrato foi centrifugado a 10000 g, durante 10 minutos a 4 °C e, posteriormente, 500 µL do sobrenadante foi adicionado a 2,0 mL da solução TBA 0,65% + TCA 20% (p/v) e aquecidos em banho-maria a 95 °C, em tubos hermeticamente fechados, por 25 minutos. A reação foi paralisada em banho de gelo, posteriormente as leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-VIS, modelo Genesys 150 (Thermo Fisher Scientific, Madison – USA), a 440, 532 e 600 nm. A concentração do complexo malonaldeído-ácido tiobarbitúrico (MDA-TBA) produzido foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de 157 mM⁻¹ cm⁻¹ (Heath e Packer, 1968) através da fórmula:

$$\text{MDA (nmol ml}^{-1}\text{)} = 1) [(A_{532}+TBA)-(A_{600}+TBA)-(A_{532}-TBA-A_{600}-TBA)] = A.$$

$$2) [A_{440}+TBA-A_{600}+TBA) 0,0571] = B$$

$$3) \text{Equivalente de MDA (nmol ml}^{-1}\text{)} = (A-B/157000) 10^6$$

Os dados de TBARS foram expressos em nmol TBA-MDA g⁻¹ MF.

- **Avaliação da atividade das enzimas APX, SOD, CAT, POX**

Para a determinação da atividade da superóxido dismutase (SOD), da catalase (CAT), da ascorbato peroxidase (APX) e peroxidase (POX), foram macerados 0,25 g de tecido foliar em almofariz com nitrogênio líquido contendo 2 mL do seguinte meio de extração: tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), EDTA 0,1 mM, DTT 2 mM, fluoreto de fenilmetilsufônico (PMSF) 2 mM e polivinilpirrolidona 4% (PVP). O extrato enzimático foi centrifugado a 12000 rpm durante 20 min a 4°C e o sobrenadante foi utilizado como extrato bruto (Debona et al., 2012).

A atividade da SOD (EC 1.15.1.1) foi determinada a partir da metodologia proposta por Del Longo et al. (1993), mediante a mensuração da capacidade da enzima em reduzir fotoquimicamente o azul de nitrotetrazólio (NBT) (Giannopolitis; Ries, 1977). Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para inibir 50% da fotoredução do NBT (Beauchamp; Fridovich, 1971).

A atividade da CAT (EC 1.11.1.6) foi determinada pela velocidade da quebra de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 240 nm, durante 1 min a 25°C (Havir; Mc Hale, 1987). O coeficiente de extinção molar de $36 M^{-1} cm^{-1}$ (Anderson et al., 1995) foi utilizado para calcular a atividade da enzima.

Para a atividade da APX (EC 1.11.1.11) foi utilizada a metodologia proposta por Nakano e Asada (1981), sendo medida pela taxa de oxidação do ascorbato a 290 nm durante 1 min a 25°C. O coeficiente de extinção molar de $2,8 mM^{-1} cm^{-1}$ foi utilizado para calcular a atividade da APX.

A atividade da peroxidase (POX, EC 1.11.1.7) foi determinada usando pirogalol como doador de elétrons para redução de peróxido de hidrogênio (Kar; Mishra, 1976). O coeficiente de extinção de $2,47 mM^{-1} cm^{-1}$ (Chance; Maehly, 1955) foi usado para calcular a atividade POX e os resultados foram expressos como $mol min^{-1} mg^{-1}$ de proteína.

A atividade das enzimas foi expressa com base em proteína, cuja concentração foi determinada de acordo com o método de Bradford (Bradford, 1976) usando albumina sérica bovina (BSA) como proteína padrão.

2.3 Índice de clorofila

O índice de clorofila começou a ser avaliado no 4º dia após a aplicação, com o auxílio do aparelho Clorofilog, sendo realizado diariamente durante sete dias.

2.4 Massa seca

Realizada aos 14 dias após aplicação, quando foi realizada a coleta de plantas, para secagem em estufa a 65°C por 72 horas.

2.5 Imagens térmicas

Para a captura das imagens térmicas, utilizou-se a câmera termográfica Flir C2. As imagens foram processadas com o software FLIR Tools para análise de alterações de temperatura da superfície foliar (°C), as medições foram feitas com base na média de três pontos em cada folha. Diariamente, por 7 dias, foram capturadas imagens de cada vaso. Cada vaso foi posicionado em cima de um tecido de cor preta (Figura 11) e todas as imagens foram capturadas de uma altura de 80 centímetros do alvo. Como a termografia fundamenta na diferença de radiação emitida na região infravermelho, as fotos foram retiradas no período da manhã, entre 8:00 e 10:00 horas da manhã, uma vez que é neste período que ocorre a troca de calor, permitindo alcançar resultados mais precisos e satisfatórios.



Figura 9 - Imagem RGB de Corda-de-viola (*Ipomoea purpura*) – vaso posicionado em cima de um tecido preto para melhor captura de imagem, sem que haja nenhuma interferência de coloração na imagem.

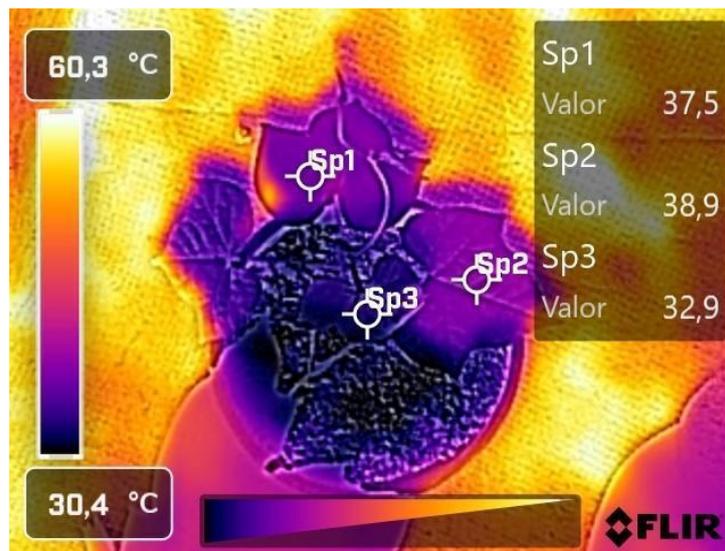


Figura 10 - Imagens térmicas de Corda-de-viola (*Ipomoea purpura*), analisadas pelo software FLIR TOOLS, onde foram inseridos três pontos de análise de temperatura.

Os dados das variáveis relacionadas à avaliação visual, teor de clorofila, massa seca e ácido chiquimico foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Aos dados de temperatura da superfície foliar, foram ajustados modelos de regressão em função do efeito de tratamentos com glifosato ao longo do tempo de avaliação; o erro médio absoluto percentual (EMAP) foi usado para avaliar a qualidade dos ajustes. As análises estatísticas foram feitas com o software R versão 4.1.1 (R Core Team, 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Trapoeraba

Nos três primeiros dias de avaliação visual de controle, não houveram diferenças ($p > 0,05$) entre tratamentos, somente após o sexto dia os efeitos dos produtos puderam ser notados, percebendo-se apenas clorose e deformações leves nas folhas. Após o sexto dia, o tratamento 1 (adjuvante 1) diferenciou-se dos outros, por não apresentar fitotoxicidade, enquanto os demais apresentaram sintomas leves como verificados anteriormente. De forma geral, observou-se uniformidade na fitotoxicidade entre os tratamentos 2 e 3 ao longo dos quinze dias após a aplicação; a partir do nono dia surgiram sintomas de necrose foliar (Tabela 1)

Tabela 1. Resumo da análise de variância para avaliação visual de fitotoxicidade em função dos diferentes tratamentos herbicidas para trapoeraba.

FV	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	15
	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A						
Blocos	0.41	1.17	1.26	5.36	7.38	8.89	14.73	10.41	10.41	10.33	14.00
Tratamentos	1.15 ^{ns}	1.88 ^{ns}	2.29 ^{ns}	5.34 ^{**}	5.52 ^{**}	5.47 ^{**}	11.17 ^{**}	16.56 ^{**}	16.56 ^{**}	15.17 ^{**}	17.43 ^{**}
CV %	84.53	60.50	53.94	34.50	34.32	35.04	23.79	19.96	19.96	20.62	19.04
Comparação de médias											
1	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
2	1.00 a	1.33 a	2.00 a	2.67 a	2.67 a	2.67 ab	3.67 a	3.67 a	3.67 a	3.67 a	4.00 a
3	1.33 a	1.67 a	1.67 a	2.67 a	2.67 a	3 a	3.67 a	4.00 a	4.00 a	4.33 a	4.33 a

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^{**}Valor significativo a 1% de probabilidade; *valor significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} valor não significativo pelo teste F.

Tratamentos: 1-Matriz D; 2-glifosato; 3-Matriz D+glifosato.

Houve diferenciação ($p < 0,05$) no acúmulo do ácido chiquímico entre os tratamentos 1 (Matriz D) e 3 (Matriz D+glifosato), sendo que o efeito do adjuvante no tratamento 3 potencializou o acúmulo de ácido, uma vez que houve uma maior penetração e translocação do herbicida até o sítio de ação. Para a massa seca, não houve diferenciação dos tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis ácido chiquímico e matéria seca em função dos diferentes tratamentos herbicidas para trapoeraba.

FV	Ácido chiquímico	Matéria seca (kg)
Blocos	0.39	1.11
Trat.	2.47 [*]	0.84 ^{ns}
CV %	10.17	30.75
Tratamentos	Comparação de médias	
1	3.53 b	0.34 a
2	4.35 ab	0.29 a
3	4.80 a	0.30 a

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^{**}Valor significativo a 1% de probabilidade; *valor significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} valor não significativo pelo teste F.

Tratamentos: 1-Matriz D; 2-glifosato; 3-Matriz D+glifosato.

Não houve diferenciação ($p > 0,05$) entre os tratamentos em relação ao teor de clorofila até os dez dias após a aplicação dos produtos (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o teor de clorofila na planta em função dos diferentes tratamentos herbicidas para trapoeraba.

FV	4 D.A.A	5 D.A.A	6 D.A.A	7 D.A.A	8 D.A.A	9 D.A.A	10 D.A.A
Blocos	1.85	0.61	0.40	1.31	0.18	2.49	1.87
Tratamentos	2.15 ^{ns}	0.76 ^{ns}	1.81 ^{ns}	1.76 ^{ns}	1.97 ^{ns}	2.25 ^{ns}	1.01 ^{ns}
CV %	10.15	16.02	11.26	11.09	14.04	13.72	10.60
Comparação de médias							
1	22.48 a	24.81 a	22.86 a	22.43 a	21.38 a	22.54 a	24.83 a
2	23.31 a	23.98 a	23.95 a	22.64 a	21.43 a	22.89 a	24.36 a
3	23.56 a	23.03 a	23.45 a	21.91 a	19.38 a	23.02 a	23.70 a

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Valor significativo a 1% de probabilidade; *valor significativo a 5% de probabilidade e ^{NS} valor não significativo pelo teste F.

Tratamentos: 1-Matriz D; 2-glifosato; 3-Matriz D+glifosato.

Percebeu-se que, mesmo em ambiente controlado (casa de vegetação), o clima frio (média de 22 °C) propiciado pela época do ano (maio, 2023) em que foi conduzido o ensaio, causou diminuição no efeito desejado à utilização do produto, visto que o herbicida utilizado, glifosato, necessita de temperaturas entre 25 e 32 °C e incidência solar para otimização do efeito (Sharma; Singh, 2001).

Na Figura 11 observa-se que o nível de controle dos tratamentos em relação a testemunha (1) não diferiu. Percebe-se também que, o Matriz D em associação com o Glifosato (3) também não teve diferenciação no controle em relação ao glifosato isolado (2).

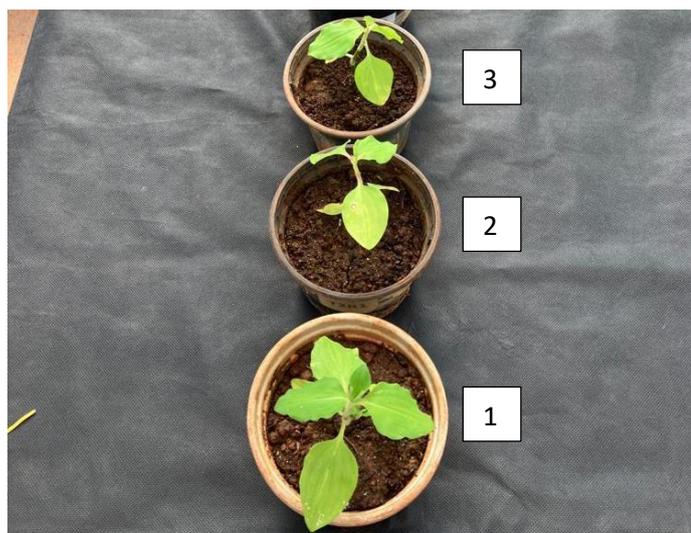


Figura 11 - Efeito visual de controle após 14 dias de aplicação dos diferentes tratamentos sobre a planta daninha trapoeraba.

3.2 Corda de viola

Como se pode observar na Tabela 4, houve efeito ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre o controle visual de corda-de-viola. Sintomas leves (nota 2 ou menor) foram observados até o quarto dia após a aplicação. A partir do quinto dia, os valores foram similares entre todos os tratamentos, se diferenciando apenas da testemunha sem aplicação de glifosato. Diferentemente da trapoeraba, a partir do quinto dia foram observados sintomas mais severos, de necrose foliar.

Tabela 4. Análise de variância para avaliação visual de fitotoxicidade em função dos diferentes tratamentos na planta daninha Corda de viola.

FV	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14
	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A	D.A.A
Blocos	3.00 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.07 ^{ns}	2.45 ^{ns}	4.66 [*]	5.53 [*]	9.75 ^{**}	5.32 [*]	16.61 ^{**}	10.69 ^{**}
Tratamentos	13.00 ^{**}	5.35 ^{**}	13.10 ^{**}	11.81 ^{**}	18.48 ^{**}	20.61 [*]	40.21 ^{**}	31.10 ^{**}	59.15 ^{**}	42.53 ^{**}
CV %	25.00	36.83	21.57	22.84	18.07	17.00	12.17	13.79	9.99	11.80
Comparação de média										
1	0.00 c	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
2	1.00 b	1.66 ab	4.66 a	5.66 a	6.00 a	6.00 a	6.66 a	7.33 a	8.00 a	8.33 a
3	1.33 ab	2.66 a	5.00 a	6.33 a	6.33 a	6.33 a	7.00 a	7.66 a	7.66 a	8.00 a

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Valor significativo a 1% de probabilidade; *valor significativo a 5% de probabilidade e NS valor não significativo pelo teste F.

Tratamentos: 1-Matriz D; 2-glifosato; 3-Matriz D+glifosato.

Com relação a clorofila, observa-se que houve diferenciação de tratamentos ($p < 0,05$) apenas no décimo dia após aplicação, quando a testemunha diferiu significativamente dos tratamentos 3 (Tabela 5). Novamente, o tratamento 3 (Matriz D + Glifosato) se apresenta como um dos mais eficazes. A metodologia do Clorofilog, entretanto, apresentou alta variabilidade, com coeficiente de variação próximo a 30%; o tamanho diminuto da planta pode ter interferido nesse resultado.

Tabela 5. Análise de variância para o teor de clorofila na planta em função dos diferentes tratamentos empregados na planta daninha Corda de viola.

FV	GL	4 D.A.A	5 D.A.A	6 D.A.A	7 D.A.A	8 D.A.A	9 D.A.A	10 D.A.A
Blocos	3	3.4342	1.7724	2.1250	2.6271	0.8892	0.1413	3.2461
Tratamentos	6	0.2589 ^{ns}	0.3687 ^{ns}	0.4514 ^{ns}	0.5849 ^{ns}	2.0498 ^{ns}	1.6898 ^{ns}	3.0603 [*]
CV %	-	17.65	24.02	24.40	25.02	26.81	28.87	22.65

Tratamentos	Comparação de médias						
	1	22.75a	23.74a	22.02 a	23.83 a	20.32 a	26.05 a
2	22.59a	20.95a	18.52 a	18.90 a	13.69a	14.50a	15.21 ab
3	24.71a	23.35 a	19.41 a	20.69 a	17.75 a	17.23 a	14.70 b

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Valor significativo a 1% de probabilidade; *valor significativo a 5% de probabilidade e NS valor não significativo pelo teste F.

Tratamentos: 1-Matriz D; 2-glifosato; 3-Matriz D+glifosato.

Com relação ao acúmulo de chiquimato e matéria seca, observa-se que não houve diferença ($p < 0,05$) entre os tratamentos, exceto a testemunha (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as variáveis acúmulo de ácido chiquímico e matéria seca em função dos diferentes tratamentos herbicidas para corda de viola.

FV	GL	Chiquimato	M.S
Blocos	2	4.5711	2.7084
Tratamentos	6	8.3716**	1.5178 ^{ns}
CV %	-	9.48	33.28

Tratamentos	Comparação de médias	Comparação de médias
1	2.81 b	0.38 a
2	4.87 a	0.27 a
3	4.20 a	0.27 a

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Valor significativo a 1% de probabilidade; *valor significativo a 5% de probabilidade e NS valor não significativo pelo teste F.

Tratamentos: 1-Matriz D; 2-glifosato; 3-Matriz D+glifosato.

Na Figura 12 observa-se que o nível de controle dos tratamentos em relação a testemunha (1) diferiu. Percebe-se também que o Matriz D (3) potencializou o controle em relação ao glifosato isolado (2).

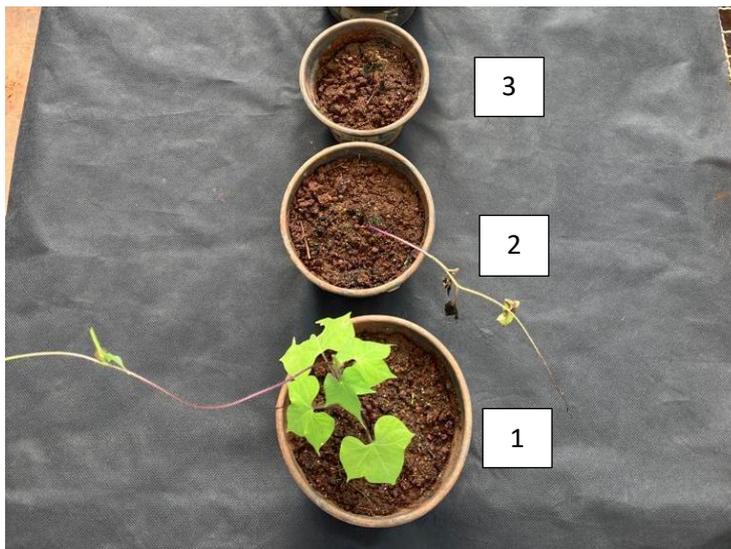


Figura 12 - Efeito visual de controle após 14 dias de aplicação dos diferentes tratamentos sobre a planta daninha corda de viola.

Em comparação a corda de viola, trapoerada demonstrou-se a de maior tolerância. Observando os efeitos na rota do ácido chiquímico, o tratamento 3 (Matriz D + glifosato) se mostrou como o mais eficaz, ou seja, promoveu maior acúmulo de ácido chiquímico. Esse acúmulo em plantas daninhas está associado com o funcionamento do caminho biossintético da via do ácido, que é fundamental para a produção de aminoácidos aromáticos, como triptofano, tirosina, fenilalanina, que são precursores de inúmeros compostos importância na planta. (Zabiole et al., 2010).

A trapoeraba apresenta uma maior resistência ao herbicida glifosato, pois possui uma baixa absorção e translocação do glifosato no interior da planta, também possui uma superfície mais cerosa e pilosa, podendo dificultar a aderência da calda. Além disso, a espécie apresenta alta capacidade de rebrote e possui um metabolismo de resistência e tolerância natural, devido a diferença no metabolismo ou a baixa atividade da enzima EPSPs (Silva et al., 2018).

Em se tratando de plantas daninhas, o acúmulo de ácido chiquímico ocorre como uma resposta ao bloqueio da EPSPs. Quando a EPSPs é inibida, ocorre um acúmulo do ácido chiquímico, pois a via não consegue continuar sua atividade normal, resultando no rompimento da síntese de compostos essenciais. (Duke et al., 2012).

3.3 Temperatura da superfície foliar

A Figura 13 apresenta os modelos de regressão ajustados para Temperatura da superfície foliar de trapoeraba em função do efeito de tratamentos com glifosato ao longo do tempo (1 a 6 dias após a aplicação). Podemos observar que o tratamento composto de Matriz D + glifosato (T3) apresentou o maior crescimento de temperatura em função dos dias após aplicação. Esta maior temperatura foi seguida pelo tratamento contendo unicamente glifosato (T2). Em contrapartida, a testemunha (T1) apresentou a menor temperatura foliar e praticamente sem acréscimo de temperatura ao longo do tempo.

O efeito típico de qualquer estresse nas plantas é a elevação da temperatura foliar pela alteração na taxa metabólica, respiração e produção de compostos secundários. Verificou-se que o efeito do herbicida glifosato no prazo de seis dias foi potencializado pela adição do Matriz D a calda. Embora o mecanismo de ação ao qual pertence o glifosato (Inibidor da EPSPS) impacta diretamente na não formação de aminoácidos essenciais às plantas (tirosina, triptofano e fenilalanina) e conseqüentemente na dificuldade da síntese de proteínas (Benbrook, 2012). Não obstante, tem-se um acúmulo de chiquimato na planta, uma vez que a enzima responsável por sua quebra foi inibida. Segundo Vidal, R., et al. (2014) o acúmulo de chiquimato acaba exigindo da planta daninha uma rota secundária de dispersão, o que por vezes eleva a temperatura do limbo foliar.

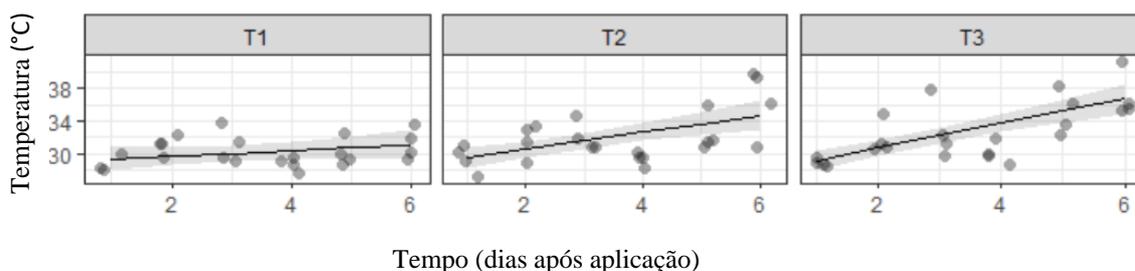


Figura 13. Modelos ajustados para Temperatura da superfície foliar de trapoeraba em função do efeito de tratamentos com glifosato ao longo do tempo (1 a 6 dias após a aplicação). EMAP = 6.13%.

A Figura 14 apresenta os modelos de regressão ajustados para temperatura da superfície foliar de corda-de-viola em função do efeito de tratamentos com glifosato ao longo do tempo (1 a 6 dias após a aplicação). Observa-se que, diferentemente da planta daninha trapoeraba, o efeito do produto glifosato e sua combinação não impactou

significativamente no aumento da temperatura do limbo foliar. Isto pode ocorrer muitas vezes pela diferenciação fisiológica da planta daninha, podendo uma planta ser mais eficiente na dissipação de calor que outras. No caso da trapoeraba, tem-se histórico de resistência a estresses abióticos, como calor excessivo e seca, pois a mesma possui adaptações morfológicas e fisiológicas que a ajudam a passar por condições adversas, como folhas geralmente finas e com grande área superficial, o que ajuda na evaporação; em condições de calor intenso, ela pode reduzir sua taxa de transpiração, minimizando a perda de água, e ao longo do dia ela possui o mecanismo de ajuste na posição de suas folhas, o que pode influenciar a exposição ao calor e a radiação.

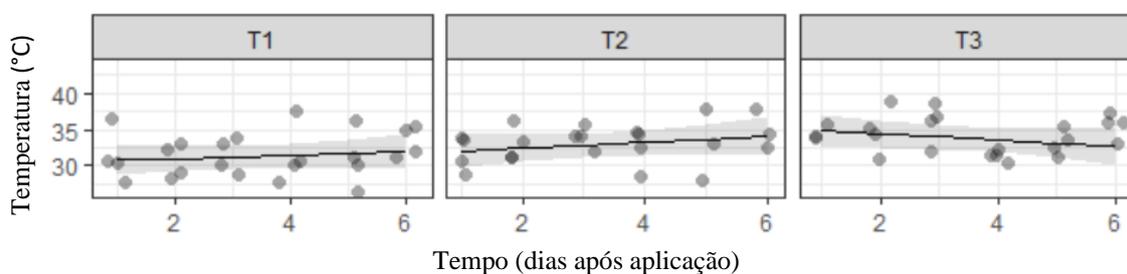


Figura 14. Modelos ajustados para Temperatura da superfície foliar de Corda-de-viola em função do efeito de tratamentos com glifosato ao longo do tempo (1 a 6 dias após a aplicação). EMAP = 5.4%.

Na Tabela 7 estão as equações de regressão da temperatura foliar em função do tempo. É nítido como os coeficientes angulares da trapoeraba são todos positivos e, pelo menos, duas vezes maiores do que os da corda-de-viola, indicando maior acréscimo da temperatura ao longo do tempo.

Tabela 7. Equações ajustadas para temperatura da superfície foliar de trapoeraba e corda-de-viola em função do tempo (em dias) após a aplicação dos tratamentos com glifosato.

Tratamento	Trapoeraba	Corda-de-viola
1	Temperatura = 29.02 + 0.35(DAA)	Temperatura = 29.96 + 0.21(DAA)
2	Temperatura = 28.48 + 1.04(DAA)	Temperatura = 31.05 + 0.39(DAA)
3	Temperatura = 27.73 + 1.49DAA)	Temperatura = 34.59 – 0.43(DAA)

Tratamentos: 1-Matriz D; 2-glifosato; 3-Matriz D+glifosato.

3.4 Temperatura x Variáveis bioquímicas

Em ambas as espécies daninhas, com relação a correlação entre temperatura observada e variáveis bioquímicas, observa-se na Figura 15 que a temperatura teve correlação positiva com a superóxido dismutase (SOD), a qual desempenha o papel importante na proteção das plantas contra o estresse oxidativo, podendo ser causado por uma série de fatores ambientais, como excesso de luz, temperaturas elevadas, entre outros (Rajput et al., 2021); no presente estudo, supostamente um efeito causado pelos tratamentos herbicidas. Para a planta daninha trapoeraba observou-se aumento de temperatura do limbo foliar, de forma crescente, quando a temperatura foliar aumenta, especialmente após aplicação de herbicida, o metabolismo vegetal se intensifica, podendo ocorrer um aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs). Como resposta, as plantas geralmente aumentam a atividade da SOD como mecanismo de defesa. Já para a planta daninhas corda-de-viola a aumento de temperatura não foi tão exponencial quando ao da trapoeraba, porém, observou-se que o coeficiente que demonstra a ação da SOD foi maior que o coeficiente para trapoeraba. Essa variação ocorre conforme a espécie de planta daninha, no qual, cada uma possui uma especificidade de dissipação de calor.

Da mesma forma, observou-se correlação negativa com o malondialdeído (MDA), o qual é um dos marcadores oxidativos que está associado à degradação de lipídios das membranas celulares. Com o aumento da temperatura foliar, há maior risco de peroxidação lipídica, o que eleva os níveis de MDA. A presença de herbicida pode potencializar esse efeito.

As correlações com a temperatura foram: MDA (-0.63) e SOD (0.47), para trapoeraba; e -0.79 (MDA) e 0.52 (SOD) para corda-de-viola.

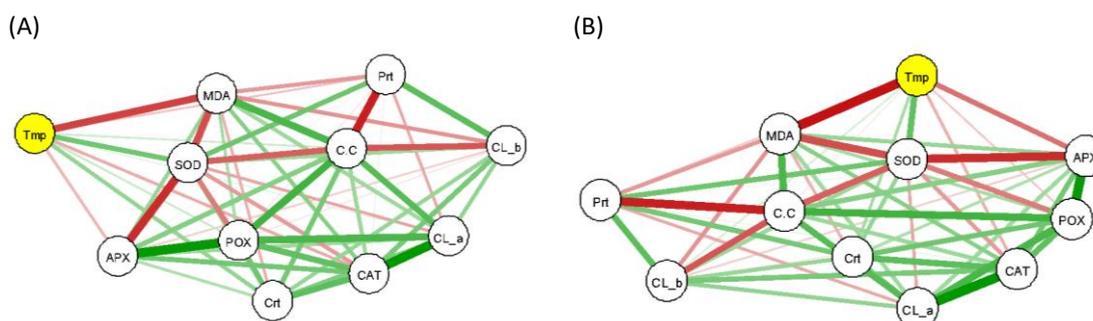


Figura 15. Rede de correlações entre variáveis bioquímicas e temperatura da superfície foliar de (A) Trapoeraba e (B) Corda-de-viola. Tmp: temperatura, C.C: razão CL-a e CL-b: Clorofila a e Clorofila b, MDA: malondialdeído, SOD: superóxido dismutase, CAT: catalase, APX: peroxidase de ascorbato, POX: Peroxidase de fenóis, Prt: proteína.

4. CONCLUSÃO

O adjuvante Matriz D potencializou o efeito do glifosato para o controle de trapoeraba e corda-de-viola de maneira distinta entre as espécies, com efeito mais rápido em corda-de-viola a partir do quinto dia após aplicação.

Apresentou-se correlação positiva entre temperatura e Superóxido dismutase (SOD) e relação negativa entre temperatura e Malondialdeído (MDA).

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; CORREIA, N. M.; SILVA, A. F.; CONCENÇO, G.; GAZZIERO, D. L. P.; DALAZEN, G. Glyphosate-resistant (GR) soybean and corn in Brazil: past, present, and future. *Advances in Weed Science*, v. 40, e0202200102, 2022. DOI: <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2022;40:seventy-five004>.
- ANDERSON, D.; PRASAD, K.; STEWART, R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedlings. *Plant Physiology*, 109, 1247-57, 1995.
- BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*, 44, 276-87, 1971.
- BENBROOK, Charles. (2012). Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S.-the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*. 24. 10.1186/2190-4715-24-24.
- BRADFORD, M. N. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-54, 1976.
- CAKMAK, I.; HORST, W. J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum*, 83 (3), 463–468, 1991.
- CASTRO, E. B., et al. (2017). Deposição de calda e eficácia de controle de glyphosate e saflufenacil associados a adjuvantes. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.16, n.2, p.103-111, abr/jun.2017. (ISSN 2236-1065). DOI: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v16i2.508> www.rbherbicidas.com.br
- CHANCE, B.; MAEHLI, A.C. Assay of catalase and peroxidases. *Methods Enzymology*, 2, 764–775, 1955.
- DEBONA, D.; RODRIGUES, F. A.; RIOS, J. A.; NASCIMENTO, K. J. T. Biochemical changes in the leaves of wheat plants infected by *Pyricularia oryzae*. *Phytopathology*, 102, 1121-1129, 2012.
- DEL LONGO, O. T.; GONZALEZ, C.A.; PASTORI, G. M.; TRIPPI, V. S. Antioxidant defences under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. *Plant Cell and Physiology*, v. 34, 1023-8, 1993.
- DUKE S.O, Lydon J, Koskinen WC, Moorman TB, Chaney RL, Hammerschmidt R. Glyphosate effects on plant mineral nutrition, crop rhizosphere microbiota, and plant disease in glyphosate-resistant crops. *J Agric Food Chem*. 2012 Oct 24;60(42):10375-97.

doi: 10.1021/jf302436u. Epub 2012 Oct 15. Erratum in: J Agric Food Chem. 2013 Dec 26;61(51):12745. PMID: 23013354; PMCID: PMC3479986.

GAITONDE, M. y GORDON, M. A microchemical method for the detection and determination of shikimic acid. *The Journal of Biological Chemistry* 230: 1043-1050, 1957.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, 59, 309-14, 1977.

HAVIR, E. A.; MC HALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, 84, 450-5, 1987.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplast: I- Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 10, 189-198, 1968.

HODGES, D. M.; DELONG, J. M.; FORNEY, C. F.; PRANGE, R. K. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. **Planta**, 207(4), 604–611, 1999.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, 57,315–319, 1976.

LI, J.; CANG, Z.; JIAO, F.; BAI, X.; ZHANG, D.; ZHAI, R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 16 (1), 82-88, 2017.

MARTINSON, K. B., Durgan, B. R., Gunsolus, J. L., and Sothorn, R. B. 2005. Time of day of application effect on glyphosate and glufosinate efficacy. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2005-0718-02-RS.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant, Cell and Physiology**, 22, 867-80, 1981.

OLIVEIRA, Marcos José de. Incertezas associadas à temperatura do ar no contexto das mudanças climáticas: determinação das causas e efeitos de heterogeneidades e discussão das implicações práticas. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. doi:10.11606/D.18.2010.tde-25042011-095947. Acesso em: 2025-01-20.

PENARIOL, M. C.; MONTEIRO, A. C.; PITELLI, R. A. Growth and sporulation of *bipolaris euphorbiae* cultivated under different nutritional conditions. *Ciência Rural*, v. 38, n. 7, p. 1907-1913, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000700016>

PEREZ-JONES, A.; PARK, A.; COLQUHOUN, J.; MALLORY-SMITH, C.; SHANER, D. Identification of glyphosate resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Oregon. *Weed Science* 53: 775-779, 2005.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIAR, D. S.; NORSWORTHY, J. K.; SRIVASTAVA, V.; NANDULA, V.; BOND, J. A.; SCOTT, R. C. Physiological and Molecular Basis of Acetolactate Synthase-Inhibiting Herbicide Resistance in Barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 61, n. 2, p. 278-289, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf304675j>

Schönbrunn E, Eschenburg S, Shuttleworth WA, Schloss JV, Amrhein N, Evans JN, Kabsch W. Interaction of the herbicide glyphosate with its target enzyme 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase in atomic detail. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2001 Feb 13;98(4):1376-80. doi: 10.1073/pnas.98.4.1376. PMID: 11171958; PMCID: PMC29264.

SHARMA, S.D.; SINGH, M. Environmental factors affecting absorption and bio-efficacy of glyphosate in Florida beggarweed (*Desmodium tortuosum*). *Crop Protection*, Guildford, v.20, n.6, p.511-516, 2001.

SILVA, P. V. et al. Resistência e tolerância ao glifosato: mecanismos em plantas daninhas. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 17, n. 3, p. 361–371, 2018.

SINGH, B. K.; SHANER D. L. Rapid Determination of Glyphosate Injury to Plants and Identification of Glyphosate-Resistant Plants. *Weed Technology* 12: 527-530. 1998.

Vidal, Ribas & Pagnoncelli, Fortunato & Fipke, Marcus & Queiroz, Andrew & von Hertwig Bittencourt, Henrique & Trezzi, Michelangelo. (2014). FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM A EFICÁCIA DE GLIFOSATO: SÍNTESE DO CONHECIMENTO. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*. 24. 10.5380/pes.v24i1.39028.

Zablotowicz RM, Reddy KN. Impact of glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. *J Environ Qual*. 2004 May-Jun;33(3):825-31. doi: 10.2134/jeq2004.0825. PMID: 15224916.

Zhao, J., et al. (2015). "Glyphosate resistance in the common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) and its physiological basis." *Weed Science* 63(2): 186-194.

Zobiolo LH, Oliveira RS, Visentainer JV, Kremer RJ, Bellaloui N, Yamada T. Glyphosate affects seed composition in glyphosate-resistant soybean. *J Agric Food Chem*. 2010 Apr 14;58(7):4517-22. doi: 10.1021/jf904342t. PMID: 20307082.

APÊNDICE A - Imagens do processo de instalação do experimento.



Figura 1. Casa de vegetação utilizada no experimento.



Figura 2. Sementes de daninhas adquiridas para garantir a pureza.



Figura 3. Semeadura em bandejas para garantir germinação e uniformidade de mudas.



Figura 4. Mudanças de trapoeira transplantadas.

Bloco 3	T3	T3	T3	Bloco 4	T3	T3	T3
	T2	T2	T2		T2	T2	T2
	T1	T1	T1		T1	T1	T1
Bloco 2	T3	T3	T3	Bloco 1	T3	T3	T3
	T2	T2	T2		T2	T2	T2
	T1	T1	T1		T1	T1	T1

Figura 5 - Croqui do experimento alocado em casa de vegetação.



Figura 6 - Aparelho Clorofilog.



Figura 7 - Coleta das amostras para massa seca.