

“CARRYOVER” DE HERBICIDAS PARA DESTRUIÇÃO DE SOQUEIRAS DE
ALGODÃO NA SUCESSÃO ALGODÃO-SOJA

por

RICARDO MIRANDA DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde – GO

Julho – 2022

“CARRYOVER” DE HERBICIDAS PARA DESTRUIÇÃO DE SOQUEIRAS DE
ALGODÃO NA SUCESSÃO ALGODÃO-SOJA

por

RICARDO MIRANDA DE OLIVEIRA

Comitê de Orientação:

Prof. Dra. Renata Pereira Marques – IFGoiano

Prof. Dr. Lucas Anjos de Souza – IFGoiano

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

OR488" Oliveira, Ricardo Miranda de
"Carryover" de herbicidas para destruição de
soqueiras de algodão na sucessão algodão-soja /
Ricardo Miranda de Oliveira; orientadora Renata
Pereira Marques; co-orientadora Lucas Anjos de
Souza. -- Rio Verde, 2022.
58 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em Programa de
Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. 2,4-D. 2. Fitointoxicação. 3. Produtividade. 4.
Residual de pesticidas. I. Marques, Renata Pereira,
orient. II. Souza, Lucas Anjos de, co-orient. III.
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

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese (doutorado) | ☐ Artigo científico |
| ☒ Dissertação (mestrado) | ☐ Capítulo de livro |
| ☐ Monografia (especialização) | ☐ Livro |
| ☐ TCC (graduação) | ☐ Trabalho apresentado em evento |

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Ricardo Miranda de Oliveira

Matrícula:

2020102331540077

Título do trabalho:

“Carryover” de herbicidas para destruição de soqueiras de algodão na sucessão algodão-soja

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10 / 10 / 2022

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:

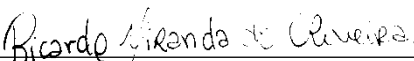
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto 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.

Rio Verde (GO)

Local

22 / 09 / 2022

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



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

Ata nº 3/2022 - GPP-POLO/POLO/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº 55 (CINQUENTA E CINCO)
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e dois dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e dois, às 08h44min (oito horas e quarenta e quatro minutos), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada virtualmente, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **RICARDO MIRANDA DE OLIVEIRA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof.^a Dr.^a Renata Pereira Marques, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da Dissertação que, em 32 min., procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, e procedida às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM BIOENERGIA E GRÃOS**, na área de concentração Agroenergia, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGBG da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade, se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, 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
Renata Pereira Marques	IF Goiano – Polo de Inovação	Presidente
Pablo Diego Silva Cabral	IF Goiano - Polo de Inovação	Membro interno
Rosemeire Alves da Silva	Agropecuária MAGGI	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Rosemeire Alves da Silva, Rosemeire Alves da Silva - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano (1), em 22/07/2022 12:09:08.
- Pablo Diego Silva Cabral, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/07/2022 12:05:38.
- Renata Pereira Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/07/2022 12:03:55.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/07/2022. 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: 409766

Código de Autenticação: c1e603275b



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Polo de Inovação

Rodovia Sul Goiana Km 01, None, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75.901-970

None

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que de alguma forma participaram dessa caminhada, principalmente meus pais Dejanira Rosa de Oliveira e Ademar Pena de Oliveira e minha irmã Patricia Rosa de Oliveira Ferreira, que sempre me incentivaram a estudar. Aos meus sobrinhos Ana Lauda de Oliveira Ferreira e Pedro Otávio de Oliveira Ferreira, para que sirva de inspiração para seus brilhantes futuros.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu necessária coragem e saúde (em meio a pandemia do coronavírus) para atingir meus objetivos.

A minha família, que me confortou nos momentos difíceis.

Aos meus amigos, que me acompanharam neste percurso.

A minha orientadora Dra. Renata Pereira Marques, pela confiança.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano e ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos, por todos os recursos disponíveis para a condução do mestrado.

Aos demais professores, que me apoiaram nestes anos de mestrado.

A empresa AMAGGI, por apoiar na formação dos seus empregados.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Casa de vegetação	28
3.2 Dados de produção agrícola - fazenda	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Casa de vegetação	38
4.1.1 Fitointoxicação visual da soja	38
4.1.2 Índice de clorofila	40
4.1.3 Altura	41
4.1.4 Massa seca da parte aérea e da raiz	43
4.1.5 Massa seca e número de nódulos	45
4.2 Produtividade – dados da produção agrícola	48
5. CONCLUSÃO	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

“CARRYOVER” DE HERBICIDAS PARA DESTRUIÇÃO DE SOQUEIRAS DE ALGODÃO NA SUCESSÃO ALGODÃO-SOJA

por

RICARDO MIRANDA DE OLIVEIRA

(Sob Orientação da Professora Dra. Renata Pereira Marques – IFGoiano)

RESUMO

A destruição dos restos culturais após a colheita do algodão é uma prática de manejo muito utilizada, principalmente para evitar a proliferação de pragas e doenças, tendo o método químico o mais utilizado na destruição. No entanto, o uso de herbicidas pode causar o efeito “*carryover*” no solo e prejudicar o desenvolvimento e produtividade da cultura subsequente. O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito “*carryover*” de tratamentos com herbicidas utilizados na destruição de soqueiras de algodão, na cultura da soja. O trabalho foi desenvolvido em duas partes. Parte 1: foi instalado experimento fatorial 5x4 sendo 5 tratamentos de herbicidas em 4 períodos de semeadura após a aplicação dos herbicidas (0, 3, 6 e 9 dias) com 4 repetições. A soja cultivar 80IX83RSF I2X foi semeada em vasos de 5 L e mantidos em casa de vegetação. Os tratamentos tiveram o herbicida 2,4-D (1 L.ha^{-1}) associado ao glufosinato de amônio (2 L.ha^{-1}); carfentrazone-etílica ($0,05 \text{ L.ha}^{-1}$); flumicloraque-pentílico ($0,6 \text{ L.ha}^{-1}$) e saflufenacil ($0,07 \text{ g.ha}^{-1}$). Neste foram avaliados a fitointoxicação visual, índice de clorofila, altura de plantas, números de nódulos, massa seca da parte aérea, raiz e nódulos. Na análise dos dados utilizou-se estatística não paramétrica (Kruskal-Wallis a

5% de probabilidade) e paramétrica (Dunnett 5%). Parte 2: dados de produtividade da soja cultivar TMG-4182 e TMG-4377 em 56 talhões foram analisados em função das aplicações dos herbicidas para destruição das soqueiras de algodão em sucessão. Utilizou-se o teste de Tukey a 5%. Conclui-se que são maiores as possibilidades de impactar negativamente no número de nódulos quando as semeaduras da soja ocorrem próximos das aplicações dos herbicidas 2,4-D + carfentrazona etílica e 2,4-D + glufosinato sal de amônio. As produtividades da soja TMG-4182 e TMG-4377 não foram influenciadas em função das aplicações dos herbicidas antes da semeadura para fins de destruição das soqueiras de algodão.

PALAVRAS-CHAVE: 2,4-D, fitointoxicação, produtividade, residual de pesticidas

“CARRYOVER” OF HERBICIDES FOR DESTRUCTION OF COTTON STALKS IN COTTON-SOYBEAN SUCCESSION

por

RICARDO MIRANDA DE OLIVEIRA

(Sob Orientação da Professora Dra. Renata Pereira Marques – IFGoiano)

ABSTRACT

After the cotton harvest, the crop residues must be destroyed to mitigate the risks of pest and disease proliferation. Among the usual methods, the chemical is widely spread. However, the use of herbicides can cause the “carryover” effect in soil and impair the development and productivity of the subsequent crop. The objective of this work was to evaluate the carryover effect of treatments with herbicides used in the destruction of cotton ratoons in soybean. The work was developed in two parts. Part 1: a 5x4 factorial experiment was installed, with 5 herbicide treatments in 4 sowing periods after herbicide application (0, 3, 6 and 9 days) with four replications. Soybean cultivar 80IX83RSF I2X was sown in 5 L pots placed in a greenhouse. The treatments had the herbicide 2,4-D (1 L.ha^{-1}) associated with glufosinate ammonium (2 L.ha^{-1}); carfentrazone-ethyl (0.05 L.ha^{-1}); flumiclorac-pentyl (0.6 L.ha^{-1}) and saflufenacil (0.07 g.ha^{-1}). In this, visual phytotoxicity, chlorophyll index, plant height, shoot, root and nodules dry mass and the number of nodules were evaluated. Non-parametric (Kruskal-Wallis at 5% probability) and parametric (Dunnett 5%) statistics were used for data

analysis. Part 2: yield data for soybean cultivars TMG-4182 and TMG-4377 in 56 plots were analyzed in terms of herbicide applications for destruction of cotton ratoons in succession. The 5% Tukey test was used. It is concluded that the possibilities of negatively impacting the number of nodules is greater when soybean sowing occurs close to the herbicides 2,4-D + ethyl carfentrazone and 2,4-D + glufosinate ammonium salt applications. TMG-4182 and TMG-4377 soybean yields were not influenced by herbicide applications before sowing for the purpose of destroying cotton ratoons.

KEYWORDS: 2,4-D, phytotoxicity, productivity, pesticide residue

1. INTRODUÇÃO

O estado do Mato Grosso é o maior produtor de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) do Brasil, com área plantada na safra 2020/21 de 961,3 mil hectares e com projeção de 1.107,4 mil hectares na safra 2021/22 (Conab, 2022), representando 70% da área total brasileira destinada para cotonicultura.

As cultivares de algodoeiro no Brasil em sua maioria são originados de organismos geneticamente modificados (OGM), popularmente conhecidos também como transgênicos, e fornece para as cultivares resistências a alguns tipos de insetos, bem como tolerâncias a alguns herbicidas. Os materiais lançados para comercialização ou em fase experimental/ pré-comercial podem possuir ou não tolerâncias a herbicidas de forma combinada, isolada ou sem tolerância de: glufosinato de amônio, glifosato, 2,4-D e inibidores de HPPD tais como o isoxaflutole (Cultivar Web 2022).

A colheita do algodão no Mato Grosso ganha força na segunda quinzena de julho e se estende até a primeira quinzena de setembro (Imea 2022), em que se iniciam também as operações para destruição de plantas de algodão com risco fitossanitário, para fins de controle do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843), sendo essa uma das medidas de controle da praga. Há legislações Federal e Estadual específicas que fortalece o Programa Nacional de Controle do Bicudo do Algodoeiro - PNCB, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O algodoeiro retoma seu desenvolvimento após a colheita por ser uma planta perene, mas hoje adaptada para cultivo anual. Ações de destruição dos seus restos culturais são necessárias para eliminar os riscos de proliferação de pragas e doenças (Lu *et al.* 2010, Silva *et al.*, 2006 & Silva *et al.*, 2018) bem como de competição com a cultura posterior.

Para cumprir a referida legislação os métodos mecânicos e químicos são os mais recomendáveis, sendo que no Mato Grosso 90% são de destruição química (Jean & Patricia 2020). O conhecimento da modificação genética da cultivar do algodão é uma das variantes fundamentais quanto a escolha dos herbicidas que irão destruir os restos culturais.

Logo após as operações finais com o algodão, na maioria das propriedades o foco é voltado para a semeadura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] que se inicia em todo território mato-grossense a partir da segunda quinzena de setembro.

Os períodos entre as aplicações dos herbicidas para destruição dos restos culturais do algodão e o plantio da soja em alguns talhões, podem variar não respeitando as recomendações da bula. Há situações em que a maturidade plena do algodoeiro ocorre próximo ao melhor período para o plantio da soja, forçando os produtores a segurarem a colheita do algodão objetivando a atingir o potencial de produtividade. Porém, isso também aumenta os riscos de menor tempo de degradação e/ou dissipação das moléculas dos herbicidas no solo após o controle químico dos restos culturais do algodão e consequentemente, aumenta os riscos de intoxicação (“*carryover*”) nas culturas subsequentes.

O *carryover* pode ser definido como os resíduos fitotóxicos de pesticidas que permanecem no solo e que afetam culturas sensíveis em rotação ou sucessão após aquelas culturas em que foi utilizado o herbicida (Santos et al., 2007).

Assim, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos residuais na soja, dos princípios ativos 2,4-D combinados com glufosinato – sal de amônio, carfentrazone-etílica, flumicloraque-pentílico e saflufenacil, comumente utilizados para a destruição da soqueira do algodoeiro, aplicados aos 0, 3, 6 e 9 dias antes da semeadura da cultura da soja, bem como a produtividade da soja em campo no manejo comercial da soqueira na sucessão de algodão-soja.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2 Mercado do algodão

Até a década de 1980, o Brasil foi grande produtor e exportador da fibra de algodão, até que as lavouras foram atacadas pelo bicudo do algodoeiro e a produção brasileira caiu drasticamente. Em meados da década de 1990, o Brasil se transformou em um dos maiores importadores de algodão do mundo, chegando a comprar externamente cerca de US\$ 1 bilhão, em 1996 (Costa & Bueno 2004).

Na safra 2019/2020, os maiores produtores de algodão foram Índia, China, Estados Unidos, Brasil e Paquistão, que juntos corresponderam a 74% do total de fibra produzida no mundo (Coêlho 2021).

Dentre as 52 espécies catalogadas do gênero *Gossypium*, apenas quatro são cultivadas comercialmente, sendo *G. arboreum*, *G. barbadense*, *G. herbaceum* e *G. hirsutum*, sendo que o último é a principal espécie, ocupando quase a totalidade das áreas produtoras do mundo. Essa espécie foi subdividida em raças e o algodoeiro herbáceo ou anual (*G. hirsutum* L. raça *latifolium* Hutch.) é a mais expressiva. No Brasil, o algodoeiro arbóreo ou perene (*G. hirsutum* L. raça *Marie galante* Hutch.), foi de grande importância até a década de 1980 e encontra-se atualmente restrito a pequenas áreas do semiárido do Nordeste do Brasil (Chiavegato *et al.* 2009).

2.3 Importância do controle da rebrota do algodão

A prática da destruição das rebrotas do algodoeiro imediatamente após a colheita, reduz não só a população do bicudo do algodoeiro, mas também a reprodução do nematoide *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, 1949, podendo levar a menores densidades populacional inicial desse nematoide no ano seguinte (Lu *et al.*, 2010).

As pragas lagarta rosada (*Pectinophora gossypiellae* Saund. 1844) e broca-da-raiz (*Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849), que permanecem alojadas nos restos culturais ou se desenvolvem nas plantas rebrotadas também são impactadas com a prática (Silva *et al.*, 2006), sendo válido também para controle das doenças ramulose, mancha angular e doença azul, que ocorrem na cultura do algodão e comprometem a produção e produtividade brasileira.

Silva *et al.*, (2018) encontraram 23 espécies de insetos durante o período do vazio sanitário do algodão em algumas localidades do estado do Mato Grosso do Sul, sendo que as pragas mais frequentes associadas aos restos culturais do algodão foram *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889, *Aphis gossypii* Glover, 1877, *Frankliniella schultzei* Trybom, 1910 e *A. grandis*, nos municípios de Alcinópolis, Chapadão do Sul, Costa Rica e Sidrolândia, não sendo encontradas pragas no município de Aral Moreira pela destruição eficiente dos resíduos da cultura do algodão na entressafra. Isso se refletiu na ausência de insetos-praga, mostrando a importância da destruição completa dos resíduos da cultura do algodão para um período de vazio sanitário.

2.4 Legislação brasileira e mato-grossense

A IN MAPA Nº 44 de 29 de julho de 2008, foi publicada com a finalidade de criar o Programa Nacional de Controle do Bicudo do Algodoeiro – PNCB, visando à prevenção da praga supracitada nos Estados. Essa IN revogou as Portarias SDA nº 75, de 16 de junho de 1993, e nº 77, de 23 de junho de 1993 e, também define que os Estados, ouvindo os setores

produtivos e da pesquisa, devem estabelecer atos normativos definindo calendário para o plantio de algodão, com período de pelo menos 60 (sessenta) dias sem a cultura e plantas voluntárias no campo, em conformidade com o disposto no art. 36 do Decreto nº 24.114, de 12 de abril de 1934.

Assim, em Mato Grosso há regulamento que dispõe de medidas fitossanitárias para o controle do bicudo-do-algodoeiro no Estado, o qual é dividido em duas regiões (FIGURA 1), sendo que cada região há particularidades no calendário para plantio, colheita e vazio sanitário.

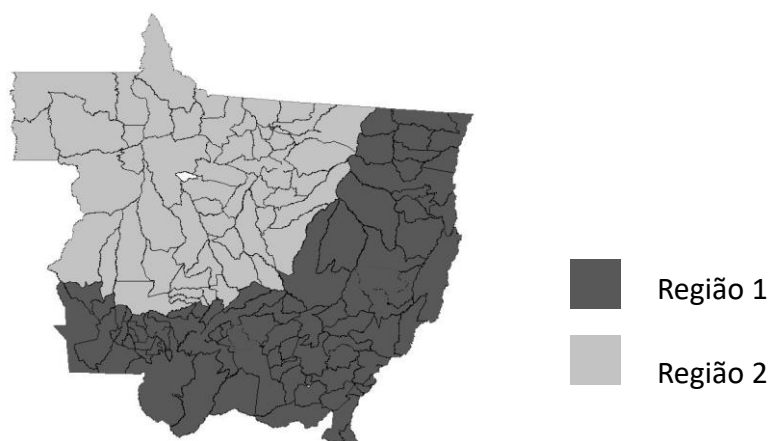


Figura 1 – Divisão do Estado do Mato Grosso – Medidas fitossanitárias para controle do bicudo do algodoeiro.

Fonte: Instrução Normativa Conjunta SEDEC/INDEA-MT nº 001/2016.

São proibidas, nos períodos de 01 de outubro a 30 de novembro da Região 1, e 15 de outubro a 14 de dezembro na Região 2, plantas do algodoeiro tigueras acima do estágio V3 e plantas rebrotadas (soqueiras) com mais de 4 (quatro) folhas por broto ou presença de estruturas reprodutivas (Figura 2), sendo que a destruição dos restos culturais deve iniciar até 15 dias após o início da colheita e só podem ser consideradas concluídas, com a ausência de plantas com risco fitossanitário (Instrução Normativa Conjunta SEDEC/INDEA-MT nº 001/2016). Já em relação a soja, o Ministério da Agricultura juntamente com a Secretaria de Política Agrícola (MAPA/SPA), frequentemente atualiza o Zoneamento Agrícola de Risco

Climático (ZARC) para a cultura da soja em diferentes regiões. No caso do Estado do Mato Grosso, a Portaria SPA/MAPA nº 249, de 04 de julho de 2022 deve ser usada como referência.



Figura 2. Plantas de algodão com risco fitossanitário: rebrotas com mais de 4 folhas, vivas e identificadas durante o vazio sanitário do algodão no meio da lavoura de soja em ponto de colheita.

Fonte: O próprio autor.

O não cumprimento das disposições estabelecidas Instrução Normativa Conjunta SEDEC/INDEA-MT nº 001/2016 sujeita os infratores no estado do Mato Grosso às penalidades dispostas na Lei n.º 8.589, de 19 de dezembro de 2006 e seu Decreto N.º 1.524, de 20 de agosto de 2008, não os isentando de qualquer outra responsabilidade civil e penal previstas em Lei, tendo a penalidade mínima de multa ao produtor no montante de 30 Unidade Padrão Fiscal (UPF/MT) acrescido de 2 UPF/MT/ha não destruído. A partir do mês de junho de 2022, o valor da UPF/MT, corrigido monetariamente, corresponde a R\$ 220,02 (Diário Oficial do Governo do Estado do Mato Grosso, Nº 28.249 de 23/05/2022).

Em Mato Grosso, o número absoluto de infrações devido a não destruição dos restos culturais do algodão se mantém desde o ano de 2020, com 4 registros por ano (Figura 3). Já em relação ao descumprimento do vazio sanitário, os números de infrações aumentaram de 2019 a 2021.

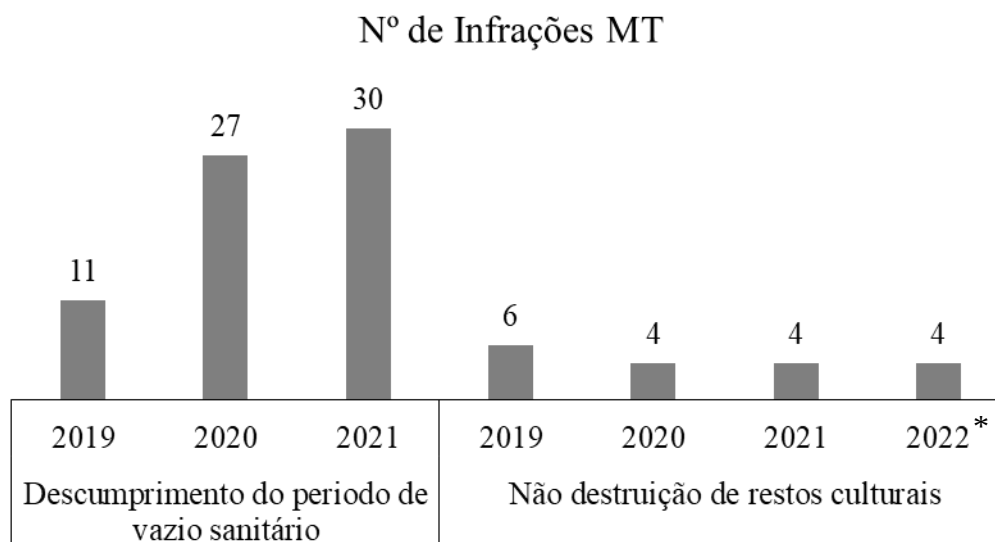


Figura 3. Quantidade de infrações no estado do Mato Grosso em relação ao descumprimento do período do vazão sanitário e a não destruição dos restos culturais. * Os dados referentes aos meses de janeiro a junho de 2022.

Fonte: Indea, 2022.

A área (hectares) correspondente as infrações quanto ao descumprimento do vazão sanitário diminuíram de 2020 para 2021, sendo esse último ano o menor valor dos últimos três anos (Figura 4). Já as áreas infratoras por não destruir os restos culturais aumentaram desde o ano de 2019 até junho de 2022.

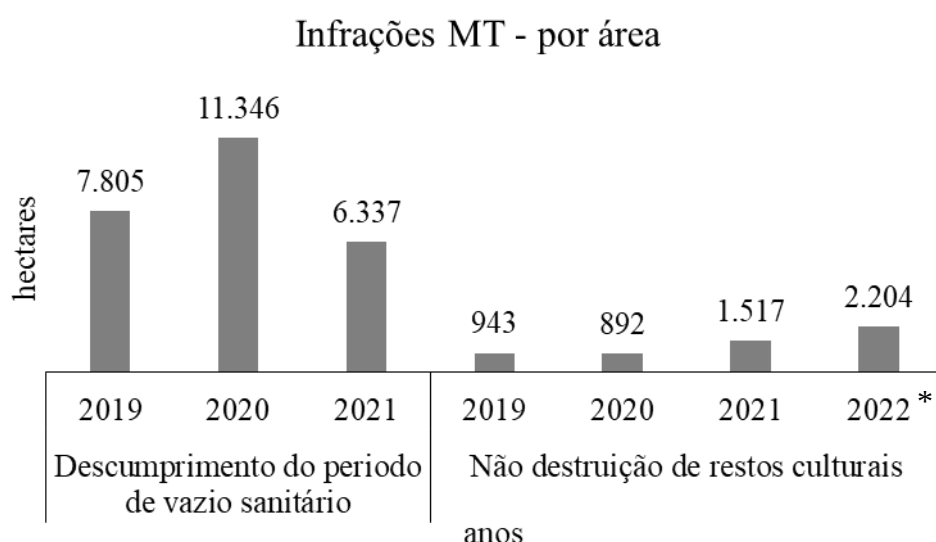


Figura 4. Área infratoras (hectares) no estado do Mato Grosso em relação ao descumprimento do período do vazão sanitário e a não destruição dos restos culturais. * Os dados referentes aos meses de janeiro a junho de 2022.

Fonte: Indea, 2022.

A UPF total referente às infrações foi proporcional a área autuada (Figura 5).

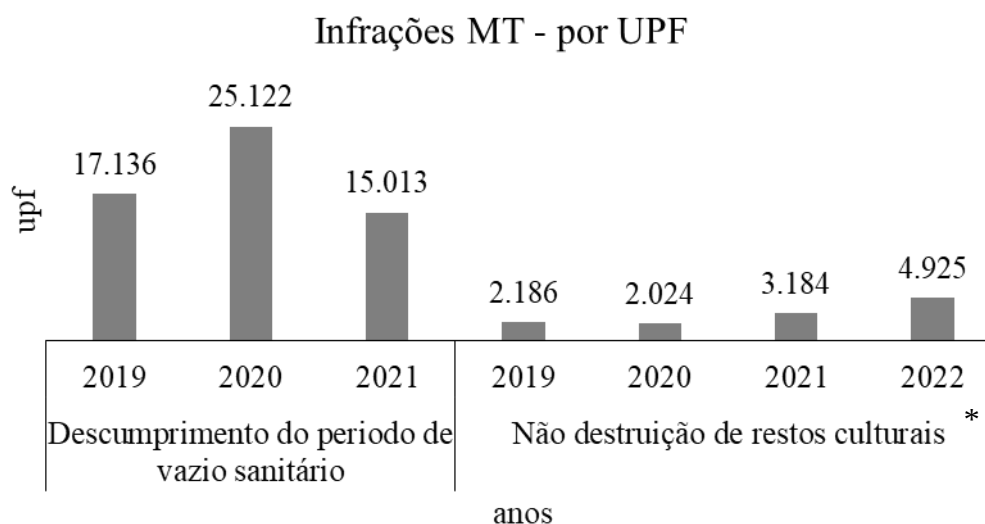


Figura 5. Unidade Padrão Fiscal (UPF) aplicados no estado do Mato Grosso em relação ao descumprimento do período do vazio sanitário e a não destruição dos restos culturais. * Os dados referentes aos meses de janeiro a junho de 2022.

Fonte: Indea, 2022.

2.5 Métodos de destruição dos restos culturais

Os métodos utilizados atualmente para destruição dos restos culturais do algodão são basicamente três: mecânicos, químicos e culturais, e são mais eficientes quando operados de forma combinada (Silva *et al.*, 2006, Ribeiro *et al.*, 2015 & Sofiatti *et al.*, 2015).

Normalmente as operações para destruição dos restos culturais são planejadas antes do próprio plantio do algodão, justamente para que no momento certo todos os recursos estejam disponíveis em quantidade e qualidade suficiente. Mesmo assim, as operações podem ser alteradas principalmente em função de condições climáticas que podem dificultar o uso de máquinas, implementos e herbicidas.

O algodoeiro é muito sensível a temperatura, sendo esta a principal variável que interfere no desenvolvimento da cultura, afetando a fenologia, a expansão foliar, a alongação dos internódios, a produção de biomassa e a partição dos assimilados pelas diferentes partes da planta, entre outros aspectos (Chiavegato *et al.*, 2009). Tem rota metabólica típica de plantas

C3, com elevada taxa de fotorrespiração e alto ponto de compensação de CO₂, sendo extremamente sensível à falta de luminosidade (Silva *et al.*, 2006).

A capacidade de acúmulo de carboidratos nos caules e raízes no algodoeiro aliados às condições de temperatura e umidade, disponibilidade de nitrogênio, teor de matéria orgânica e textura do solo, faz com o que a natureza perene do algodoeiro prevaleça e ele possa rebrotar (Wells 2002, Greenberg *et al.*, 2007, Ferreira *et al.*, 2018).

Considerando a destruição dos restos culturais do algodão utilizando apenas métodos mecânicos, a estratégia de manter o plantio direto, bem como a necessidade de muitos bens imobilizados que atendam a demanda em grandes áreas, faz com que os produtores optem por utilizar métodos combinados na destruição das soqueiras ao invés de utilizar exclusivamente métodos mecânicos.

A roçagem do algodoeiro a técnica mais utilizada e executada antes das primeiras aplicações de herbicidas, geralmente o 2,4-D. Em algumas áreas essas primeiras aplicações de herbicidas não são suficientes para eficácia da destruição total dos restos culturais do algodoeiro e por isso, as segundas aplicações de herbicidas combinados ou não com 2,4-D e com dosagens menores em relação com as primeiras aplicações podem ser administradas (Jean & Patricia 2020).

A lignificação do caule do algodoeiro é variável importante quando se considera os riscos de fitointoxicação no manejo de herbicidas (Ferreira *et al.*, 2007). Identificada pela mudança de coloração de verde para marrom, a lignificação do caule na base da planta ocorre por volta de 50 a 70 dias após a emergência, reduzindo a capacidade de absorção de herbicidas (Jean & Patricia 2020). A alta e rápida lignificação do caule é benéfica para reduzir os riscos de fitointoxicação do algodão quando na aplicação de herbicidas para controle de plantas daninhas, mas por outro lado, desafia a operação de destruição do algodoeiro.

Atualmente são poucas as informações publicadas acerca dos custos operacionais relacionadas a destruição das soqueiras de algodão. Oliveira *et al.*, (2012) relataram que no Mato Grosso do Sul, o custo de produção de algodão por hectare, considerando baixa produtividade média dos talhões quando comparado hoje em dia (30 arrobas/hectare) foi de R\$ 2.541,10, sendo que 0,19% desse valor foi originado das operações com máquinas na destruição de soqueiras e 6,02% são de custos relacionados a todos os herbicidas aplicados durante o manejo.

Com o aumento da produtividade e novas tecnologias de manejo, os custos de produção do algodão, no geral, podem ser diferentes também dependendo da região geográfica. Para o município de Rondonópolis (MT) com a mudança no pacote tecnológico (qualidade de sementes, uso de transgenia, plantio adensado, tecnologias de fertilizantes e defensivos, maquinários etc.), na safra de algodão 2014/15, gerou incremento de 6,67% na produtividade nas safras posteriores, diminuindo os gastos com operação de máquinas, mão de obra e fertilizantes, porém aumento nos custos com sementes, agrotóxicos e depreciações (Conab 2017).

2.5.1 Método mecânico e cultural

Na destruição mecânica são utilizados diversos equipamentos ou combinação de equipamentos que apresentam diferentes tipos de órgãos ativos e formas de atuação no perfil do solo para a destruição ou corte das plantas do algodoeiro (Jean & Vilela 2020), e que podem alcançar profundidades no solo que vão de 1 a 35 cm, por exemplo a grade aradora, matabrotos algodão da Ikeda, JM Cotton Mil da Jumil, Arrancador de Discos da Watanabe, Cortador de Discos Watanabe e Destruidor de Plantas Prata 1000, todos com necessidade de roçagem anterior as operações (Silva *et al.*, 2006).

Segundo Oliveira *et al.*, (2006), o uso da mecanização agrícola sem critérios pode trazer risco a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Neste caso, indica-se o correto uso de todos os equipamentos agrícolas, seguindo as orientações para preservação do solo. Segundo Jean & Vilela (2020), é inexequível controlar apenas mecanicamente toda a extensão de área plantada de algodão no estado do Mato Grosso, devido indisponibilidade de máquina e tempo nas propriedades.

Inclui-se como controle cultural, a obediência do cronograma de destruição das soqueiras instituído na região, o porte da rebrota para implementar as outras técnicas de controle, bem como, fazer o plantio de culturas de rápido crescimento próximas as linhas do algodão roçado, podem ser utilizadas como uma das medidas de controle das rebrotas, inclusive do controle de plantas involuntárias advindas de grãos de algodão que foram distribuídas no solo durante a colheita da pluma (Jean & Patricia 2020).

2.5.2 Método químico

Como prática que ajuda na obtenção de safra precoce, maior produtividade de algodão e melhor qualidade de fibra, a desfolha do algodoeiro é recomendada quando 60% dos capulhos estiverem abertos (Awan *et al.*, 2012) sendo feita normalmente com herbicidas e reguladores de crescimento. Posteriormente, no momento da destruição dos restos culturais do algodão, pode ser que não tenha folhas suficientes para a absorção dos herbicidas, fazendo necessário expor os vasos condutores por meio da roçagem para facilitar a entrada, translocação e atuação dos herbicidas, com melhores resultados se pulverizado de 20 a 30 minutos após a roçagem (Jean & Patricia 2020)

Existe também o controle químico de rebrotas sem a operação de roçagem, sendo popularmente conhecida como controle da planta “em pé”. Com essa estratégia espera-se que

antes de vencer o prazo legal para o início dos controles, as áreas com algodoeiros estejam com rebrotas uniformes e com folhas desenvolvidas o suficiente para o sucesso da aplicação dos herbicidas (Jean & Patricia 2020).

As cultivares do algodão também podem ter diferentes respostas fisiológicas a depender da altura da roçagem pós-colheita. Plantas roçadas a 20 cm de altura do solo apresentam altos índices de rebrotas após 7 dias das operações. (Grigolli *et al.*, 2015, Izeppi *et al.*, 2011).

A principal via de absorção dos herbicidas sugeridos como auxiliar na destruição da soqueira do algodoeiro são as folhas (Silva *et al.*, 2006), mas vários estudos demonstram a eficácia quando se inicia o controle com herbicidas desde o toco (Ribeiro *et al.*, 2015, Francischini *et al.*, 2020 & Braz *et al.*, 2019).

Os herbicidas se movimentam nas plantas pelas mesmas vias de transporte de nutrientes, fotoassimilados e água: xilema e floema, podendo entrar através das raízes, ramos, hastes, folhas, brotações ou plântulas (Sofiatti *et al.*, 2015). Fundamental para o complexo processo da fotossíntese, o sistema de transporte da planta move água e nutrientes do solo via raiz e utiliza nas folhas na produção de carboidratos (Paulilo *et al.*, 2015). A planta precisa estar fotossinteticamente ativa e hidratada caso haja a expectativa de absorção de moléculas de herbicidas via raiz, que por sua vez serão distribuídos para seus locais específicos de ação, aos quais se ligam inibindo funções vitais da planta (Roman *et al.*, 2005).

A umidade do solo e do ar atmosférico são fundamentais para a absorção e transporte dos herbicidas dentro das plantas. Impulsionado pelo processo de transpiração, os solutos têm o ar atmosférico como um dreno transportando-os das raízes às folhas, sendo que quanto mais seco estiver o ar, maior será a força desse dreno (Paulilo *et al.* 2015).

No estado do Mato Grosso, os meses de junho, julho e agosto, o inverno é extremamente seco com baixos índices de precipitação, cerca de 20 a 80 mm (Rosa *et al.* 2007). A baixa umidade no solo reduz a eficiência da destruição química dos restos culturais do algodão, uma

vez que os herbicidas necessitam de que as plantas estejam em pleno desenvolvimento e na ausência de estresse hídrico, para que apresentem boa eficiência de controle da rebrota (Sofiatti *et al.* 2015).

2.6 Fitointoxicação por herbicidas através do *carryover*

Herbicidas, que possuem maior período de atividade, podem apresentar efeito residual (“*carryover*”) causando, entre outros, impacto ambiental negativo, intoxicação de plantas cultivadas, perdas de produtividades e até mesmo morte das plantas, depois das operações de pulverização (Mancuso *et al.*, 2011).

As propriedades físico-químicas dos herbicidas e as características dos solos e clima são fundamentais para justificar a persistência das moléculas no ambiente (Roman *et al.* 2005) e consequentemente seus riscos de *carryover* para culturas posteriores.

As principais formas de transformação de moléculas de herbicidas segundo Correia, 2018 são abiótica (ou química), microbiana (ou biodegradação) ou pela ação da luz (fotodegradação).

A mineralogia, textura, CTC, matéria orgânica e pH são propriedades do solo que influenciam a sorção. A ionização do herbicida (pKa) afeta sua capacidade de retenção, assim como seus coeficientes relacionados à retenção no solo (K_{ow} – coeficiente de partição octanol/água, K_d – constante de sorção na fração mineral do solo e K_{oc} - constante de sorção normalizado para o teor de carbono orgânico). Segundo Spera *et al.*, (2019), os solos de textura leve ocupam uma área significativa do território brasileiro, sendo que no estado do Mato Grosso esses solos ocorrem predominantemente da região do Parecis. Macedo *et al.*, (1998) relataram que estes solos leves possuem características como CTC, pH, matéria orgânica e

capacidade de retenção de água baixos, características essas importantes na avaliação do *carryover* de herbicidas.

Herbicidas com altos valores de coeficiente de partição na matéria orgânica (Koc) ficam retidos na matéria orgânica do solo podendo não estar disponíveis para absorção pelas plantas (Mancuso *et al.*, 2011).

Em relação com a constante de equilíbrio de ionização do ácido ou da base (pKa/pKb), os herbicidas podem ser classificados como ionizáveis e não ionizáveis. Os ionizáveis são aqueles que apresentam cargas dependentes do pH, podendo ser ácidos com dissociação em um ânion e liberando H⁺ e básicos, dissociando em um cátion e liberando OH⁻ (Mancuso *et al.*, 2011).

Para Oliveira & Brighenti (2011) o herbicida pode ter mais chances de ser transportado livremente através da solução do solo ou não. Herbicidas ácidos são aqueles que têm formas moleculares que são capazes de doar prótons e formar íons carregados negativos, enquanto os herbicidas básicos, o contrário, ou seja, são capazes de receber prótons e formar íons carregados positivamente. Em ambos os casos, dependendo do pH da solução do solo e o pKa do herbicida, as concentrações das formas moleculares, aniônicas e catiônicas também se alteram.

Dentre as formas conhecidas de degradação da maioria dos herbicidas no solo, a microbiana é a principal, tendo os microrganismos capazes de utilizar de nutrientes e energia química das moléculas dos herbicidas que são liberadas durante a degradação (Correia, 2018).

Atualmente uma forma de conhecer a “qualidade do solo” é utilizando a tecnologia Embrapa BioAs lançada em junho de 2020 (Mendes *et al.*, 2021). Segundo os autores, essa tecnologia consiste na agregação de dois indicadores relacionados ao funcionamento da atividade biológica do solo às análises de rotina, preenchendo a lacuna deixada pela ausência dos componentes biológicos nas análises de solo.

Para o herbicida 2,4-D por exemplo, Ogram *et al.*, (1985) sugeriram que a degradação microbiana de 2,4-D ocorre apenas na fase em solução, e não no herbicida sorvido. Para o herbicida Glifosato, Andrighetti *et al.*, (2014) relatou a degradação de 98% desta molécula no solo por microorganismos, além da detecção do metabolito ácido aminometilfosfônico (AMPA) como resíduo da degradação do Glifosato após um período de incubação de 32 dias. Somado a isto, o herbicida Glifosato afetou negativamente a multiplicação de bactérias dos solos contaminados, mas também foi utilizado como fonte de nutrientes por toda a microbiota, como fungos e actinomicetos. A partir do momento em que se espera fazer o controle da rebrota dos restos culturais manejando herbicidas nas folhas e/ou nos tocos, bem como os riscos de *carryover* para as culturas posteriores, é fundamental considerar a capacidade de rebrota do algodoeiro e a assertividade quanto ao planejamento da escolha de princípios ativos, dosagens e épocas de aplicação.

Francischini *et al.*, (2020) concluiu em seu trabalho que a aplicação sequencial dos tratamentos com herbicidas para destruição de tigueras de algodão, proporcionou aumento na atividade residual sobre a cultura do milho, sendo que os tratamentos constituídos pela associação com herbicidas de maior atividade residual no solo como o dicamba, fluroxipir, sulfentrazone e [imazapique+imazapir], apresentaram maior potencial de *carryover* e observado intervalo de segurança superior a 94 dias após a aplicação sequencial de 2,4-D + glifosato + sulfentrazone.

Herbicidas no solo que são absorvidos via raiz, podem contribuir para diminuição de fornecimento de assimilados da planta de soja para os nódulos da fixação biológica de nitrogênio (Arruda *et al.*, 2001) prejudicando o suprimento de nitrogênio para a planta.

Os períodos entre as aplicações dos herbicidas para destruição dos restos culturais do algodão e o plantio da soja, em alguns talhões podem variar, não respeitando as recomendações da bula, porque há situações em que a maturidade plena do algodoeiro ocorre

próximo ao melhor período para o plantio da soja, aumentando os riscos de menor tempo de degradação e/ou dissipação das moléculas dos herbicidas no solo e consequentemente aumentando os riscos de intoxicação na cultura posterior.

As recomendações dos fabricantes cujo ingrediente ativo é o 2,4-D Sal de dimetilamina por exemplo, é de aplicar no mínimo 7 dias antes da semeadura da soja em plantio direto, para controle de diversas espécies de plantas daninhas, na dose de 1 a 1,5 L p.c.ha⁻¹. Os efeitos residuais do 2,4-D no solo sobre o desenvolvimento da soja são descritos por vários autores (Silva *et al.*, 2011, Silva *et al.*, 2018, Gonçalves *et al.*, 2018) que comprovam que se mal manejado pode afetar na redução de matéria seca e produtividade.

É comum entre os agricultores a prática de deixar intervalo entre a aplicação de 2,4-D e a semeadura da soja de 1 dia para cada 100 gramas do ingrediente ativo por hectare, porém, para realmente ter o conhecimento sobre perdas, sejam elas de efeitos *carryover* no desenvolvimento das culturas, ou de eficácia no controle de plantas indesejáveis e até mesmo por má aplicação e incompatibilidade química em misturas, faz-se necessário considerar as propriedades físico-químicas dos herbicidas e entender seu comportamento no ambiente.

O uso do 2,4-D, por exemplo, em estudo realizado por Valente *et al.*, (2000) os autores concluíram que poderá ser recomendado para solos leves de Cerrados, nas aplicações de dessecação em pré-plantio da soja, até a dose de 720 g.ha⁻¹, desde que aplicado com intervalo mínimo de 8 dias antes da semeadura direta da soja.

Em relação aos tipos de herbicidas, dosagens e misturas ideais para as operações, variados manejos podem ser encontrados quando o foco é a destruição das soqueiras do algodão de diferentes transgenias.

Com foco na destruição do algodoeiro, Jean & Patricia (2020) recomendam que para destruição química de soqueira de variedades RRFLEX, GL, GLT e GLTP, a primeira aplicação de 2,4-D no toco, imediatamente após a roçada deverá ser de 2 L.ha⁻¹, mais uma

segunda aplicação nos rebrotes/escapes de 1 L.ha⁻¹ e um herbicida de baixa mobilidade como flumicloraque pentílico 600 mL.ha⁻¹ ou carfentrazona etílica 70 mL.ha⁻¹.

Francischini *et al.*, (2020) relataram que os combinados dos herbicidas como 2,4-D (1.340 g e.a ha⁻¹) + glifosato (720 g e.a ha⁻¹) + saflufenacil (150 g i.a ha⁻¹), glifosato (720 g e.a ha⁻¹) + saflufenacil (150 g i.a ha⁻¹) + fluroxipir (400 g i.a ha⁻¹), glifosato (720 g e.a ha⁻¹) + saflufenacil (150 g i.a ha⁻¹) + [imazapique + imazapir] (150 g i.a ha⁻¹) e glifosato (720 g e.a ha⁻¹) + dicamba (150 g i.a ha⁻¹) + saflufenacil (150 g i.a ha⁻¹), promoveram o controle total das soqueiras (100%) aos 21 dias após a aplicação sequencial e não apresentaram plantas rebrotadas até a última data de avaliação, sendo, portanto, os tratamentos mais eficientes no controle de soqueiras do algodoeiro.

2.7 Características dos princípios ativos

O 2,4-D é o herbicida que sempre está presente na destruição de soqueira do algodoeiro e no Brasil pode ter diferentes composições químicas como 2,4-D-dimetilamina (Figura 6), 2,4-D-triisopropanolamina e 2,4-D Sal de Colina (Monografias Anvisa, 2020). Pertencente ao grupo químico ácido ariloxialcanóico, possui alta solubilidade em água a 20°C (24.300 mg L⁻¹). Tem comportamento de ácido fraco e moderada capacidade de formar íons em solução (Pka 25°C = 3,4). Possui baixa lipofilicidade e baixa bioacumulação (Log kow pH 7, 20°C = -0,82). É moderadamente volátil (K_H a 25°C = 4,0 x 10⁻⁶ mPa). Possui baixa afinidade com a matéria orgânica do solo, e por isso, pode ser móvel no solo (Koc = 600) e, conseqüentemente mais fácil de ser absorvida pelas raízes. É alto o potencial de lixiviação do herbicida no solo (GUS = 3,82) (IUPAC 2020). De mobilidade ótima pelo floema, embora quantidades se movam pelo xilema (Bromilow *et al.* 1990).

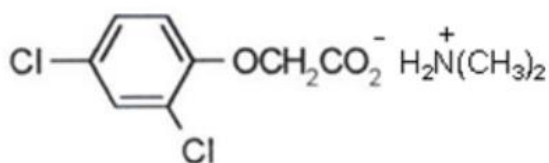


Figura 6. Fórmula estrutural do 2,4-D-dimetilamina: $C_{10}H_{13}Cl_2NO_3$.

O 2,4-D possui mecanismo de ação mimetizador de auxina e pode ter aplicações pré e pós-emergência para controle de plantas daninhas em 16 culturas, dentre elas soja, milho e algodão (Monografias Anvisa 2020).

Segundo Paulilo *et al.*, (2015), a auxina foi o primeiro grupo de hormônio vegetal descoberto, podendo ser sintetizadas em meristemas ápices, folhas jovens, embriões de sementes, frutos jovens e muito pouco em ápices de raízes. O transporte de auxinas pode ser de célula a célula e via floema. Ainda segundo o autor, as auxinas são responsáveis pelo alongamento celular, ativação da divisão celular, enraizamento de estacas e diferenciação de raízes em culturas de tecidos, dominância apical, fototropismos e geotropismo.

O efeito da hormese na aplicação de subdoses do 2,4-D foi evidenciado por Tavares *et al.*, (2017), por exemplo, pelo aumento da área foliar em plantas de pequi. O 2,4-D causa desequilíbrio hormonal nas células em altas doses, com consequente crescimento desordenado dos tecidos e epinastia como principais sintomas de toxicidade em plantas (Silva *et al.*, 2007). No entanto, pode aumentar o crescimento da planta em subdoses, estimulando o alongamento celular de acordo com a Teoria do Crescimento Ácido (Rayle e Cleland, 1992).

Estudos do efeito residual de herbicidas na cultura da soja são comuns, principalmente utilizando tratamentos com o herbicida 2,4-D, mas são poucos os trabalhos na literatura com resultados do efeito residual, especificamente após o sucesso no controle de rebrotas do algodão, tão pouco quanto resultados de produtividade e qualidade dos grãos.

Timossi *et al.*, (2020) constatou que a altura da planta de soja bem como a matéria seca da parte aérea mensurados 40 dias após a semeadura, não sofreu com o efeito residual do 2,4-

D quando aplicado até 2 L.ha⁻¹, 10 dias antes do plantio da soja. Francischini *et al.*, (2020) selecionou tratamentos eficazes no controle de rebrotas de algodão e concluiu que os tratamentos herbicidas 2,4-D, 2,4-D + glifosato, 2,4-D + glifosato + fluroxipir e glifosato + saflufenacil + fluroxipir foram os que demonstraram menor residual e tiveram efeitos negativos de fitointoxicação nas plantas de soja, em média, até 60 dias.

Sofiatti *et al.*, (2015) relataram limitação da destruição química, principalmente em cultivares de algodoeiro tolerantes ao glifosato em que o principal herbicida utilizado é o 2,4-D e a possibilidade de fitotoxidez na cultura da soja, caso seja semeada em sucessão, imediatamente após a aplicação.

O glufosinato sal de amônio (Figura 7) pertencente do grupo químico homoalanina substituída, é altamente solúvel em água (água a 20°C = 500.000 mg L⁻¹). Tem comportamento de ácido muito fraco e baixa capacidade de formar íons em solução (Pka 25°C = 9,15). Possui baixa lipofilicidade (Log kow pH 7, 20 °C = 4,01). Não é volátil (K_H a 25°C = 4,48 x 10⁻⁹ mPa). Possui alta afinidade com a matéria orgânica, e por isso, pode ser pouco móvel no solo (Koc = 600). Tem baixa persistência no solo e pequeno potencial para ser lixiviado (GUS = 1,03) (IUPAC 2020).

A relação entre Pka e Log Kow enquadra o glufosinato como não sistêmico na planta (Bromilow *et al.*, 1990). Para Roman *et al.* (2005), a translocação desse herbicida (quando aplicado via foliar) é limitada em razão da rápida ação inibitória na fotossíntese, com formação de agentes tóxicos que comprometem a integridade da célula, limitando sua própria translocação, contradizendo Takano *et al.*, 2020, no experimento realizado com *Amaranthus palmeri* S. Watson, relatando que a ação rápida do glufosinato não limitou sua própria translocação, além de concluir que a translocação do glufosinato depende, principalmente da translocação apoplástica, que é afetada pela transpiração e que nas folhas velhas tendem a acumular mais herbicida do que as folhas meristemáticas jovens.

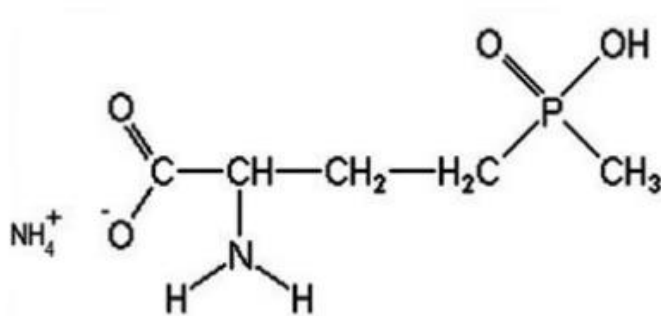


Figura 7. Fórmula estrutural do glufosinato sal de amônio: $C_5H_{15}N_2O_4P$.

De mecanismo de ação do grupo inibidores da enzima glutamina sintetase (GS), o glufosinato sal de amônio é o único ingrediente ativo desse grupo, sendo que no Brasil já existem 47 produtos comerciais registrados para uso agrícola (Agrofit, 2022). A molécula do herbicida liga-se a enzima glutamina sintetase e começa a ocorrer acúmulo de amônia no interior da célula, redução da taxa fotossintética, falta de aminoácidos, de glutamina e de glutamato, inibição do crescimento, clorose e morte da planta (Roman *et al.*, 2005).

Atualmente o herbicida está liberado para uso pós-emergência e dessecante para 41 culturas, dentre elas soja, milho, algodão, feijão etc. (Monografias Anvisa 2022).

O herbicida carfentrazone etílico (Figura 8) pertencente do químico triazolona. Possui baixa capacidade de solubilidade em água (água a $20^{\circ}C = 29,3 \text{ mg L}^{-1}$) e tem comportamento de ácido fraco e moderada capacidade de formar íons em solução ($Pka \text{ } 25^{\circ}C = 3,5$). Possui alta lipofilicidade e alta bioacumulação ($\text{Log } kow \text{ pH } 7, 20^{\circ}C = 3,7$). Considerando a relação de Pka e $\text{Log } Kow$, seria móvel apenas pelo xilema das plantas (Bromilow *et al.*, 1990), mas é formulado é considerado não sistêmico. É volátil ($K_H \text{ a } 25^{\circ}C = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mPa}$). Possui alta afinidade com a matéria orgânica e pode ser pouco móvel no solo ($Koc = 866$). Possui baixo potencial para ser lixiviado ($GUS = -0,4$) (IUPAC 2020).

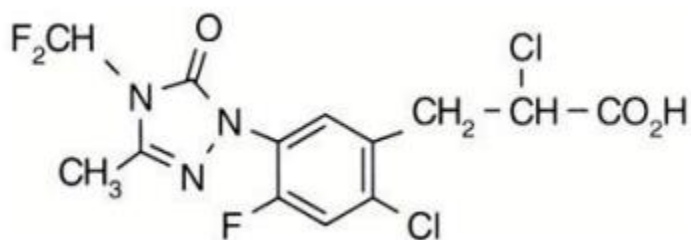


Figura 8. Fórmula estrutural da Carfentrazone etílica: $C_{15}H_{14}Cl_2F_3N_3O_3$.

De mecanismo de ação do grupo inibidores da enzima protoporfirinogênese oxidase (PROTOX), a carfentrazone etílica está presente em 10 produtos comerciais no Brasil (Agrofit, 2022). É utilizado para aplicações em pré e pós-emergência, dessecante e como maturador, para 15 culturas liberadas para o uso (Monografias Anvisa 2022).

A molécula do herbicida liga-se a enzima protoporfirinogênio oxidase dentro dos cloroplastos, fazendo com que o protoporfirinogênio IX acumulado no cloroplasto seja transportado ao citoplasma, e é convertido em protoporfirina IX. O protoporfirina IX irá reagir com oxigênio e iniciar o processo de peroxidação de lipídeos da plasmalema, causando destruição da membrana e perda da sua função, levando a planta à morte (Takano *et al.*, 2020).

O herbicida saflufenacil (Figura 9), do mesmo mecanismo de ação da a carfentrazone etílica, porém pertence ao grupo químico pirimidinadiona (uracila). Possui alta solubilidade em água (água a 20°C = 2.100 mg L⁻¹) e tem comportamento de ácido fraco e moderada capacidade de formar íons em solução (Pka 25°C = 4,41). Possui alta lipofilicidde e baixa bioacumulação (Log kow pH 7, 20°C = 2,6). Seria móvel pelo xilema e floema (Bromilow *et al.*, 1990), mas os formulados são considerados não sistêmico na planta. Não é volátil (K_H a 25°C = 4,0 x 10⁻²⁰ mPa). Indica que possui baixa afinidade com a matéria orgânica do solo e por isso pode ser móvel (Koc = 27) (IUPAC 2020).

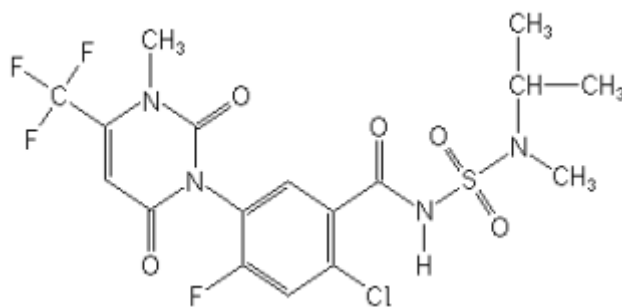


Figura 9. Fórmula estrutural do Saflufenacil: $C_{17}H_{17}ClF_4N_4O_5S$.

De mecanismo de ação do grupo inibidores da enzima protoporfirinogenese oxidase (PROTOX), apenas cinco produtos comerciais são liberados no Brasil com a molécula do herbicida saflufenacil (Agrofit 2022). Pode ser usado em pré e pós-emergente e dessecante dentro das 26 culturas (Monografias Anvisa 2022).

Trabalho publicado por Monquero *et al.*, (2012) mostra que houve efeito residual do ingrediente ativo saflufenacil em um Latossolo Vermelho distrófico, em que o bioindicador utilizado apresentou sintomas de fitotoxicidade maior ou igual a 80% até os 28 dias de seca.

O herbicida flumicloraque pentílico (Figura 10), do mecanismo de ação inibidores da PROTOX, pertencente ao grupo químico ciclohexenodicarnoximida. Possui baixa solubilidade em água (água a 20°C = 0,189 mg L⁻¹) e tem comportamento de ácido forte e alta capacidade de formar íons em solução (Pka 25°C = 2,32). Possui baixa lipofilicidade e baixa bioacumulação (Log kow pH 7, 20°C = 0,4). Poderia ser móvel pelo xilema e floema (Bromilow *et al.*, 1990), mas em fórmula comercial é considerado não sistêmico na planta. É pouco volátil (Pressão de vapor a 20°C (mPa) 0,01). Indica que possui baixa afinidade com a matéria orgânica do solo e pode ser móvel (Koc = 30). Possui moderada capacidade de lixiviação (GUS = 2,52).

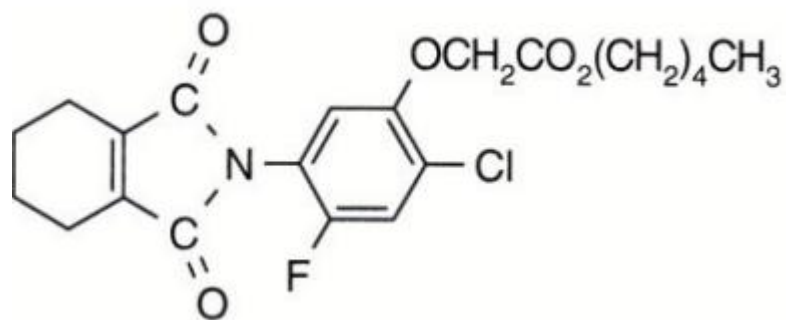


Figura 10. Fórmula estrutural do flumicloraque pentílico: $C_{21}H_{23}ClFNO_5$

No Brasil, o princípio ativo flumicloraque pentílico está presente em apenas 3 produtos comerciais registrados para uso agrícola (Agrofit, 2022). Pode ser usado em pós-emergência apenas para as culturas de soja e algodão (Monografias Anvisa 2022).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram realizados em duas etapas sendo uma com experimento em casa de vegetação e a outra com análise de dados de produção comercial em campo.

3.1 Casa de vegetação

O experimento foi conduzido de 15/10/2021 a 17/12/2021 em casa de vegetação no campus do IFGoiano, localizado na Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural de Rio Verde – GO, nas coordenadas geográficas 17°48'19,16"S, 50°54'15,5"O e altitude de 748 metros.

Foram utilizados 84 vasos plásticos (Figura 11) com capacidade de 5 litros cada, e adicionado solo seco e peneirado sem histórico de plantios e aplicações de herbicidas, os quais foram considerados como unidades experimentais.



Figura 11 – Stand do experimento na casa de vegetação

Fonte: O próprio autor.

O solo utilizado foi de textura argilo arenoso e baixo teor de matéria orgânica.

A análise do solo demonstrou as seguintes características físico-químicas, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise de solo.

Textura (%)			Relação entre Bases			Porcentagem de bases na CTC (%)			
Argila	Silte	Areia	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Ca/CTC	K/CTC	
45	8	47	10,68	39,53	3,70	32,41	3,03	0,82	
cmol _c dm ⁻³								mg dm ⁻³	
Ca	Mg	Ca + Mg	Al	H+Al	k	k	S		
1,01	0,09	1,11	0,01	1,98	0,03	10	10,02		
mg dm ⁻³		g kg ⁻¹	pH	mg dm ⁻³					
P (mel)	P (res)	P (total)	CaCl ₂	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1,95	ND	ND	5,04	2	25,89	12,52	2,56	0,10	0,04
cmol _c dm ⁻³				Sat. Bases		Sat. Al		g dm ⁻³	
CTC		SB	V%		m%		M.O		
3,12		1,14	36,54		0,87		7,6		

Extratores: P (Mel), K, Na, Cu, Fe, Mn e Zn = Melich 1; Ca, Mg, e Al = KCl 1N; S = Ca(H₂PO₄)₂ em HOAc; M.O = Método colorimétrico; P total= Ataque Sulfúrico; B = BaCl₂.
Legenda: ND – Não Detectado.

A correção do solo foi realizada com calcário PRNT 90,16%, no volume de 0,81 t.ha⁻¹ mais de 90 dias antes da semeadura. Posteriormente o solo foi adubado com 1,40 g.vaso⁻¹ de fertilizante superfosfato simples (18% de P₂O₅, 16% de Ca e 10% de S) e de 0,34 g.vaso⁻¹ de fertilizante cloreto de potássio (58% de K₂O, <1 S, 45-48 Cl).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso com 4 repetições e tratamentos arranjados em um esquema fatorial 5x4, sendo 4 tratamentos com combinações de herbicidas (Tabela 2), mais 1 tratamento controle (sem herbicidas), em 4 períodos de semeadura da soja após a aplicação dos herbicidas (0, 3, 6 e 9 dias após a aplicação - DAA).

A aplicação dos herbicidas no solo ocorreu em 16/10/2021. Utilizou-se de um pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO₂ e equipado com barra de 2 metros contendo 4 pontas XR110.015 do tipo leque, espaçados de 0,5m, 2,5 kgf cm² de pressão e volume de calda de 150 L.ha⁻¹.

Tabela 2. Combinações de herbicidas e dosagens de produto comercial aplicadas.

Tratamentos	Composição / Dosagens
1	1 L.ha ⁻¹ de 2,4D + 2 L.ha ⁻¹ de glufosinato – sal de amônio
2	1 L.ha ⁻¹ de 2,4D + 0,05 L.ha ⁻¹ de carfentrazone-etílica
3	1 L.ha ⁻¹ de 2,4D + 0,6 L.ha ⁻¹ de flumicloraque-pentílico
4	1 L.ha ⁻¹ de 2,4D + 0,07 g.ha ⁻¹ de saflufenacil

Nome comercial e Concentração (equivalente ácido) = 2,4-D: Dez e 670 g/L; Glufosinato – Sal de amônio: Finale e 200 g/L; Carfentrazone etílica: Aurora 400EC e 400 g/L; Flumicloraque pentílico: Radiante e 100 g/L; Saflufenacil: Heat e 700 g/kg.

A cultivar de soja escolhida para o ensaio foi a 80IX83RSF I2X do mantenedor GDM GENÉTICA DO BRASIL S.A com registro MAPA nº 44345, geneticamente modificada resistente a insetos e tolerante aos herbicidas dicamba e glifosato.

As sementes foram previamente infectadas com inoculante Starfix Soja® à base de *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 e 5080, concentração: 1x10¹⁰ UFC.mL⁻¹. Foi utilizado 6 mL de inoculante por kg de semente, respeitando as recomendações de uso do fabricante.

A semeadura em vasos iniciou logo após a aplicação dos herbicidas na densidade de 10 sementes por vaso e obedeceu ao cronograma de semeadura pré-estabelecido após a aplicação, sendo: 0 dias (em 16/10/2021), 3º dia (em 18/10/2021). 6º dia (21/10/2021) e 9º dia (em 24/10/2021). As sementes foram acondicionadas em caixa de papel duplex gramatura 300 G/M2 e mantidas em ambiente fresco (cerca de 20°C) até o momento do plantio.

Logo após as semeaduras da soja, os vasos receberam lâmina de água de 7 mm. Os vasos que não foram semeados permaneceram em situação de estresse hídrico até a semeadura da soja. Até o fim do experimento, os vasos receberam no máximo a cada três dias, lâmina de água equivalente a 5 a 10 mm.

Ao 10º dia de semeadura foram realizados os desbastes deixando apenas 5 plantas por vaso, sendo as outras 5 plantas descartadas. Quando as plantas de soja estavam no estágio V4,

foram retiradas 3 plantas de cada vaso, analisando a massa seca, deixando apenas 2 plantas por vaso.

No estágio fenológico V2, foram feitas avaliações visuais de fitointoxicação e atribuídas notas percentuais a cada unidade experimental (Tabela 3), considerando-se, nesse caso, os sintomas visíveis nas plantas de acordo com seu desenvolvimento (SBCPD, 1995).

Tabela 3. Avaliação de fitointoxicação adaptado da escala SBCPD (1995).

Conceito	Notas	Descrição
Muito leve	0 a 5	Sintomas fracos ou pouco evidentes. Nota zero quando não se observam qualquer alteração na cultura.
Leve	6 a 10	Sintomas nítidos, de baixa intensidade.
Moderada	11 a 20	Sintomas nítidos, mais intensos que na classe anterior.
Aceitável	21 a 35	Sintomas pronunciados, porém, totalmente tolerados pela cultura.
Preocupante	36 a 45	Sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação, e sem expectativas de redução no rendimento econômico.
Alta	46 a 60	Danos irreversíveis, com previsão de redução no rendimento econômico.
Muito alta	61 a 100	Danos irreversíveis muito severos, com previsão de redução drástica no rendimento econômico. Nota 100 para morte de toda a cultura.

As mensurações da altura das plantas foram realizadas em 3 etapas (estágios fenológicos V2 e R2), utilizando uma régua graduada em centímetros que foi posicionada rente ao solo para medir a distância da base da planta até o ponto de inserção da folha mais alta da planta amostrada. Em V2 foram mensuradas cinco plantas e V5, duas plantas. A média aritmética foi aplicada para análise estatística.

As massas secas da parte aérea (MSPA) foram alcançadas nos estágios fenológicos V4 e R2, sendo que 3 e 4 plantas por vaso respectivamente foram secas, pesadas e considerados a média aritmética para análise estatística. A parte aérea das plantas foi levada para secagem em

estufa com ventilação forçada a 80°C de temperatura até que o peso ficou constante, sendo que ao final, a massa foi aferida em balança semianalítica.

No estágio V4, foi mensurado o teor relativo de clorofila utilizado um clorofilômetro (Soil Plant Analysis Development - SPAD) nas folhas das duas plantas de cada vaso. No estágio V2, foram feitas quatro medições por vaso, nas folhas mais desenvolvidas e em pelo menos quatro plantas diferentes. Já no estágio V4, foram duas medições por vaso, que mede o índice de intensidade da cor verde ou de concentração relativa de clorofila, a diferença de luz transmitida na folha por meio de dois detectores nos comprimentos de 650 e 940 nm.

Após retirar as plantas inteiras dos vasos, já no estágio fenológico R2, elas foram postas sobre bancada com o objetivo de secar e desprender, as partículas de solo que ainda estavam fixadas nas raízes. Com as raízes limpas, os nódulos ficaram mais expostos para a catação manual com auxílio de uma pinça. Os nódulos das duas raízes por vaso foram colocados em cadinho de inox devidamente identificado para posterior contagem. Os dados foram resultantes da média das duas raízes, de cada vaso, e expressos em números de nódulos por planta ($n^{\circ} \text{ nod.planta}^{-1}$).

A massa seca dos nódulos foi mensurada no estágio fenológico R2 da soja. Os nódulos foram acondicionados em cadinhos e levados para a estufa com ventilação forçada a 80°C de temperatura até o alcance do peso constante, sendo que ao final, a massa foi aferida em balança semianalítica. Os dados foram resultantes da média das duas raízes, de cada vaso, e expressos em gramas de nódulos por planta (g.nod.planta^{-1}). Para atendimento da normalidade, os dados foram transformados ($X^{0,5}$).

A massa seca das raízes foi mensurada no estágio fenológico R2. As raízes foram cortadas na zona de transição com a parte aérea, lavadas em água corrente e, em seguida, acondicionadas em sacos de papel e levadas para a estufa com ventilação forçada a 80°C de

temperatura até o alcance do peso constante, sendo que ao final, a massa foi aferida em balança semianalítica.

A análise dos dados de fitointoxicação foi realizada utilizando a estatística não paramétrica por meio do teste de Kruskal-Wallis e as médias comparadas por comparações múltiplas não paramétrica em 5% de probabilidade.

Os demais ensaios estatísticos foram submetidos à análise de variância (teste F, α 5%), comparados com o controle sem aplicação pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade e desdobrados em regressões, em função dos períodos testados.

3.2 Dados de produção agrícola - fazenda

Dados de produção de soja convencional de uma fazenda localizada no município de Sapezal – MT, nas coordenadas geográficas 23°35'5"S, 58°24'24"O e altitude de 553 metros, foram utilizados em complemento com o experimento na casa de vegetação.

No total de 59 talhões distribuídos em uma área de 12.124 hectares, as cultivares de soja convencional TMG-4182 e TMG-4377 foram semeadas a partir de 15/09/2021 e com colheita até dia 20/02/2022.

Os solos nos talhões são classificados como muito argiloso.

De acordo com os preceitos de Köppen, o clima da região de Sapezal é o tropical quente e úmido (Aw). A precipitação total nos talhões variou entre 736,6 mm a 1705,3 mm entre o plantio e a colheita, confirme Figura 12.

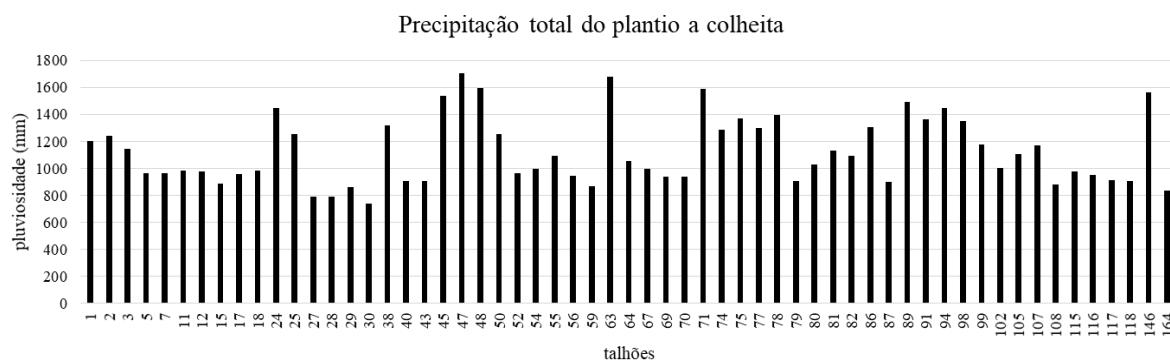


Figura 12. Precipitação total (mm) do plantio a colheita nos 59 talhões da fazenda.

A umidade relativa e temperatura média do ar (Figura 13) do plantio a colheita foi acima de 81% e 24°C respectivamente para todos os talhões.

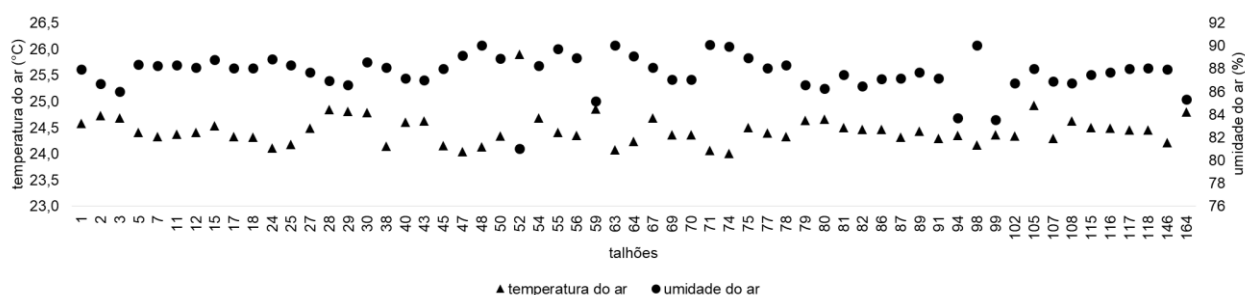


Figura 13. Umidade relativa (%) e temperatura média do ar (°C) do plantio a colheita nos 59 talhões da fazenda.

A soja TMG-4182 (soja Não-OGM) é uma cultivar de ciclo de 112 a 115 dias da emergência ao ponto de colheita para a região do Parecis dos Estados do Mato Grosso e Rondônia. De crescimento determinado e reconhecida como ampla resistência ao nematoide do cisto da soja, exige alto nível de fertilidade do solo e deve ser preferencialmente plantada nessa região em meados de setembro a meados de outubro, com stand de 12 plantas por metro linear.

Pelos produtores, a cultivar TMG-4182 usualmente plantada no começo da janela da semeadura da soja (a partir de 15 de setembro) para que a época da colheita coincida com o início da janela da semeadura do algodão.

A soja TMG-4377 (soja Não-OGM) é uma cultivar de ciclo precoce de 98 a 103 dias da emergência ao ponto de colheita para a região do Parecis dos Estados do Mato Grosso e Rondônia. De crescimento semideterminado, possui resistências a nematoides e doenças, exige alto nível de fertilidade do solo e deve ser preferencialmente plantada nessa região dentro do mês de outubro, com stand de 14 plantas por metro linear.

Todos os 59 talhões receberam aplicações de herbicidas destinados a destruição das soqueiras de algodão antes do plantio da soja. Para este trabalho foram considerados as últimas operações das aplicações antes das semeaduras da soja.

Os herbicidas utilizados foram classificados como “Associado”, quando foram aplicados os herbicidas 2,4-D + outro princípio ativo em aplicações sequenciais, e “Isolado”, quando foi aplicado apenas o 2,4-D.

A variável de produtividade foi submetida ao teste de Boxplot para identificação de possíveis *outliers*. Após a identificação, os outliers foram removidos e não seguiram para análise.

Devido esta variável ser altamente influenciada pelo ambiente, ela foi analisada via modelo misto para retirar os efeitos de precipitação, temperatura, *stand*, ciclo e emergência, seguindo o modelo descrito abaixo:

$$y_{ijk} = C_i + T_j + [CT]_{ij} + PAP + PPE + PPC + P10D + TAP + T10D + S + Ci + E + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

y_{ijk} é a observação na cultivar i no tratamento j na repetição k ;

C_i é o efeito da cultivar, denominada como fixo;

T_j é o efeito do tratamento, denominado como fixo;

$[CT]_{ij}$ é o efeito da interação entre cultivar e tratamento, denominado como fixo;

PAP é o efeito da precipitação entre aplicação do herbicida até o plantio, denominado como aleatório;

PPE é o efeito da precipitação entre plantio e emergência, denominado como aleatório;

PPC é o efeito da precipitação entre o plantio a colheita, denominado como aleatório;

P10D é o efeito da precipitação nos últimos 10 dias antes da colheita, denominado como aleatório;

TAP é o efeito da temperatura do ar entre aplicação do herbicida até o plantio, denominado como aleatório;

T10D é o efeito da temperatura do ar nos últimos 10 dias antes da colheita, denominado como aleatório;

S é o stand, denominado como aleatório;

Ci é o ciclo, denominado como aleatório;

E é dias para emergência, denominado como aleatório;

ε_{ijk} é o erro experimental, denominado como aleatório.

Após a análise via modelos mistos, os valores preditos sem os efeitos aleatórios foram submetidos a análise de variância seguindo o modelo de um fatorial duplo com covariável, como segue abaixo:

$$y_{ijk} = C_i + T_j + [CT]_{ij} + DO + DAAS + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

y_{ijk} é a observação na cultivar i no tratamento j na repetição k;

C_i é o efeito da cultivar, denominada como fixo;

T_j é o efeito do tratamento, denominado como fixo;

$[CT]_{ij}$ é o efeito da interação entre cultivar e tratamento, denominado como fixo;

DO é o efeito da dose de 2,4D, denominado como aleatório;

DAAS é o efeito de dias de aplicação antes da semeadura, denominado como aleatório;

ε_{ijk} é o erro experimental, denominado como aleatório.

Após a realização da análise de variância foi verificado que a interação foi significativa. Assim, os efeitos foram decompostos um dentro do outro (cultivar dentro de tratamento e vice-versa). E, para verificar a diferença entre os efeitos de cada fator dentro do outro fator foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todas as análises foram realizadas utilizando o software R e os seguintes pacotes: lme4 (modelos mistos) e easyanova (análise de variância e teste de comparação de médias).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Casa de vegetação

4.1.1 Fitointoxicação visual da soja

Independente da data da semeadura, as maiores notas de fitointoxicação na soja foram quando as mesmas ocorreram aos 0, 3 e 6 dias após as aplicações (DAA) das combinações dos herbicidas 2,4-D + glufosinato sal de amônio (Tabela 4), sendo que no 3º DAA as plantas atingiram 40% de injúria, classificando-a com sintomas mais drásticos que na categoria anterior, mas ainda passíveis de recuperação e sem expectativas de redução no rendimento econômico (Figura 14).

O tratamento com 2,4-D + saflufenacil apresentou as menores notas de fitointoxicação na soja entre os tratamentos.

Tabela 4. Análise visual da fitointoxicação (%) em plantas de soja (estágio fenológico V2) semeados 0, 3, 6, e 9 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas.

Tratamentos	% de fitointoxicação			
	0 dias	3 dias	6 dias	9 dias
2,4-D + glufosinato sal de amônio	36,50 a	40,00 a	20,00 a	8,34 b
2,4-D + carfentrazona etílica	6,50 b	7,25 b	9,00 b	13,00 a
2,4-D + saflufenacil	2,00 c	6,25 b	7,50 c	4,25 c
2,4-D + flumicloraque pentílico	5,50 b	16,75 a	8,50 bc	8,25 b
CV%	115,25	133,60	48,02	46,23
Qui-quadrado	13,00	9,51	10,60	7,03

As médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis t em $p \leq 0,05$. CV= Coeficiente de Variação.

Francischini *et al.*, 2020 encontrou coeficiente de variação de 6,1 a 103,5 quando avaliou a fitointoxicação de plantas de soja semeadas aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação dos tratamentos com herbicidas.

O herbicida glufosinato sal de amônio em relação a translocação é considerado tópico, ou de contato. Em plantas geneticamente modificadas, Grayson *et al.*, (1989) relataram que em certas espécies de dicotiledôneas, por exemplo *G. max* e *Ipomoea purpurea* (L.), os cotilédones emergentes podem ser protegidos por seu encapsulamento durante a passagem pelo solo e, assim, ficam impedidos de entrar em contato e absorver herbicidas nas camadas superficiais tratadas.

Mesmo o glufosinato possuindo baixa translocação na planta, Maschhoff *et al.*, (2000) encontraram evidências que a adição de sulfato de amônio na calda com glufosinato pode aumentar a eficácia do herbicida no controle de *Abutilon theophrasti* Medik e *Setaria faberi* Herrm, aumentando a absorção foliar e subsequente translocação do glufosinato.

Para You & Barker (2002), em um experimento de hidroponia com plantas de tomate, os resultados sugerem que o glufosinato sal de amônio foi absorvido pelas raízes e translocado para a parte aérea, iniciando acúmulo de NH_4^+ e evolução de etileno como indícios de ação herbicida.

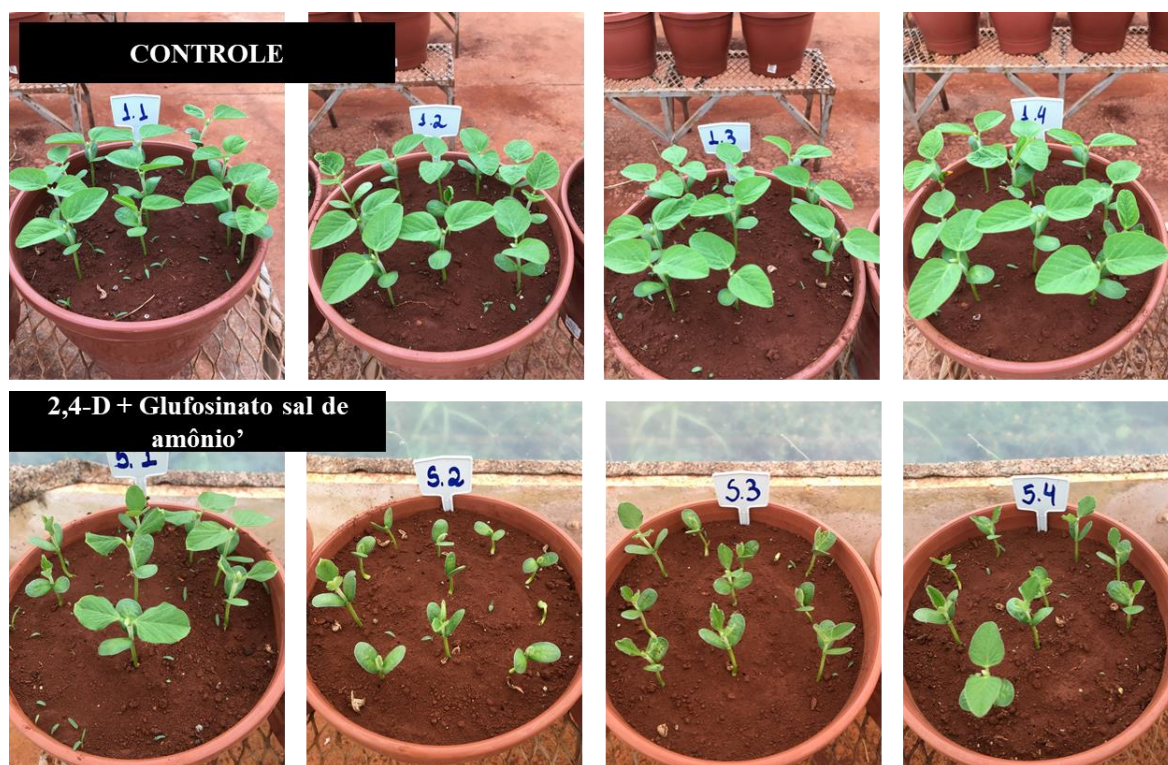


Figura 14. Plantas de soja após 8 dias de semeadura.
Fonte: O próprio autor.

4.1.2 Índice de clorofila

Com as plantas no estágio V4, a análise dos dados não indicou quaisquer diferenças para os índices de clorofila entre os tratamentos e o controle em diferentes dias de aplicações antes da semeadura (Tabela 5).

Resultados semelhantes foram descritos por Silva (2019) quando utilizou os herbicidas glifosato, glufosinato e 2,4-D aplicados em pós-emergência em diferentes tecnologias de soja transgênica, constatando que não foram observadas reduções nos índices de clorofila, além da seletividade do herbicida as transgenias da soja.

Tabela 5. Índices de clorofila – SPAD - *Soil Plant Analysis Development* (estágio fenológico V4) semeados 0, 3, 6, e 9 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas.

Estágio	Tratamentos	Índice de clorofila			
		0 dias	3 dias	6 dias	9 dias
V4	2,4-D + glufosinato sal de amônio	28,29 a	27,99 a	28,34 a	28,76 a
	2,4-D + carfentrazone etílica	28,84 a	30,21 a	29,09 a	31,34 a
	2,4-D + saflufenacil	27,31 a	29,55 a	26,87 a	28,85 a
	2,4-D + flumicloraque pentílico	27,10 a	28,81 a	29,15 a	27,65 a
	Controle	29,51 a	29,51 a	29,51 a	29,51 a
	QM	4,13 ^{ns}	2,86 ^{ns}	4,42 ^{ns}	7,38 ^{ns}
	CV%	7,43	6,07	8,11	6,86
	DMS	4,21	3,57	4,72	3,56

** significativo a 1% de probabilidade, * significativo a 5%, ^{ns} não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si para o teste Dunnett a 5% de significância. CV= Coeficiente de Variação. QM= Quadrado Médio. DMS= Diferença Mínima Significativa.

Correa *et al.*, (2010) aplicaram varios herbicidas isolados e em mistura sobre soja transgenica e convencional entre os estagios V5 e V7 e até o 32º dia após as aplicações, concluíram que os tratamentos reduziram a eficiencia fotossintetica máxima da cultivar de soja convrencional e redução nos índices de clorofila, mas com danos reversíveis desaparecendo gradativamente com a idade das plantas.

Semeando soja transgênica em 1, 4, 8, 12 e 15 dias após a aplicação do herbicida 2,4-D, Cecato *et al.*, (2017) encontraram diferentes resultados, relatando que o herbicida 2,4-D, mesmo em dose recomendada pelo fabricante, influeniciou nos indices de clorofila

mensurados 44 dias após o plantio, tendo o tratamento em que a semeadura ocorreu 15 DAA que expressou maior índice de clorofila em relação aos demais.

A análise de regressão sugere que a variação do índice de clorofila dos tratamentos com as plantas em V4, não está associada aos dias de semeadura após a aplicação dos herbicidas (valor- $p > 0,05$).

4.1.3 Altura

Na semeadura de soja realizada em 0 DAA, as plantas em V2 tratadas com 2,4-D + glufosinato sal de amônio, 2,4-D + carfentrazone etílico e 2,4-D + flumicloraque pentílico, estavam maiores que as plantas do controle sem herbicidas (Tabela 6) e no estágio R2, as plantas dos tratamentos com herbicidas e o controle registraram mesma altura.

O 2,4-D pela sua natureza físico-química possui alta solubilidade em água e baixa afinidade com a matéria orgânica, fazendo com que fique facilmente disponível para a absorção pelas raízes. Na ocasião do experimento, o solo com baixo teor de matéria orgânica e as irrigações não sendo suficientes para lixiviar para fora dos vasos o 2,4-D, pressupõe-se que o mesmo promoveu efeito hormese na soja, aumentando a altura das plantas tratadas em relação ao controle.

Para Silva *et al.*, (2019), o uso de pequenas doses de 2,4-D (cerca de 13 g.ha⁻¹) aplicando na soja transgenica AG3680IPRO, durante os estágios V4 ou V6, pode levar ao aumento significativo na produtividade da soja. O que pode explicar o maior desenvolvimento de plantas tratadas é a capacidade que o herbicida 2,4-D possui de interagir com os fito-hormônios auxinas, que são reguladores de crescimento das plantas que controlam a divisão e o crescimento celular durante o ciclo planta.

Tabela 6. Altura das plantas de soja (estágio fenológico V2, V4 e R2) semeados 0, 3, 6, e 9 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas.

Estágio	Tratamentos	Altura (cm planta ⁻¹)			
		0 dias	3 dias	6 dias	9 dias
V2	2,4-D + glufosinato sal de amônio	13,80 a	10,69 a	12,12 a	12,12 a
	2,4-D + carfentrazona etílica	12,95 a	13,31 a	12,84 a	12,81 a
	2,4-D + saflufenacil	12,15 b	13,50 a	11,94 a	11,50 a
	2,4-D + flumicloraque pentílico	13,05 a	11,69 a	11,91 a	10,84 a
	Controle	11,62 b	11,62 a	11,62 a	11,62 a
	QM	2,85 ^{**}	5,80 ^{ns}	0,84 ^{ns}	2,16 ^{ns}
	CV%	7,29	13,26	5,64	9,72
	DMS	1,20	2,67	1,21	2,09
R2	2,4-D + glufosinato sal de amônio	23,62 a	17,69 a	23,69 a	22,50 a
	2,4-D + carfentrazona etílica	20,81 a	21,56 a	24,81 a	24,75 a
	2,4-D + saflufenacil	21,06 a	21,31 a	26,25 a	24,85 a
	2,4-D + flumicloraque pentílico	21,01 a	18,37 a	23,56 a	23,94 a
	Controle	22,56 a	22,56 a	22,56 a	22,56 a
	QM	6,05 ^{ns}	18,27 ^{ns}	7,93 ^{ns}	5,21 ^{ns}
	CV%	7,79	15,40	9,56	8,79
	DMS	2,89	5,52	4,32	4,05

^{**} significativo a 1% de probabilidade, ^{*} significativo a 5%, ^{ns} não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si para o teste Dunnett a 5% de significância. CV= Coeficiente de Variação. QM= Quadrado Médio. DMS= Diferença Mínima Significativa.

Os tratamentos com 2,4-D + carfentrazona etílica e 2,4-D + Saflufenacil quando as alturas foram mensuradas em R2, na medida que aumentaram os períodos entre as aplicações dos herbicidas e as semeaduras, as alturas das plantas aumentaram (Figura 15). Os demais tratamentos a análise de regressão sugerem que as variações das alturas não estão associadas aos dias de semeadura após a aplicação dos herbicidas (valor-p > 0,05). Isso revela que nestas condições do experimento, quanto mais próximos foram as semeaduras das aplicações dos herbicidas, menor é a altura das plantas.

Não foi realizado análise de regressão para as medições realizadas em V2 por causa do efeito hormese na soja conforme discutido acima.

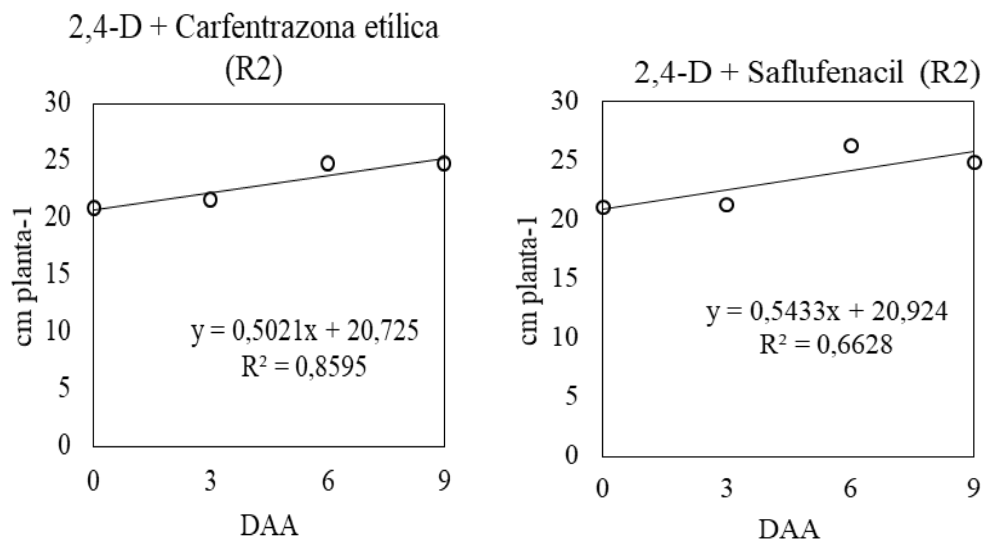


Figura 15. Alturas das plantas de soja semeadas 0, 3, 6, e 9 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas.

4.1.4 Massa seca da parte aérea e da raiz

No estágio fenológico V4, as plantas de todos os tratamentos com herbicidas estavam estatisticamente com a mesma massa seca da parte aérea, quando comparados com o controle (Tabela 9).

Resultados diferentes foram encontrados no estágio R2 (Tabela 9), sendo que as plantas do tratamentos 2,4-D + carfentrazone etílica, 2,4-D + saflufenacil e 2,4-D + flumicloraque pentílico semeadas 0 DAA e o tratamento 2,4-D + glufosinato sal de amônio e 2,4-D + flumicloraque pentílico em 3 DAA, tiveram massa seca da parte aérea inferior ao controle.

Tanto no estágio vegetativo V4 quanto no reprodutivo R2, caule, ramos, folhas e folíolos foram levados a estufa para secagem e determinação da matéria seca. A redução da matéria seca em R2 pode estar associada a perda de área foliar ocasionada por fatores abióticos no final do experimento e não ao efeito carryover dos herbicidas. Essa sugestão é confirmada quando se avalia as alturas das plantas no estágio R2, quando as plantas de todos os tratamentos e o controle estavam da mesma altura (Tabela 8).

Tabela 7. Massa seca da parte aérea da soja (estágio fenológico V4 e R2) semeados 0, 3, 6, e 9 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas.

Estágio	Tratamentos	Massa seca da parte aérea (g planta ⁻¹)			
		0 dias	3 dias	6 dias	9 dias
V4	2,4-D + glufosinato sal de amônio	0,55 a	0,63 a	0,62 a	0,47 a
	2,4-D + carfentrazona etílica	0,55 a	0,50 a	0,54 a	0,55 a
	2,4-D + saflufenacil	0,52 a	0,65 a	0,55 a	0,53 a
	2,4-D + flumicloraque pentílico	0,54 a	0,62 a	0,60 a	0,54 a
	Controle	0,55 a	0,55 a	0,55 a	0,55 a
	QM	0,001 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,004 ^{ns}
	CV%	8,85	15,75	10,92	17,67
	DMS	0,10	0,32	0,12	0,20
R2	2,4-D + glufosinato sal de amônio	1,11 a	0,65 b	1,09 a	0,97 a
	2,4-D + carfentrazona etílica	0,92 b	0,88 a	1,26 a	1,33 a
	2,4-D + saflufenacil	0,89 b	1,15 a	1,44 a	1,19 a
	2,4-D + flumicloraque pentílico	0,88 b	0,66 b	1,39 a	1,48 a
	Controle	1,21 a	1,21 a	1,20 a	1,21 a
	QM	0,09 ^{**}	0,28 ^{**}	0,08 ^{ns}	0,15 ^{ns}
	CV%	17,95	34,23	17,00	24,75
	DMS	0,27	0,45	0,39	0,57

^{**} significativo a 1% de probabilidade, ^{*} significativo a 5%, ^{ns} não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si para o teste Dunnett a 5% de significância. CV= Coeficiente de Variação. QM= Quadrado Médio. DMS= Diferença Mínima Significativa.

A massa seca das raízes (Tabela 8) não se alterou em função dos tratamentos herbicidas, exceto o tratamento com 2,4-D + saflufenacil em 3 DAA, e nota-se que as raízes desse tratamento pesaram 0,6282 gramas a mais em relação ao controle.

Tabela 8. Massa seca das raízes da soja (estágio fenológico R2) semeados 0, 3, 6, e 9 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas.

Tratamentos	Massa seca das raízes (g planta ⁻¹)			
	0 dias	3 dias	6 dias	9 dias
2,4-D + glufosinato sal de amônio	1,22 a	1,09 a	1,42 b	1,26 a
2,4-D + carfentrazona etílica	1,12 a	1,36 a	1,58 b	1,75 a
2,4-D + saflufenacil	1,20 a	1,43 a	1,91 a	1,65 a
2,4-D + flumicloraque pentílico	1,13 a	1,15 a	1,72 b	1,78 a
Controle	1,28 a	1,28 a	1,28 b	1,28 a
QM	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,24 ^{**}	0,26 ^{ns}
CV%	10,96	24,17	18,67	23,50
DMS	0,26	0,62	0,44	0,63

^{**} significativo a 1% de probabilidade, ^{ns} não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si para o teste Dunnett a 5% de significância. CV= Coeficiente de Variação. QM= Quadrado Médio. DMS= Diferença Mínima Significativa.

A análise de regressão sugere que a variação da massa seca da parte aérea em V4, não está associada aos dias de semeadura após a aplicação dos herbicidas (valor- $p > 0,05$).

A análise de regressão (Figura 16) sugere que a variação da massa seca da raiz não está associada aos dias de semeadura após a aplicação dos herbicidas (valor- $p > 0,05$) do tratamento 2,4-D + glufosinato sal de amônio.

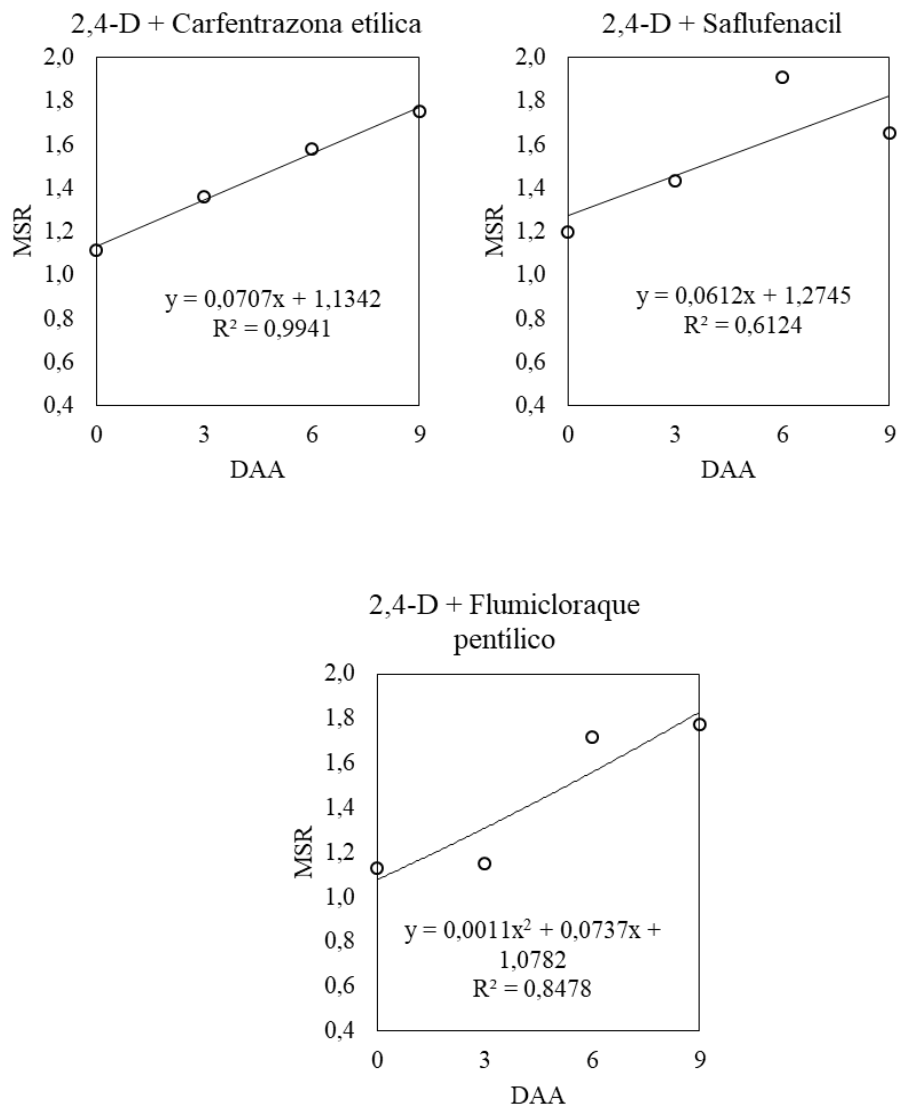


Figura 16. Massa seca da raiz da soja (R2) semeados 0, 3, 6, e 9 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas.

4.1.5 Massa seca e número de nódulos

Avaliando o efeito da interação entre os tratamentos com herbicidas e o DAA na massa seca dos nódulos por planta, observa-se pela Tabela 9 a diminuição da massa seca apenas em 3 DAA quando utilizou-se o tratamento com 2,4-D + flumicloraque pentílico. Já na interação entre os tratamentos com herbicidas e o DAA no número de nódulos, houve a diminuição além do tratamento com 2,4-D + flumicloraque pentílico em 3 DAA o tratamento com 2,4-D + glufosinato sal de amônio em 6 DAA e 9 DAA.

Tabela 9. Massa seca e número de nódulos por planta coletados nas raízes da soja (estágio fenológico R2) semeados 0, 3, 6, e 9 dias após aplicação dos tratamentos herbicidas.

Tratamentos	Massa seca dos nódulos por planta (g planta ⁻¹)				n° de nódulos por planta			
	0 dias	3 dias	6 dias	9 dias	0 dias	3 dias	6 dias	9 dias
2,4-D + glufosinato sal de amônio	0,38 a	0,12a	0,33 a	0,12 a	20,75 a	11,62 a	8,75 b	7,50 b
2,4-D + carfentrazona etílica	0,14 a	0,12 a	0,19 a	0,16 a	20,12 a	14,37 a	15,75 a	13,62 a
2,4-D + saflufenacil	0,19 a	0,19 a	0,30 a	0,18 a	18,62 a	13,87 a	14,62 a	14,50 a
2,4-D + flumicloraque pentílico	0,14 a	0,06 b	0,18 a	0,15 a	14,25 a	4,25 b	16,12 a	14,62 a
Controle	0,19 a	0,20 a	0,17 a	0,20 a	21,50 a	21,50 a	21,50 a	21,50 a
QM	0,004 ^{ns}	0,01 *	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	33,27 ^{ns}	153,28 *	82,67 *	98,67 **
CV%	24,08	50,41	35,42	32,03	28,77	68,90	42,43	44,51
DMS	0,07	0,10	0,12	0,09	10,78	15,94	11,34	10,23

* significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si para o teste Dunnet a 5% de significância. CV= Coeficiente de Variação. QM= Quadrado Médio. DMS= Diferença Mínima Significativa.

A eficiência na assimilação de nitrogênio atmosférico pelas culturas através da simbiose de bactérias fixadoras pode ser prejudicada em função das aplicações de herbicidas conforme descreve vários autores (Arruda *et al.*, 2001; Dvoranen *et al.*, 2008; Guan *et al.*, 2020.).

Os fitohormônios citocinina e auxina bem como seu equilíbrio na planta promovem ou inibem a formação de nódulos na soja (Nizampatnam *et al.*, 2015). Segundo os autores, o microRNA160 orchestra o desenvolvimento adequado de nódulos em soja modulando a ação desses fitohormônios. Considerando que o herbicida 2,4-D possui mecanismo de ação

mimetizador do fitohormônio auxina, sugere-se que a presença do 2,4-D nos tratamentos pode ter influenciado de forma negativa o efeito da interação entre os tratamentos com herbicidas e DAA na massa seca e número de nódulos.

O número de nódulos dos tratamentos com 2,4-D + glufosinato sal de amônio em 6 e 9 DAA pode ter sido prejudicado porque, além da atuação do fitohormônio auxina, conforme descrito acima, a molécula do herbicida Glufosinato ligou-se a enzima glutamina sintetase prejudicando todas as atividades posteriores da enzima (Roman *et al.*, 2005). Naturalmente, as ações das enzimas glutamina e glutamato sintetase convertem o NH_4^+ em aminoácidos, conversão que não acontecerá pela ligação da molécula do Glufosinato a enzima. O NH_4^+ tem capacidade de inibir a fixação de nitrogênio dentro dos bacteroides bem como prejudicar as células vegetais quando em excesso (Fagan *et al.*, 2007).

Arruda *et al.*, (2001) avaliaram o efeito de doses do herbicida sulfentrazone (mesmo mecanismo de ação do Carfentrazone Etilica = Inibidores da Protox) sobre a nodulação e fixação de nitrogênio na soja cultivar BR16, infectada com estirpe de rizóbio SEMIA 5079 e concluiu que há redução da formação dos nódulos bem como a fixação do nitrogênio e os efeitos são acentuados com o aumento das doses do herbicida, mas justifica que ocorreu a diminuição no fornecimento de assimilados da planta para os nódulos.

Ribeiro *et al.*, 2021 investigando os efeitos no desenvolvimento da soja de 11 princípios ativos de herbicidas aplicados em pré-emergência, relata que embora os herbicidas pré-emergentes afetaram levemente o desenvolvimento da soja no início da safra, os impactos no crescimento das plantas, nodulação radicular e fixação simbiótica de N foram insignificantes e quando pulverizados de acordo com as recomendações do fabricante do defensivo, os benefícios dos herbicidas, provavelmente superam qualquer preocupação potencial em relação ao desenvolvimento da soja, nodulação radicular e fixação de N.

A análise de regressão mostrou que a variação número de nódulos e a massa seca dos nódulos não estão associados aos dias de semeadura após a aplicação dos herbicidas (valor-p > 0,05) de todos os tratamentos.

4.2 Produtividade – dados da produção agrícola

Os dados de produtividade da cultivar TMG-4182 coletados do banco de dados da unidade produtora foi maior quando comparado com a cultivar TMG-4377 perante o teste Tukey a 5% de probabilidade (Figura 17). Deve-se considerar que os efeitos de precipitação, temperatura, stand, ciclo e emergência foram retirados via análise de modelo misto.

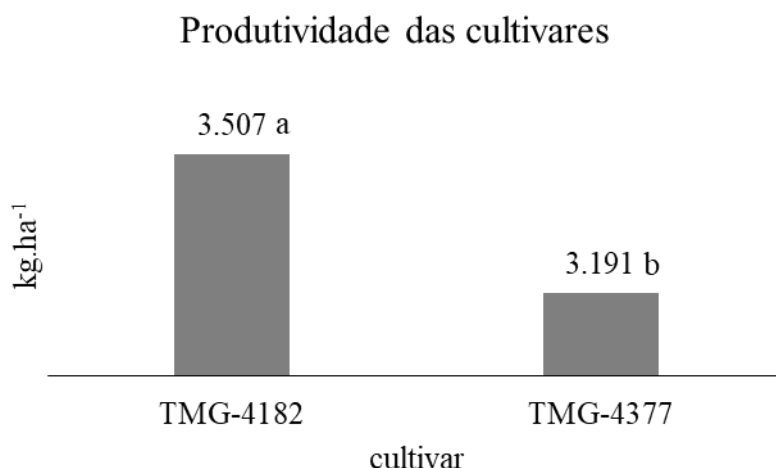


Figura 17. Produtividade das cultivares TMG-4182 e TMG-4377 – aplicação de herbicidas isolados e associados.

Resultado próximo para a cultivar TMG-4377 foi encontrado por Pereira *et al.*, 2021 quando observaram produtividade média da soja TMG-4377 de 3.320 kg.ha⁻¹ em área e 3.511 kg.ha⁻¹ em outra área, dentro de um ciclo de 118 dias no município de Luís Eduardo Magalhães (BA), safra 2020/2021.

Para a cultivar TMG-4182, Reis *et al.*, 2019 observaram produtividade acima de 4.200 kg.ha⁻¹ para o município de Vilhena-RO na safra 2018/2019. Já Brogin *et al.*, 2019

encontraram produtividade mínima de 3.294 kg.ha⁻¹ e máximo 5.256 kg.ha⁻¹ para várias regiões do estado do Mato Grosso na safra 2017/2018.

Quando as produtividades das cultivares TMG-4182 e TMG-4377 foram avaliadas sob a perspectiva das aplicações dos últimos tratamentos herbicidas para destruição dos restos culturais do algodão nos talhões (Figura 18), observa-se que, de forma geral, as produtividades das cultivares de soja foram inferiores quando o herbicida 2,4-D foi aplicado isolado antes das semeaduras da soja.

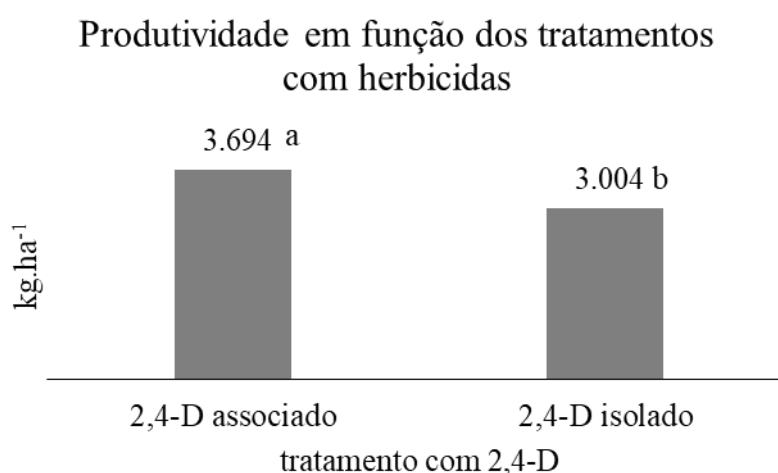


Figura 18. Produtividade das cultivares TMG-4182 e TMG-43 diferenciando os talhões que receberam aplicações antes da semeadura da soja de 2,4-D associado a outro herbicida e 2,4-D isolado para destruição das soqueiras de algodão.

Quando as produtividades das cultivares TMG-4182 e TMG-4377 foram avaliadas sob a perspectiva das aplicações dos últimos tratamentos herbicidas para destruição dos restos culturais do algodão nos talhões da fazenda (Figura 19), observa-se que a cultivar TMG-4182 não variou a produtividade em função da associação ou não de outros herbicidas com o 2,4-D, e que as duas cultivares apresentaram a mesma produtividade quando o 2,4-D foi aplicado associando a outro herbicida, diferente da cultivar TMG-4377 em que se nota produtividade inferior, quando o 2,4-D foi aplicado isolado.

No estado do Mato Grosso na safra de soja 21/22, em alguns talhões as colheitas ocorreram após o ponto de maturidade fisiológica, pois com altos volumes de chuva, houve

dificuldades para entrada de colheitadeiras no campo. Além disso, foram registrados problemas pontuais de podridão no final de ciclo (IMEA Boletim Soja, 2022).

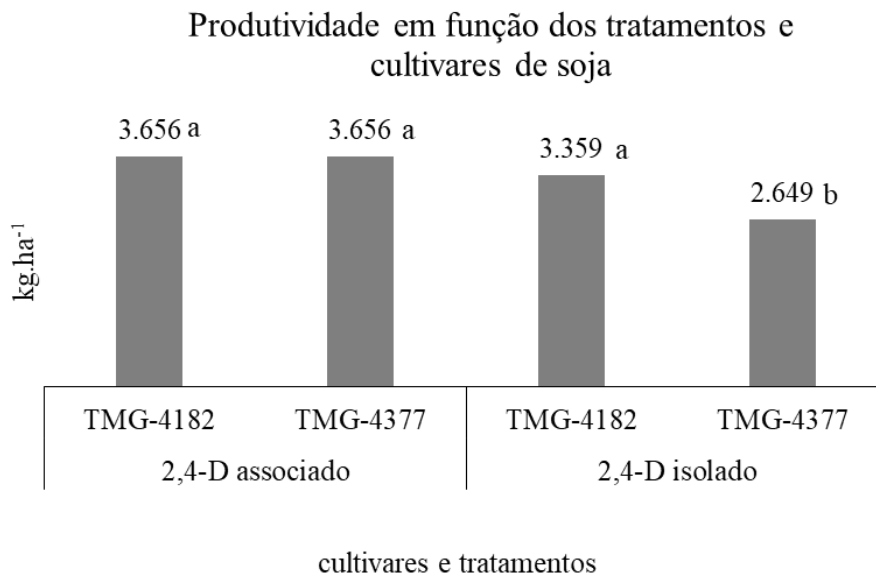


Figura 19. Desmembramento das produtividades das cultivares TMG-4182 e TMG-4377 diferenciando os talhões que receberam aplicações antes da semeadura da soja o 2,4-D associado a outro herbicida e 2,4-D isolado (sozinho) para destruição das soqueiras de algodão.

Apenas os tratamentos com os herbicidas aplicados antes das semeaduras da soja não são capazes de responder a variabilidade da produtividade da cultivar TMG-4377. Deve-se considerar que a cultivar TMG-4182 possui ampla resistência a nematoide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 - raças 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10 e 14) e moderada resistência ao nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus* Godfrey, 1929), condições estas não encontradas na cultivar TMG-4377, sendo ela susceptível para os dois nematoides. Em todos os talhões considerados na análise de produtividade da fazenda há a presença tanto de *H. glycines* quanto de *P. brachyurus* e isso pode justificar a diferença na produtividade entre as cultivares.

A perda de qualidade das sementes/grãos no campo é frequente, principalmente durante a fase de maturação. Segundo França Neto *et al.*, (2016), metodologias voltadas para as

propriedades do tegumento como a impermeabilidade à água, a cor, a presença de epiderme cerosa e as características de seus poros, a semipermeabilidade das paredes das vagens, a resistência a fungos, a tolerância ao enrugamento resultante da exposição da semente a altas temperaturas durante a fase de enchimento de grãos, a presença de elevados índices de isoflavonas nas sementes, e o tamanho da semente podem ser utilizadas com sucesso em programas de melhoramento genético para a avaliação da qualidade das sementes de soja, o que tem propiciado o desenvolvimento de linhagens e cultivares com sementes de melhor qualidade, apresentando maior tolerância à deterioração no campo e no armazém.

Ainda para França Neto *et al.*, 2016 por características genéticas, algumas cultivares de soja são mais suscetíveis e outras não apresentam ruptura do tegumento dos grãos de soja, deixando mais fina a camada do parênquima como proteção dos grãos, sendo que essas rupturas podem deixar os grãos mais propensas à ocorrência de danos por embebição.

5. CONCLUSÃO

Nas condições deste experimento, conclui-se que quando as semeaduras da soja são próximas das aplicações dos herbicidas 2,4-D + carfentrazone etílica e 2,4-D + glufosinato sal de amônio, maiores são as possibilidades de impactar negativamente no número de nódulos.

Teor de clorofila, altura da planta e massa seca da parte aérea e raízes não se alteraram em função das aplicações dos tratamentos com herbicidas.

As produtividades da soja TMG-4182 e TMG-4377 não foram influenciadas em função das aplicações dos herbicidas antes da semeadura para fins de destruição das soqueiras de algodão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrighetti, M. S., G.R. Nachtigall, S.C.N. Queiroz, V.L. Ferracini & M.A.Z. Ayub. 2014.** Biodegradação de glifosato pela microbiota de solos cultivados com macieira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 38: 1643-1653.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). 2022.** Monografias de agrotóxicos. Acesso em 12/06/2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/agrotoxicos/monografias>.
- Agrofit.** Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/>. Acesso em 12/06/2022.
- Arruda, J.S., N.F. Lopes & M.A. Bacarin. 2001.** Nodulação e fixação do nitrogênio em soja tratada com sulfentrazone. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 36: 325-330.
- Awan, H.U., I.U. Awan, M. Mansoor, A.A. Khakwani, M.A. Khan, Ghazanfarullah & B. Khattak. 2012.** Effect of defoliant application at different stages of boll maturity and doses of sulfur on yield and quality of upland cotton. *Sarhad Journal of Agriculture*. 28: 1016-1083.
- Braz, G.B.P., E.R.A. Junior, M. Nicolai, R.F.L. Ovejero, A.L. Cavenaghi, R.S.O. Junior, P.J. Christoffoleti, A.T.A. Pereira, J. Constantin & S.C. Guimarães. 2019.** Mowing Associated to Chemical Control for Glyphosate-Resistant Cotton Stalk Destruction. *Planta Daninha*. 37: 1-13.
- Bromilow, R.H, K. Chamberlain & A.A. Evans. 1990.** Physicochemical aspects of phloem translocation of herbicides. *Weed Sci*. 38: 305-314.
- Brogin, R. L., M.F. Nunes., E.V. Silva, B.S. Lemos, E.U. Ramos Junior, M.M. Utumi, V.P.C. Godinho, F.J.E. Botelho & D.M. Oliveira. 2019.** Avaliação de cultivares de soja Não-GM em unidades demonstrativas no estado de Mato Grosso, na safra 2017/18. In: *Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. Londrina. Embrapa Soja, 169-171p. (Embrapa Soja. Documentos, 413).
- Cecato, G. C., A.V. Souza, F.S. Queimel, J.S. Valle, S.M.S. Gomes & A.D. Lopes. 2017.** Atividade residual e carência irregular do ácido diclorofenoxiacético (2,4D) no desenvolvimento inicial da soja. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama*. 20: 167-171.
- Chiavegato, E. J., D.K. Salvariera & L.C. Gottardo. 2009.** Algodão, p. 33-49. In: Monteiro, J.E.B.A. (Org.). *Agrometeorologia dos cultivos. O fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília, INMET, 530p.

- Coelho, J.D. 2021.** Algodão: Produção e Mercados. Fortaleza, Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste ETENE, 11p. (Caderno Setorial nº 166).
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. 2017.** A Cultura do Algodão: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2006/07 a 2016/17. Compêndio de Estudos CONAB, Brasília, v.8.
- Conab. 2022.** Série histórica das safras: Algodão. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/>. Acesso em: 14 fev.2022.
- Costa, S.R. & M.G. Bueno. 2004.** A saga do algodão: das primeiras lavouras à ação na OMC, Insight Engenharia, 144p.
- Correia, N.M. 2018.** Comportamento dos herbicidas no ambiente- Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 30p.
- Corrêa, M.J.P. & P.L.C.A. Alves. (2010).** Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificada. Ciênc. agrotec., Lavras. 34: 1136-1145.
- Cultivar Web. 2022.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/index.php> : Acesso em: 20/04/2022.
- Dvoranen, E.C., R.S. Oliveira JR., J. Constantin, S.D. Cavalieri, & E. Blainski. 2008.** Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. Planta Daninha, Viçosa-MG. 26: 619-625.
- Fagan, E.B., S.L.P. Medeiros, P.A Manfron, D. Casaroli, J. Simon, D.D. Neto, Q.J. van Lier, O.S. Santos & L. Muller. 2007.** Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja-Revisão. Revista da FZVA. 14: 89-106.
- Ferreira, A.C.B., F.M. Lamas & S.O. Procópio. 2007.** Sintomas de Fitotoxidez de Herbicidas no Algodoeiro. Campina Grande: Embrapa, (Circular Técnica, 109).
- Ferreira, A.C.B., J.C. Bogiani, V. Sofiatti, & J.L.S. Filho. 2018.** Chemical control of stalk regrowth in glyphosate-resistant transgenic cotton. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 22: 530-534.
- França-Neto, J.B., F.C. Krzyzanowski, A.A. Henning, G.P. de Pádua, I. Lorini & F.A. Henning. 2016.** Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Embrapa Soja, Londrina, PR, 84p. (Documentos 380).
- Francischini, A.C., J. Constantin, W.D. Matte, R.S. Oliveira, F.A. Rios, & F.G. Machado. 2019.** Association of mechanical and chemical methods for cotton stalk destruction. Planta daninha. 37: 1-9.

- Francischini, A.C., J. Constantin, W.D. Matte, R.S. Oliveira, R.R Mendes, F.G. Machado & V.F.V. Silva. 2020.** Controle químico associado à roçada de soqueiras do algodoeiro. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba. 6: 15920-15934.
- Francischini, A.C, J. Constantin, W.D. Matte, Jr.R.S. Oliveira, F.G. Machado & F.K. Morota. 2020** Carryover herbicides used in cotton stalk control on the soybean in succession. *Planta Daninha*. 38: 1-12.
- Gonçalves, F.A.R.; C.A.D. Melo, P.C. Queiroz, R.T. Endo, D.V. Silva & M.R. Reis. 2018.** Atividade residual de herbicidas nas culturas do milho e da soja. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*. 61: 1-6.
- Grayson, B.T., J.D. M.R.D. Webb & P.G. Blackman. 1990.** The origins of selectivity and performance of a new pre-emergence bleaching herbicide, WL 110547. Part I: Factors affecting uptake. *Pesticide science*. 28: 123-141.
- Greenberg, S.M., A.N.S. Júnior, J.W.N. Junior, R. Coleman, J.M. Bradford, C. Yang, T.W. Sappington & A. Showler. 2007.** Chemical cotton stalk destruction for maintenance of host-free periods for the control of overwintering boll weevil in tropical and subtropical climates. *Pest Managment Science*. 7: 372-380.
- Grigolli, J.F.J., J.C. Neto, T.S. Izeppi, L.A.D. Souza, D.F. Fraga & A.C. Busoli. 2015.** Infestação de *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae) em rebrota de algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 45: 200-208.
- Guan, X., X. Chen, C.Q.Y. Qian, J. Chen, C. Shao, J. Xie, G. Deng & C. Peng. 2020.** Effects of long-term herbicide application on the crops in soybean-peanut rotations in the red soil upland of Southern China. *Field Crops Research*. 248.
- Imea. 2022.** Relatório de mercado. Soja. Boletim semanal 17/01/22. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado>. Acesso em: 14/03/2022.
- Imea. 2022.** Relatório de Mercado. Algodão. Colheita. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado>. Acesso em: 24/05/2022.
- International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). 2022.** Disponível em: <http://www.iupac.org/home/about.html>. Acesso em: 18/06/2022.
- Izeppi, T.S., J.F.J. Grigolli, L.A. de Souza, D.F. Fraga & A.C. Busoli. 2011.** Rebrota de cultivares de algodoeiro após roçagem e infestação de *Aphis gossypii* (Glover, 1877). In Embrapa Algodão-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso Brasileiro de Algodão, 8. Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão. 249-255p.
- Jean, L.B & P.M.C. Vilela, 2020.** Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso. Cuiabá, IMAmt e Ampa. Revista e ampliada, 463p.
- Lu, P., R.F. Davis & R.C. Kemerait. 2010.** Effect of mowing cotton stalks and preventing plant re-growth on post-harvest reproduction of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*. 42: 96-100.

- Macedo, J. R., J.S. Martins, A.F; Ardhengui, J.S. Sobrinho & D.S. Assis. 1998.** Uso e conservação de solos arenosos sob pastagens em São Gabriel do Oeste, MS: recomendações técnicas. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS. (Circular Técnica, 3).
- Mancuso, M.A.C, & Negrisoli, L. Perim. 2011.** Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). *Revista Brasileira de Herbicidas*. 10: 151-164.
- Maschhoff, J.R.S.E.H. & J.L. Baldwin. 2000.** Effect of ammonium sulfate on the efficacy, absorption, and translocation of glufosinate. *Weed Sci*. 48: 2-6.
- Mendes, I.C., G.M. Chaer, Reis Junior, F.B., D.M.G. Sousa, O.D. Dantas, M.I.L. Oliveira & J.V. Malaquias. 2021.** Tecnologia BioAS: uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 50 p.
- Monquero, P.A., R. Sabbag, I. Orzari, N. Hijano, M. Galvani, V. Dallacosta, V. Krolkowski & A.C. Silva. 2012.** Lixiviação de saflufenacil e residual após períodos de seca. *Planta Daninha, Viçosa*. 30: 415-423.
- Nizampatnam, N.R., S.J. Schreier, S. Damodaran, S. Adhikari & S. Subramanian. 2015.** microRNA160 dictates stage-specific auxin and cytokinin sensitivities and directs soybean nodule development. *The Plant Journal*. 84: 140–153.
- Ogram, A.V., R.E. Jessup, L.T. Ou & P.S.C. Rao. 1989.** Effects of sorption on biological degradation rates of (2,4- dichlorophenoxy) acetic acid in soils. *Applied Environmental Microbiology*. 49: 582-587.
- Oliveira, I.V.D., H.W.L.D. Carvalho, M.A.B. Moreira & S.S. Ribeiro. 2006.** Manejo dos Restos Culturais (soqueira) do Algodoeiro como Ferramenta de Combate às Pragas. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 8p. (Circular Técnica 41).
- Oliveira, J.R., I.J. Rech, J.B.A.C. Junior & S.F. Niveiros. 2012.** Custo ambiental na cultura do algodão: um estudo de caso na região sul de Mato Grosso. *Custos e Agronegócio On line*. 8: 46-69.
- Oliveira, M. F. & A.M. Brighenti. (2011).** Comportamento dos herbicidas no ambiente. Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE).
- Paulilo, M.T.S, A.M. Viana & A.M. Randi. 2015.** Fisiologia Vegetal. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 182p.
- Rayle D.L, Cleland R.E. 1992.** The acid growth theory of auxin-induced cell elongation is alive and well. *Plant Physiol*. 99: 1271-1274.
- Reis, J.S., R.L. Brogin, V.P..C. Godinho, M.M. Utumi, F.J.E. Botelho & D.M. Oliveira. 2019.** Performance de cultivares de soja semeadas em Vilhena-RO, na safra 2018/19 Anais do X Encontro de Iniciação a Pesquisa da Embrapa Rondônia e V Encontro de Pós-Graduação.

- Ribeiro, E.B., M.A. Castellani, C.A.D.D. Silva, T.L. Melo, G.D.S. Silva, W.S.D. Vale & A.S. Santos. 2015.** Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 50: 993-998.
- Ribeiro, V.H.V., L.G.S. Maia, N.J. Arneson, M.C. Oliveira, H.W. Read, J.M. Ané, J.B. Santos & R. Werle. 2021.** Influence of PRE-emergence herbicides on soybean development, root nodulation and symbiotic nitrogen fixation. *Crop Protection*. 144.
- Roman, E. S., L. Vargas, M. A. Rizzardi, L. Hall, H. Beckie & T.M. Wolf. 2005.** Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação. Passo Fundo. Editora Berthier, 152p.
- Rosa, D.B., R.R. Sousa, L.G. Toledo, D.Q. Topanotti, L.A. Nascimento & J.A. Nascimento. 2007.** A distribuição espacial das chuvas na porção centro oeste do estado de Mato Grosso-Brasil. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros*. 1: 127-152.
- Santos, J. B., A.A. Silva, L.R. Ferreira, S.O. Procópio & F.R. Pires. 2007.** Fitorremediação de áreas contaminadas por herbicidas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 367 p
- SBCPD. 1995.** Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. Londrina. 42p.
- Silva A.A, F.A. Ferreira & L.R. Ferreira LR. 2007.** Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: Silva AA, Silva JF, editores. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 83-148p.
- Silva, D.R.O., E.D.N. Silva, A.C.M. Aguiar, B.D. Novello, A.A.A. Silva & C.J. Basso. 2018.** Drift of 2,4-D and dicamba applied to soybean at vegetative and reproductive growth stage. *Ciência Rural*, Santa Maria.48: 1-8.
- Silva, F.M.L., S.D. Cavalieri, A.R.S. José, S.M. Ulloa & E.D. Velini. 2011.** Atividade residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. *Revista Brasileira de Herbicidas*. 10: 29-36.
- Silva, J.R.O. J.N.R. Marques. C.V.C. Godoy. L.B. Batista, A.A. Silva & C.P. Ronchi. 2019.** 2,4-D hormesis effect on soybean. *Planta Daninha*. 37: 1-10.
- Silva, O.R.R.F., A.C.B. Ferreira, F.M. Lamas, R.G. Fonseca, N.E.M & Beltrão, E. M. 2006.** Destruição de restos culturais, colheita e beneficiamento do algodoeiro. Campina Grande, Embrapa Algodão, 18p. (Circular Técnica 99).
- Sofiatti, V., O.R.R.F. Silva, E.R.A. Junior & A.C.D. Barcellos. 2015.** Destruição dos Restos Culturais do Algodoeiro. Campina Grande, Embrapa Algodão, 20p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 96).
- Spera, S.T., G.K. Donagemma, J.H.M. Viana, M.R. Coelho, C.A.S. Magalhães, J.B.P.L. Sobrinho & G.N. Torres. 2019.** Solos de textura leve no Mato Grosso: desafios na agropecuária, p 52-60. In: Farias-Neto, A.L., A.F. Nascimento, A.L. Rossoni, C.A.S. Magalhães, D.R. Ituassú, E.S.S. Hoogerheide, F.S. Ikeda, F.F. Junior, G.R. Faria, I. Isernhagen, L.G. Vendrusculo, M.M. Morales & R.A. Carnevalli. Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras

contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. Brasília, EMBRAPA, 825p.

- Takano H.K., R. Beffa, C. Preston, P. Westra & F.E. Dayan. 2020.** Glufosinate enhances the activity of protoporphyrinogen oxidase inhibitors. *Weed Sci.* 68: 324–332
- Takano, H.K., R. Beffa, C. Preston, P. Westra & F.E. Dayan. 2020.** Physiological Factors Affecting Uptake and Translocation of Glufosinate. *J. Agric. Food Chem.* 68: 3026-3032
- Tavares, C.J., L.S. Pereira, A.C.F. Araújo, D.A. Martins & A. Jakelaitis. 2017.** Crescimento inicial de plantas de feijão após aplicação de 2,4-D. *Pesquisa Florestal Brasileira. Brazilian Journal of Forestry Research.* 37: 81-87.
- Timossi, P.C., A.M. Gazarini, B.B.T. Queiroz, D.C. Gonçalves, D.P. Almeida, R.O.B. Araújo & I.R. Teixeira. 2020.** Efeito residual de herbicidas auxínicos em soja. *Revista Brasileira de Herbicidas.* 19: 1-7.
- Valente, T.D.O., E.T. Rodrigues, & M.A. Cavazzana. 2000.** Efeito de diferentes doses de 2, 4-D, aplicado como dessecante em vários intervalos antes da semeadura direta da soja, para manejo em ambiente de cerrados. *Revista Brasileira de Herbicidas,* 1: 185-190.
- You W. & A.V. Barker. 2002.** Herbicidal Actions of Root-Applied Glufosinate Ammonium on Tomato Plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 127: 200-204.
- Wells, R. 2002.** Stem and root carbohydrate dynamics of two cotton cultivars bred fifty years apart. *Agron J.* 94: 876-882.