

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

BARTOLOMEU SILVA DE SOUSA JÚNIOR

**INTERAÇÃO DE BORO NA CALDA DE HERBICIDAS EM PRÉ-
EMERGÊNCIA**

Rio Largo – AL
2025

BARTOLOMEU SILVA DE SOUSA JÚNIOR

INTERAÇÃO DE BORO NA CALDA DE HERBICIDAS EM PRÉ-EMERGÊNCIA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza



Documento assinado digitalmente
RENAN CANTALICE DE SOUZA
Data: 25/07/2025 11:38:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza
Orientador

Rio Largo – AL
2025

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA Bibliotecário
Responsável: Erisson Rodrigues de Santana
CRB - 1512

S725i Sousa Júnior, Bartolomeu Silva de.

Interação de boro na calda de herbicidas em pré-emergência. / Bartolomeu Silva de Sousa Júnior. – 2025.

104 f.: il.

Orientador: Renan Cantalice de Souza.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós- Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui Bibliografia

1. Controle químico. 2. Micronutriente. 3. Combinação.

CDU:632.9

FOLHA DE APROVAÇÃO

BARTOLOMEU SILVA DE SOUSA JÚNIOR

MATRÍCULA: 2023109580

INTERAÇÃO DE BORO NA CALDA DE HERBICIDAS EM PRÉ-EMERGÊNCIA

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em 17 de julho de 2025, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Produção Vegetal” do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

Aprovado em: 17 de julho de 2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 RENAN CANTALICE DE SOUZA
Data: 01/09/2025 11:50:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador: Prof. Dr. Renan Cantalice de Souza
(CECA/UFAL)

Documento assinado digitalmente
 JORGE LUIZ XAVIER LINS CUNHA
Data: 24/07/2025 05:28:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador Interno: Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha
(CECA/UFAL)

Documento assinado digitalmente
 HERMESON DOS SANTOS VITORINO
Data: 25/08/2025 09:01:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinador Externo: Prof. Dr. Hermeson dos Santos Vitorino
(Campus Picos/UESPI)

A Jesus Cristo, por toda resiliência e sabedoria concedidas.

Á Maria Santíssima e São Miguel Arcanjo por vossas interseções.

Aos meus pais:

Bartolomeu Silva de Sousa e Maria Conceição Batista Santos de Sousa.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof.^o Dr.^o Renan Cantalice de Souza pela amizade, confiança, experiências proporcionadas e conhecimentos compartilhados.

A Universidade Federal de Alagoas (UFAL), ao Campus de Engenharia e Ciências Agrárias e ao Laboratório de Tecnologia da Produção (LATEP).

Aos amigos, Ana Rosa, Franzone Farias, Natália Malta, Rafaela Ferreira e Gabriela Castelo, pessoas imprescindíveis na realização dessa pesquisa.

Muito obrigado!

RESUMO

O controle de plantas daninhas é imprescindível para a alta produtividade agrícola, uma das técnicas utilizadas é a mistura em tanque, onde a colocação dos produtos, acontece momentos antes da aplicação, trazendo consigo possíveis problemas de compatibilidade físico-química. Por conseguinte, o trabalho objetivou avaliar o controle de plantas daninhas em função da presença de adubos com fonte de boro em mistura com herbicidas pré-emergentes. Desta forma, foi realizado ensaio em casa de vegetação do Laboratório de tecnologia da produção, no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias CECA/UFAL, em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e arranjo estatístico fatorial de acordo com o mecanismo de ação, constituído de quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por herbicidas isolados e uma mistura formulada, em dose comercial, fazendo o uso dos seguintes mecanismos de ação: ALS: Diclosulam, Imazapique e Metsulfuron-metlico; Protox: Oxifluorfem, Sulfentrazone e Flumioxazina; FSII: Amicarbazona, Hexazinona e Tebutiuron; Crescimento inicial: Piroxasulfona e S-metolacolor; Biossíntese de Carotenoides: Clomazona e Isoxaflutole; Biossíntese de Carotenoides+Celulose: Isoxaflutole+Indaziflam. As espécies de plantas daninhas utilizadas foram: *Ipomoea hederifolia*, *Euphorbia hysopifolia*, *Digitaria* spp. e *Megathyrus maximus*. Todos os tratamentos foram administrados em pré-emergência, isolados e em mistura, com boro (B), fazendo uso de quatro fontes. Avaliou-se as variáveis da calda antes da aplicação: Potencial hidrogeniônico (pH) das caldas, isolada e em mistura; Solubilidade da calda, imediatamente após a mistura, com 1, 5, 10 e 30 min, por meio do Teste da Jarra. Após aplicação, foi realizado Teste do Sinal. As variáveis de eficácia: % Controle visual por espécie de planta daninha aos 15, 30 e 45 dias após a aplicação (DAA) e % Massa seca. Os resultados encontrados exibem a possibilidade da realização da aplicação de B na calda de herbicidas pré-emergentes, em mistura de tanque, no controle das espécies-alvo trabalhadas, 45 DAA.

Palavras-chave: Combinação; micronutriente; controle químico.

ABSTRACT

Weed control is essential for high agricultural productivity. One of the techniques used is tank mixing, where the products are applied just before application, potentially posing physical and chemical compatibility issues. Therefore, this study aimed to evaluate weed control when using boron-based fertilizers mixed with pre-emergent herbicides. Therefore, a completely randomized design (CRD) and factorial statistical arrangement based on the mechanism of action were used in a greenhouse at the Production Technology Laboratory on the CECA/UFAL Campus of Agricultural Sciences and Engineering. The experiment consisted of four replicates and a commercially formulated mixture of herbicides, each with the following mechanisms of action: ALS: Diclosulam, Imazapique, and Metsulfuron-methyl; Protox: Oxifluorfen, Sulfentrazone, and Flumioxazine; PSII: Amicarbazone, Hexazinone, and Tebuthiuron; Initial growth: Pyroxasulfone and S-metolachlor; Carotenoid biosynthesis: Clomazone and isoxaflutole; Carotenoid+cellulose biosynthesis: Isoxaflutole+indaziflam. The weed species used were: *Ipomoea hederifolia*, *Euphorbia hyssopifolia*, *Digitaria* spp., and *Megathyrus maximus*. All treatments were administered pre-emergence, isolated and mixed, with boron (B), using four sources. The following spray variables were evaluated before application: Hydrogen potential (pH) of the sprays, isolated and mixed; Spray solubility, immediately after mixing, at 1, 5, 10, and 30 min, using the Jar Test. After application, the Signal Test was performed. The efficacy variables: % Visual control by weed species at 15, 30, and 45 days after application (DAA) and % Dry mass. The results found demonstrate the possibility of applying B in the pre-emergent herbicide spray, in tank mix, to control the target species worked, 45 DAA.

Keywords: Combination; micronutrient; chemical control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fontes de boro utilizadas no ensaio: FB1 (7,56% de B) - POLLI BOR6®(A), FB2 (15,4% de B) - XBOR® (B), FB3 (15,4% de B) - SOLLUS BOR® (C) e FB4 (17% de B) - Ácido bórico (D). Doses das fontes de boro, respectivamente: 302,4; 308; 308 e 306 g i.a. ha ¹	30
Figuras 2. PHmetro de bolso (A) e soluções calibradoras de pH 4 e 7 utilizadas para aferição (B).....	31
Figura 3. Quadrante de identificação das espécies de plantas daninhas semeadas no ensaio.....	31
Figura 4. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor da ALS, isolados e com quatro fontes de B.....	34
Figura 5. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor da biossíntese de carotenoides, isolados e com quatro fontes de B.....	43
Figura 6. Valores de pH do herbicida do mecanismo inibidor da biossíntese de carotenoides+celulose, isolados e com quatro fontes de B.....	43
Figura 7. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor do crescimento inicial, isolados e com quatro fontes de B.....	52
Figura 8. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor do FSII, isolados e com quatro fontes de B.....	58
Figura 9. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor do PROTOX, isolados e com quatro fontes de B.....	65
Figura 10. Teste da jarra, 30 MAA, para os herbicidas inibidores da ALS: diclosulam (A1 e A2); diclosulam+FB1 (B1 e B2); diclosulam+FB2 (C1 e C2); diclosulam+FB3 (D1 e D2); diclosulam+FB4 (E1 e E2); imazapique (F1 e F2); imazapique+FB1 (G1 e G2); imazapique+FB2 (H1 e H2); imazapique+FB3 (I1 e I2); imazapique+FB4 (J1 e J2); metsulfuron-metílico (K1 e K2); metsulfuron-metílico+FB1 (L1 e L2); metsulfuron-metílico+FB2 (M1 e M2); metsulfuron-metílico+FB3 (N1 e N2); metsulfuron-metílico+FB4 (O1 e O2).....	85
Figura 11. Presença ou não de resíduos após teste do sinal dos herbicidas inibidores da ALS: diclosulam (a); diclosulam+FB1 (b); diclosulam+FB2 (c); diclosulam+FB3 (d); diclosulam+FB4 (e); imazapique (F); imazapique+FB1 (G); imazapique+FB2 (H); imazapique+FB3 (I); imazapique+FB4 (J); metsulfuron-metílico (K); metsulfuron-	

metílico+FB1 (L); metsulfuron-metílico+FB2 (M); metsulfuron-metílico+FB3 (N);
metsulfuron-metílico+FB4 (O).....88

Figura 12. Teste da jarra, 30 MAA, para os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides: clomazona (A); clomazona+FB1 (B); clomazona+FB2 (C); clomazona+FB3 (D); clomazona+FB4 (E); isoxaflutole (F); isoxaflutole+FB1 (G); isoxaflutole+FB2 (H); isoxaflutole+FB3 (I); isoxaflutole+FB4 (J).....90

Figura 13. Teste da jarra, 30 MAA, para herbicida inibidor da biossíntese de carotenoides+celulose: Provence total (A1 e A2); Provence total +FB1 (B1 e B2); Provence total+FB2 (C1 e C2); Provence total+FB3 (D1 e D2); Provence total+FB4 (E1 e E2).....91

Figura 14. Presença ou não de resíduos após teste do sinal dos herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides: clomazona (A); clomazona+FB1 (B); clomazona+FB2 (C); clomazona+FB3 (D); clomazona+FB4 (E); isoxaflutole (F); isoxaflutole+FB1 (G); isoxaflutole+FB2 (H); isoxaflutole+FB3 (I); isoxaflutole+FB4 (J); Provence total (K); Provence total +FB1 (L); Provence total+FB2 (M); Provence total+FB3 (N); Provence total+FB4 (O).....92

Figura 15. Presença ou não de resíduos após teste do sinal dos herbicidas inibidores do crescimento inicial: piroxasulfona (A); piroxasulfona+FB1 (B); piroxasulfona+FB2 (C); piroxasulfona+FB3 (D1 e D2); piroxasulfona+FB4 (E1 e E2); s-metolachlor (F); s-metolachlor+FB1 (G); s-metolachlor+FB2 (H); s-metolachlor+FB3 (I); s-metolachlor+FB4 (J).....94

Figura 16. Teste da jarra, 30 MAA, para os herbicidas inibidores do FSII: amicarbazona (A1 e A2); amicarbazona+FB1 (B1 e B2); amicarbazona+FB2 (C1 e C2); amicarbazona+FB3 (D1 e D2); amicarbazona+FB4 (E1 e E2); hexazinona (F); hexazinona+FB1 (G); hexazinona+FB2 (H); hexazinona+FB3 (I); hexazinona+FB4 (J1 e J2); tebutiuron (K); tebutiuron+FB1 (L); tebutiuron+FB2 (M); tebutiuron+FB3 (N); tebutiuron+FB4 (O1 e O2).....95

Figura 17. Presença ou não de resíduos após teste do sinal dos herbicidas inibidores do FSII: amicarbazona (A1 e A2); amicarbazona+FB1 (B); amicarbazona+FB2 (C1 e C2); amicarbazona+FB3 (D); amicarbazona+FB4 (E1 e E2); hexazinona (F); hexazinona+FB1 (G); hexazinona+FB2 (H); hexazinona+FB3 (I); hexazinona+FB4 (J1 e J2); tebutiuron (K); tebutiuron+FB1 (L1 e L2); tebutiuron+FB2 (M); tebutiuron+FB3 (N); tebutiuron+FB4 (O).....97

Figura 18. Teste da jarra, 30 MAA, para os herbicidas inibidores da PROTOX: flumioxazina (A); flumioxazina+FB1 (B); flumioxazina+FB2 (C); flumioxazina+FB3 (D);

flumioxazina+FB4 (E); oxifluorfem (F); oxifluorfem+FB1 (G); oxifluorfem+FB2 (H); oxifluorfem+FB3 (I); oxifluorfem+FB4 (J); sulfentrazona (K); sulfentrazona+FB1 (L); sulfentrazona+FB2 (M); sulfentrazona+FB3 (N); sulfentrazona+FB4 (O).....99

Figura 19. Presença ou não de resíduos após teste do sinal para herbicidas inibidores da PROTOX: flumioxazina (A); flumioxazina+FB1 (B); flumioxazina+FB2 (C); flumioxazina+FB3 (D); flumioxazina+FB4 (E); oxifluorfem (F); oxifluorfem+FB1 (G); oxifluorfem+FB2 (H); oxifluorfem+FB3 (I); oxifluorfem+FB4 (J); sulfentrazona (K); sulfentrazona+FB1 (L); sulfentrazona+FB2 (M); sulfentrazona+FB3 (N); sulfentrazona+FB4 (O).....100

Figura 20. Percentual controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidor da ALS: diclosulam (A); diclosulam+FB1 (B); diclosulam+FB2 (C); diclosulam+FB3 (D); diclosulam+FB4 (E); imazapique (F); imazapique +FB1 (G); imazapique+FB2 (H); imazapique+FB3 (I); imazapique+FB4 (J); metsulfuron-metílico (K); metsulfuron-metílico+FB1 (L); metsulfuron-metílico+FB2 (M); metsulfuron-metílico+FB3 (N); metsulfuron-metílico+FB4 (O).....102

Figura 21. Percentual controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidores da síntese de carotenoides: clomazona (A); clomazona+FB1 (B); clomazona+FB2 (C); clomazona+FB3 (D); clomazona+FB4 (E); isoxaflutole (F); isoxaflutole+FB1 (G); isoxaflutole+FB2 (H); isoxaflutole+FB3 (I); isoxaflutole+FB4 (J).....103

Figura 22. Percentual controle visual, aos 45 DAA, do herbicida inibidor da síntese carotenoides+celulose: Provence total (A); Provence total +FB1 (B); Provence total+FB2 (C); Provence total+FB3 (D); Provence total+FB4 (E).....103

Figura 23. Percentual controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidores do crescimento inicial: piroxasulfona (A); piroxasulfona+FB1 (B); piroxasulfona+FB2 (C); piroxasulfona+FB3 (D); piroxasulfona+FB4 (E); s-metolachlor (F); s-metolachlor+FB1 (G); s-metolachlor+FB2 (H); s-metolachlor+FB3 (I); s-metolachlor+FB4 (J).....104

Figura 24. Percentual controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidores do FSII: amicarbazona (A); amicarbazona+FB1 (B); amicarbazona+FB2 (C); amicarbazona+FB3 (D); amicarbazona+FB4 (E); hexazinona (F); hexazinona+FB1 (G); hexazinona+FB2 (H); hexazinona+FB3 (I); hexazinona+FB4 (J); tebutiuron (K); tebutiuron+FB1 (L); tebutiuron+FB2 (M); tebutiuron+FB3 (N); tebutiuron+FB4 (O).....105

Figura 25. Percentual controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidores da PROTOX: flumioxazina (A); flumioxazina+FB1 (B); flumioxazina+FB2 (C); flumioxazina+FB3 (D);

flumioxazina+FB4 (E); oxifluorfem (F); oxifluorfem+FB1 (G); oxifluorfem+FB2 (H);
oxifluorfem+FB3 (I); oxifluorfem+FB4 (J); sulfentrazona (K); sulfentrazona+FB1 (L);
sulfentrazona+FB2 (M); sulfentrazona+FB3 (N); sulfentrazona+FB4 (O).....106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação entre pH e pKa para herbicidas ácidos.....	25
Tabela 2. Relação entre pH e pKa para herbicida básico.....	25
Tabela 3. Informações técnicas dos herbicidas utilizados.....	29
Tabela 4. Disposição dos experimentos de acordo com o mecanismo de ação e o delineamento e/ou arranjo estatístico empregado.....	30
Tabela 5. Estabilidade entre mistura de produtos agrícolas.....	31
Tabela 6. Escala visual de controle.....	32
Tabela 7. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor da ALS, na ausência e presença de quatro fontes de B.....	35
Tabela 8. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.....	35
Tabela 9. Percentual de controle visual de <i>I. hederifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.....	36
Tabela 10. Percentual de controle visual de <i>E. hyssopifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.....	37
Tabela 11. Percentual de controle visual de <i>Digitaria</i> spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.....	39
Tabela 12. Percentual de controle visual de <i>M. maximus</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.....	40
Tabela 13. Massa seca relativa de <i>I. hederifolia</i> e <i>E. hyssopifolia</i> quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.....	41
Tabela 14. Massa seca relativa de <i>Digitaria</i> spp. e <i>M. maximus</i> quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.....	42
Tabela 15. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor da biossíntese de carotenoides, na ausência e presença de quatro fontes de B.....	44
Tabela 16. Notas de solubilidade referentes as caldas do herbicida do mecanismo inibidor da biossíntese de carotenoides e celulose, na ausência e presença de quatro fontes de B.....	44
Tabela 17. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda quando utilizados os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides e carotenoides+celulose.....	45

Tabela 18. Percentual de controle visual de <i>I. hederifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.....	45
Tabela 19. Percentual de controle visual de <i>E. hyssopifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.....	46
Tabela 20. Percentual de controle visual de <i>Digitaria</i> spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.....	47
Tabela 21. Percentual de controle visual de <i>M. maximus</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.....	48
Tabela 22. Percentual de controle visual de <i>I. hederifolia</i> , <i>E. hyssopifolia</i> , <i>Digitaria</i> spp. e <i>M. maximus</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado o herbicida inibidor da biossíntese de carotenoides e celulose.....	49
Tabela 23. Massa seca relativa de <i>I. hederifolia</i> e <i>E. hyssopifolia</i> quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.....	50
Tabela 24. Massa seca relativa de <i>Digitaria</i> spp. e <i>M. maximus</i> quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.....	51
Tabela 25. Massa seca relativa de <i>I. hederifolia</i> , <i>E. hyssopifolia</i> , <i>Digitaria</i> spp. e <i>M. maximus</i> quando utilizado o herbicida inibidor da biossíntese de carotenoides e celulose.....	51
Tabela 26. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor do crescimento inicial, na ausência e presença de quatro fontes de B.....	52
Tabela 27. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda, quando utilizados os herbicidas inibidores do crescimento inicial.....	53
Tabela 28. Percentual de controle visual de <i>I. hederifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do crescimento inicial.....	53
Tabela 29. Percentual de controle visual de <i>E. hyssopifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do crescimento inicial.....	54
Tabela 30. Percentual de controle visual de <i>Digitaria</i> spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do crescimento inicial.....	55
Tabela 31. Percentual de controle visual de <i>M. maximus</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do crescimento inicial.....	56
Tabela 32. Massa seca relativa de <i>I. hederifolia</i> , <i>E. hyssopifolia</i> , <i>Digitaria</i> spp. e <i>M. maximus</i> quando utilizados os herbicidas inibidores do crescimento inicial.....	57
Tabela 33. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor do FSII, na ausência e presença de quatro fontes de B.....	58

Tabela 34. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.....	59
Tabela 35. Percentual de controle visual de <i>I. hederifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.....	59
Tabela 36. Percentual de controle visual de <i>E. hyssopifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.....	61
Tabela 37. Percentual de controle visual de <i>Digitaria</i> spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.....	62
Tabela 38. Percentual de controle visual de <i>M. maximus</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.....	63
Tabela 39. Massa seca relativa de <i>I. hederifolia</i> , <i>E. hyssopifolia</i> , <i>Digitaria</i> spp. e <i>M. maximus</i> quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.....	64
Tabela 40. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor do PROTOX, na ausência e presença de quatro fontes de B.....	66
Tabela 41. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.....	67
Tabela 42. Percentual de controle visual de <i>I. hederifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.....	68
Tabela 43. Percentual de controle visual de <i>E. hyssopifolia</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.....	69
Tabela 44. Percentual de controle visual de <i>Digitaria</i> spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.....	70
Tabela 45. Percentual de controle visual de <i>M. maximus</i> , aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.....	71
Tabela 46. Massa seca relativa de <i>I. hederifolia</i> , <i>E. hyssopifolia</i> , <i>Digitaria</i> spp. e <i>M. maximus</i> quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.....	72

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ALS	Acetolactato sintase
B	Boro
C	Carbono
°C	Graus celsius
cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de carbono
CS	Suspensão encapsulada
CV	Coefficiente de variação
DAA	Dias após a aplicação
EC	Concentrado emulsionável
FB1	Fonte de boro 1
FB2	Fonte de boro 2
FB3	Fonte de boro 3
FB4	Fonte de boro 4
FSII	Fotossistema II
g	Gramas
ha ⁻¹	Hectare (10.000 m ²)
kg	Quilograma
kPa	Quilopascal
L	Litros
m	Metros
MAA	Minutos após a agitação
mg	Miligrama
ml	Mililitro
ppm	Partes por milhão
PROTOX	Protoporfirinogênio Oxidase
Quant.	Quantidade
®	Registro (marca registrada)
S	Sul
SC	Suspensão concentrada
W	Oeste
WG	Grânulos dispersíveis em água

%

Porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Mistura em tanque	22
2.2 Compatibilidade físico-química	23
2.3 Solubilidade e interação do boro com herbicidas	23
2.4 pH e pKa	25
2.5 Mecanismos de ação	26
2.5.1 Inibidor da ALS	26
2.5.2 Inibidor da síntese de carotenoides e inibidor da celulose.....	26
2.5.3 Inibidor do crescimento inicial	27
2.5.4 Inibidor do FSII	27
2.5.5 Inibidor da PROTOX.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Inibidor da ALS	34
4.1.1 Valores de pH	34
4.1.2 Teste da jarra.....	35
4.1.3 Teste do sinal	35
4.1.4 Percentual de controle visual	36
4.1.5 Massa seca relativa	41
4.2 Inibidor da biossíntese de carotenoides e inibidor da celulose	42
4.2.1 Valores de pH	42
4.2.2 Teste da jarra.....	44
4.2.3 Teste do sinal	45
4.2.4 Percentual de controle visual	45
4.2.5 Massa seca relativa	50
4.3 Inibidor do crescimento inicial	51
4.3.1 Valores de pH	52
4.3.2 Teste da jarra.....	52
4.3.3 Teste do sinal	53
4.3.4 Percentual de controle visual	53
4.3.5 Massa seca relativa	56
4.4 Inibidor do FSII	57
4.4.1 Valores de pH	57
4.4.2 Teste da jarra.....	58

4.4.3 Teste do sinal	59
4.4.4 Percentual de controle visual	59
4.4.5 Massa seca relativa	64
4.5 Inibidor da PROTOX	65
4.5.1 Valores de pH	65
4.5.2 Teste da jarra.....	66
4.5.3 Teste do sinal	67
4.5.4 Percentual de controle visual	67
4.5.5 Massa seca relativa	72
5. CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE	84

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas mostram-se como um fator de grande impacto na limitação da produção das cadeias agrícolas, em virtude de eventualidades ocasionadas por elas (Pitelli, 1987; Vasconcelos *et al.*, 2012). As plantas indesejadas dispõem de uma marcante peculiaridade, sua produção grande de sementes e a facilidade de serem dispersadas, contribuindo para o acúmulo delas, no solo, e desta maneira, facilitando a continuação dessas espécies. O poder de multiplicação, passa também pela produção que ocorre não só em ambientes agradáveis, mas também em áreas desequilibradas (Lacerda, 2003).

O evento que corrobora para a alta reincidência da infestação do mato, em área cultivada, é o banco de sementes (Diniz *et al.*, 2017), cujo se define como uma forma de reserva das sementes, viáveis, das plantas daninhas, potencializando a probabilidade de uma nova infestação, nas culturas de interesse (Radosevich *et al.*, 2007).

Uma outra forma de prejuízo a cultura de importância econômica é o déficit de nutrição. Os micronutrientes são requeridos em menor porcentagem dentro da planta, mas em contrapartida, sua ausência causa sérios problemas ao sistema. A exemplo do Boro (B), que quando disposto em quantidades abaixo das exigidas, pode ocasionar morte dos tecidos mais jovens, muito por conta da sua baixa mobilidade (Epstein e Bloom, 2006).

O B detém por característica sua essencialidade para o crescimento e desenvolvimento das plantas, cujo enfatiza a constituição das novas raízes, além de ter sua atuação ligada à divisão das paredes celulares e a contribuição para aumentar a resistência aos problemas que as plantas possam vir a enfrentar (Shelp, 1993). A exigência do micronutriente de cada espécie, passa por um intervalo muito tênue, que permeia o apropriado e o que vai causar toxicidade, conforme isto, a dose que será administrada, deve ser bem embasada. Dentre outros fatores determinantes, está a fonte que virá a ser usada, pois há uma diferença de solubilidade, a depender a fonte utilizada, podendo, então, intensificar as perdas por lixiviação, do fertilizante, no local aplicado (Trautmann *et al.*, 2014).

A distribuição de B, realiza-se tanto por meio do solo, como também pelas folhas (Asad *et al.*, 2003). Entre as possíveis fontes do micronutriente que podem ser fornecidas as plantas, estão o bórax e o ácido bórico. Encontrado em forma de cristais, o ácido bórico, detém entre 17 e 18% de B, expressando alta solubilidade em meio aquoso e uma reatividade baixa, no solo, por conseguinte, torna-se altamente passível a sofrer lixiviação. O bórax corresponde ao borato de sódio, contendo 11% de B (Byers *et al.*, 2001).

O uso de herbicidas, em associação, demonstra-nos o aumento das espécies que podem ser controladas, muito disso passando pelo efeito sinérgico que é proporcionado pela combinação de certas moléculas. A mistura, então, reverbera a prevenção contra a resistência de algumas espécies de plantas daninhas aos produtos em sua forma isolada (Constantin *et al.*, 2000). Mediante à estratégia de combinar diferentes moléculas, advêm a técnica da mistura em tanque, que consiste na mistura dos produtos a serem aplicados, momentos antes da aplicação, no equipamento ao qual será utilizado. Esta, por sua vez, mostra-se uma das formas mais eficientes a disposição, em grandes cultivos (Azevedo, 2015).

A condução do micronutriente adicionado a calda de aplicação de herbicidas, exemplificado pelo glifosato, demonstra vantagem, por corroborar a distribuição uniforme do B, no solo, enfatizando a eficiência do fornecimento a lavoura. Outrossim, o controle do mato, de modo eficiente (Brighenti *et al.*, 2006).

Posto isto, o presente projeto intenciona avaliar a eficácia da mistura de herbicidas pré-emergentes, em tanque, com diferentes fontes de boro e de forma isolada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mistura em tanque

A técnica da mistura em tanque ocorre imediatamente antes da aplicação e dá-se por meio da combinação de dois ou mais produtos, diretamente no tanque, cujo será usado na aplicação. Esse método carrega o intuito de reduzir a quantidade de combustível utilizado e de hora-máquina, concomitantemente, decresce custos voltados para a produção. As associações são capazes de exibir vantagens quando comparadas ao uso exclusivo de um composto, em virtude da sua eficiência que fora aumentada, para combater seus alvos e o volume aplicado que sofre uma abreviação. Ademais, esse procedimento serve como uma precaução, quanto a resistência que pode ser criada pelas plantas daninhas a respeito dos herbicidas utilizados de forma isolada. (Gazziero, 2015; Barroso e Murata, 2021).

A utilização de misturas de herbicidas vem apresentando o crescimento do espectro de ação, além de ter se revelada mais eficiente, em certos aspectos, em função da sinergia. Acredita-se que a utilização das moléculas de herbicidas, em mistura, previne a resistência das daninhas aos herbicidas (Constantin *et al.*, 2000).

O novo composto gerado, após a mistura, tem consigo a possibilidade de conceber efeitos distintos: sinérgicos, aditivos e antagônicos. O primeiro trata-se da potencialização do efeito conjunto, em comparação ao isolado, o segundo propicia, seja, em mistura ou separados, igualdade de efeito e o terceiro ocasiona efeitos menores que quando empregados independentemente. Precedentes acerca de inúmeras misturas indicando efeitos sinérgicos foram aludidas. Dentre as características que podem estar possibilitando este tipo de interação entre herbicidas estão: o processo de translocação, que recebe um incremento, em sua ação e a atuação conjunta dos mecanismos de ação (Silva e Silva, 2007).

A partir do momento em que há uma associação de moléculas que apresentam estruturas diferentes, estas podem interrelacionar-se de forma física ou química na calda de aplicação (Zhang; Hamill; Weaver, 1995). Interações, as quais estão sujeitas a acontecer ainda dentro do tanque, no ato da pulverização, bem como após o seu término (Fehndrich, 2021). No antagonismo, por sua vez, há uma redução no controle das plantas daninhas, devido à supressão de um herbicida ao outro. A junção de um produto sistêmico com um de contato pode ocasionar numa ação mais rápida do herbicida de contato, suprimindo o efeito do sistêmico (Bethke *et al.*, 2013; Santos, 2021).

2.2 Compatibilidade físico-química

A Reação de incompatibilidade tem a possibilidade de se fazer visível quando há a mistura de produtos, a exemplo da presença de sobrenadantes, floculação e fases distintas, mudanças que podem ter influência sob a condutividade elétrica, a tensão superficial e o pH (potencial hidrogeniônico) (Petter *et al.*, 2012).

Os problemas a respeito da incompatibilidade físico-química enfrentados no âmbito agrícola, referem-se a cisão da solução, gerando uma visão de diferentes fases, além de enfrentar problemas para se dissolver, formando então, precipitado. Esses aspectos podem estar ligados a uma agitação realizada de forma errônea, como também, a desordem durante a colocação dos produtos no tanque. (Silva *et al.*, 2007; Gazziero *et al.*, 2021). O entupimento dos bicos de pulverização pode estar ligado as mudanças físico-químicas, acarretando perdas, não só da eficácia do que será aplicado, por conta da quantidade de princípio ativo que é reduzido, mas também pela interferência causada na logística da operação, tornando-se precisa a interrupção para desobstruir os bicos, promovendo, então, a continuidade da operação. (Gazziero, 2015).

A ideia da interação entre os produtos utilizados no meio agrícola, denominados defensivos, passa em sua maior parte pelas relações físicas que ocorrem entre eles, tendo seu ponto de partida nas seguintes propriedades físico-químicas: (1) constante de dissociação eletrolítica (pK_a), cuja aborda a aptidão da molécula do herbicida para dissociação, (2) coeficiente octanol-água (K_{ow}), este por sua vez designa a hidrofiliabilidade (polar) e a lipofiliabilidade (apolar) da molécula, (3) solubilidade, a qual caracteriza a capacidade máxima de se dissolver do soluto (herbicida) em um solvente (água pura) (Silva e Silva, 2007; Petter *et al.*, 2012).

Os diferentes tipos de formulação estão ligados as interações físicas e as químicas estão relacionadas com suas moléculas. Desta maneira, se faz necessário conhecer sobre as possibilidades das interações entre os produtos utilizados e seus princípios ativos (Petter *et al.*, 2013). O pH da água geralmente pode ser vinculado a problemas enfrentados durante a preparação da calda (Queiroz *et al.*, 2008), em caso de pH alcalino, pode haver hidrólise alcalina das moléculas do soluto, devido a alcalinidade do solvente (Kissmann, 1997).

2.3 Solubilidade e interação do boro com herbicidas

O B tem sua distribuição na crosta terrestre em baixas quantidades. Em seu estado livre, pode ser altamente reativo, desta forma, encontra-se de maneira associada a outros compostos, como o ácido bórico (H_3BO_3) e o bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$) (Gondim, 2009).

Dentro da cadeia de produção agrícola, fazem-se presentes distintas fontes de B, propiciando um leque de possibilidades, para que seja escolhida a melhor, em termos de adaptabilidade acerca das particularidades voltadas a aplicação via solo, são ressaltadas tais como, solubilidade e cultura. A grande parte dos produtos comercializados carregam a alta taxa de solubilidade, sujeitando-se a demonstrar uma maior mobilidade, em solo. O boro que está no adubo, cujo será depositado no solo, faz-se solúvel, desta forma podendo ser lixiviado com mais facilidade, no perfil do solo. Por essas razões, a execução desse procedimento tem sido realizada por meio do uso de fontes, cujas consigam propiciar uma solubilidade de maneira mais retardada, ficando menos exposta a uma possível perda através da lixiviação (Mortvedt, 1994; Silva *et al.*, 1995; Correia *et al.*, 2016).

O micronutriente B, na planta, apresenta baixa mobilidade, por esse viés seus sintomas, em deficiência, são constatados a priori, nas partes jovens (Calle-Manzano, 1985). Danos as gemas apicais são apresentados de modo frequente, quando o micronutriente está em déficit, podendo levar a morte (Epstein e Bloom, 2006).

Durante aplicações de B, via solo, quando se faz uso de adubos com formulação granulada, inconvenientemente, há a ocorrência da separação da fonte do micronutriente das demais partes que compõem o adubo, durante sua manipulação. A cisão causa interferência na aplicação do B, em sua uniformidade, em grande relevância, por conta da baixa quantidade que é aplicada (Mortvedt e Woodruff, 1993). É sabido que tanto a falta, como o excesso do B, no solo, são capazes de provocar prejuízos as plantas (Raij, 1991; Malavolta, 2006).

Uma alternativa para aplicação do B é a sua realização de forma foliar, contudo, a repetição se faz inescusável, pois o elemento carrega a característica de ser pouco móvel, entre os tecidos da planta, dos mais antigos para os recentes (Anderson e Ohki, 1972). Há também os custos adicionados ao orçamento e inconvenientes como a compactação do solo, além da possibilidade de injúrias à cultura (Castro *et al.*, 2002).

A aplicação do micronutriente junto a calda de herbicidas, como glifosato, mostrou ser vantajosa, devido a fatores que elucidam a promoção da uniformidade do B, no solo, fornecendo-o de maneira mais eficiente para a cultura. Além disto, o controle de plantas daninhas, ao se fazer uso da combinação, não sofreu interferência (Brighenti *et al.*, 2006).

2.4 pH e pKa

O pKa tem relação com a possível forma ionizada das moléculas herbicidas, condicionadas pela variação do valor do pH (Tabela 1). O comportamento referente as duas formas das moléculas do herbicida, neutra e ionizada, são distintos. Herbicidas ácidos apresentam nas moléculas, em forma neutra, a capacidade de doar um próton, formando então, aníons. À medida que o valor do pKa apresentado pelos herbicidas forem altos, menor é sua relação (força) ácida, desta maneira, as chances da molécula de criar íons negativos decaem. A partir do momento em que o valor do pH é superior, em uma ou duas unidades, ao valor do pKa referente ao ácido fraco, há o favorecimento da dissociação das moléculas (Christoffoleti e López-Ovejero, 2005; Oliveira Junior *et al.*, 2011).

Tabela 1. Relação entre pH e pKa para herbicidas ácidos.

Ph da solução do solo	x	pKa do herbicida	Quant. molécula não-dissociada	x	Quant. molécula dissociada
	=			=	
	<			>	
	>			<	

Fonte: Adaptado de Christoffoleti *et al.* (2009).

Os herbicidas considerados básicos, o cenário muda quanto a carga dos íons, pois agora as formas neutras têm a capacidade de ganhar prótons, formando íons carregados de maneira positiva. Dependendo do valor de pKa, quanto menor, sua força básica vai diminuindo, reduzindo a possibilidade do ativo ficar catiônico (Tabela 2). Aqueles herbicidas que não perdem e nem ganham prótons quando estão em solução recebem a nomenclatura de não-iônicos (Oliveira Junior *et al.*, 2011).

Tabela 2. Relação entre pH e pKa para herbicidas básicos.

Ph da solução do solo	x	pKa do herbicida	Quant. molécula não-dissociada	x	Quant. molécula associada
	=			=	
	<			<	

>

>

Fonte: Adaptado de Christoffoleti *et al.* (2009).

2.5 Mecanismos de ação

2.5.1 Inibidor da ALS

A molécula diclosulam [N-(2,6-dichlorophenyl)-5-ethoxy-7-fluoro[1,2,4]triazolo[1,5-c]pyrimidine-2-sulfonamide], trata-se de um agente herbicida, cujo faz parte do grupo químico das pirimidinas sulfonilidas (Alonso *et al.*, 2013). No caso da solubilidade em meio aquoso, essa por sua vez, incita a dependência dos níveis de pH, proporcionando uma variação de aproximadamente, 117 mg L⁻¹, em pH 5 a 20°C, 124 mg L⁻¹, em pH 7 a 20°C e mais de 4.000 mg L⁻¹ em pH 9 (Dams, 2009). Ao deparar-se com um cenário de solos em boas condições para serem arados, o ativo mostra alta solubilidade (Dahlem, 2013). O diclosulam propõe um pKa de 4,09; numa temperatura de 20 °C, sugestionando que o domínio apresentado é da forma aniônica, dentro de certas características, que são possibilitadas pelo pH de solos adequados para o cultivo (Bianchi *et al.*, 2010).

O imazapique [(RS)-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl)-5-methylnicotinic acid] faz parte das imidazolinonas, por sua vez, molécula que tem característica ácida (pKa: 3,9) e a 25 °C demonstra solubilidade de 2.200 mg L⁻¹, além disso, tem mobilidade média (Rodrigues e Almeida, 2005). Algumas propriedades do solo podem agregar na sorção dos herbicidas inibidores da ALS, como pH e teor de C orgânico, relacionando-se à retenção da molécula (Regitano *et al.*, 1997). A exemplo, o imazethapyr, ao ter suas moléculas em interação com os elementos químicos presentes no meio aquoso, utilizado para realização da calda, pode ocasionar a facilitação da absorção, ou não, resultando em certa influência no controle do mato (Souza e Velloso, 1996; Leite *et al.*, 1998).

O herbicida metsulfuron-metílico [Methyl 2-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-ylcarbamoylsulfamoyl) benzoate] faz parte das sulfonilureias, possui solubilidade (1.100-9.500 mg L⁻¹) variável de acordo com o pH da solução aquosa e pKa de 3,3; sendo assim, demonstra ser uma molécula com comportamento de ácido fraco (Acebal *et al.*, 2014).

2.5.2 Inibidor da síntese de carotenoides e inibidor da celulose

Pertencendo ao grupo isoxazolidinona, a molécula clomazona (2-(2-chlorobenzyl)-4,4-dimethyl-1,2-oxazolidin-3-one) inibe a enzima 1-desoxi-xilulose-5-fosfatase sintase (DOXP), tem sua solubilidade em meio aquoso de 1.212 mg L^{-1} e $\text{pKa} = 0$ (não ionizável) (Ferhatoglu e Barrett, 2006; CAO *et al.*, 2013; Christoffoleti e Nicolai, 2016; PPDB, 2021). No caso do isoxaflutole (5-cyclopropyl-1,2-oxazol-4-yl α,α,α -trifluoro-2-mesylyl-p-tolyl ketone), ele tem atuação sobre a enzima 4-hidroxifenil-piruvato deoxigenase (HPPD) (Dayan e Watson, 2011; Dayan e Zaccaro, 2012). Solubilidade em água de 6 mg L^{-1} e pKa de 4,3 e faz parte do grupo isoxazol (Lin *et al.*, 2002).

O indaziflam N-[(1R,2S)-2,3-dihydro-2,6-dimethyl-1H-inden-1-yl]-6-[(1R)-1-fluoroethyl]-1,3,5-triazine-2,4-diamine, faz parte do grupo químico das alquilazinas. Sua solubilidade em solução aquosa é baixa, cerca de $0,0028 \text{ kg m}^{-3}$ a 20°C e tem $\text{pKa} = 3,5$ (Tompkins, 2010; Amim *et al.*, 2014).

2.5.3 Inibidor do crescimento inicial

O ativo piroxasulfona [(3-[5-(difluoromethoxy)-1-methyl-3-(trifluoromethyl)pyrazol-4-ylmethylsulfonyl]-4,5-dihydro-5,5-dimethyl-1,2-oxazole], cujo atua inibindo a síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa (VLCFAs), faz parte do grupo químico cloroacetanilida, assim como s-metolachlor (Tanetani *et al.*, 2009; Christoffoleti e Nicolai, 2016), tem solubilidade da molécula em água balizada em $3,49 \text{ mg L}^{-1}$, além de apresentar $\text{pKa} = 0$. (Westra *et al.*, 2015; PPDB, 2021).

S-metolachlor (80-100%, 2-chloro-6'-ethyl-N-[(1S)-2-methoxy-1-methylethyl]acet-o-toluidide e 20-0%, 2-chloro-6'-ethyl-N-[(1R)-2-methoxy-1-methylethyl]acet-o-toluidide) é um herbicida com solubilidade em solução aquosa de 480 mg L^{-1} a 25°C , sendo não-iônico ($\text{pKa} = 0$) (Rodrigues e Almeida, 2011). Essas propriedades demonstram a estabilidade da molécula, quanto a sua interação com o meio, evitando desta forma, perdas (Correia *et al.* 2012).

2.5.4 Inibidor do FSII

O herbicida amicarbazona (4-amino-N-tert-butyl-4,5-dihydro-3-isopropyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazole-1-carboxamide) faz parte do grupo das triazolinonas (Christoffoleti e Nicolai, 2016), sendo não-ionizável ($\text{pKa} = 0$) (PPDB, 2021). O tebuthiuron [1-(5-tert-butyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-1,3-dimethylurea], por outro lado, pertence ao grupo das ureias. Quanto ao seu pKa ,

apresenta-se como uma molécula não-iônica (PPDB, 2021) (Rodrigues e Almeida, 1998). A hexazinona [(3-cyclohexyl-6-dimethylamino-1-methyl-1,3,5-triazine-2,4-(1H,3H)-dione)], está no grupo químico das triazinonas e é caracterizada por sua alta solubilidade em água, 33.000 mg L⁻¹ e seu comportamento de ácido fraco (pKa = 4,1) (Arsego, 2009; Rodrigues e Almeida, 2011; Tonieto e Regitano, 2016).

2.5.5 Inibidor da PROTOX

A flumioxazina [N-(7-fluoro-3,4-dihidro-3-oxo-4-prop-2-inil-2H-1,4-benzoxazin-6-il)ciclohex-1-eno-1,2-dicarboxamida] está englobada no grupo químico pertencente as N-feniltalamidas. Herbicida com característica de contato e que apresenta seletividade e age inibindo a enzima PROTOX. O ativo apresenta característica não-iônica e solubilidade baixa (1,79 mg L⁻¹ a 25 °C) em água (Ferrell *et al.*, 2005; Rodrigues e Almeida, 2018).

A molécula sulfentrazona [2',4'-dichloro-5'-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl) methanesulfonilide)] é integrante do grupo das aril-triazolinonas, tem sua solubilidade, em água, variável de acordo com o pH, sendo apresentada 110, 780, e 1.600 mg L⁻¹ nos seguintes valores de pH: 6,0; 7,0 e 7,5; de forma respectiva. Esse herbicida caracteriza-se como um ácido fraco, exibindo pKa = 6,56 (Reddy e Locke, 1998; Tomlin, 2011)

O oxifluorfen (2-chloro- α,α,α -trifluoro-p-tolyl 3-ethoxy-4-nitrophenyl ether), faz parte do grupo químico éter difenílico, sua solubilidade em meio aquoso é de 0,1 mg L⁻¹ e caracteriza-se por ser não-iônico (Christoffoleti *et al.*, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), em Rio Largo – AL (09°28' 02" S; 35°49' 43" W; 127m), na região dos Tabuleiros Costeiros, em casa de vegetação do Laboratório de Tecnologia da Produção (LATEP), no decorrer de julho a outubro de 2024.

Ocorreram seis experimentos, visando a pré-emergência total das espécies de plantas daninhas alvos: *M. maximus* (capim-colonião), *Digitaria* spp. (capim-colchão), *I. hederifolia* (corda-de-viola) e *E. hyssopifolia* (burra-leiteira). Os experimentos retrataram cinco mecanismos de ação herbicida (Tabela 3).

Tabela 3. Informações técnicas dos herbicidas utilizados.

Mecanismo de ação	Molécula	Formulação	Nome comercial	Dose comercial (g ou ml e.a./ha)
ALS	diclosulam	WG	Coact ^{®1}	84,0
	imazapique	WG	Plateau [®]	105,0
	metsulforon-metílico	WG	Zartan [®]	18,0
Carotenoide	clomazona	CS	Reator [®] 360 CS	1.080,0
	isoxaflutole	WG	Sunward [®]	90,0
Celulose +Carotenoide	indaziiflam +isoxaflufotle	SC	Provence total [®]	30,0+90,0
Crescimento inicial	piroxasulfona	SC	Yamato [®] SC	75,0
	s-metolachlor	EC	Dual gold [®]	1.920,0
FSII	amicabarzona	WG	Dinamic [®]	910,0
	hexazinona	WG	Broker [®] 750 WG	225,0
	tebutiuron		Combine [®] 500 SC	800,0
PROTOX	flumioxazina	SC	Flumyzin [®] 500	125,0
	oxifluorfen	EC	Goal [®]	720,0
	sulfentrazone	SC	Broral [®] 500	800,0

¹ – Marca registrada. Fonte: Autor, 2024.

Os experimentos foram em delineamento inteiramente casualizado (DIC), seguindo arranjo estatístico fatorial (de acordo com o mecanismo de ação), compostos de quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos dos herbicidas, em dose comercial, de forma isolada e em mistura com boro (Tabela 4), fazendo uso de quatro fontes (Figura 1).

Tabela 4. Disposição dos experimentos de acordo com o mecanismo de ação e o delineamento e/ou arranjo estatístico empregado.

Mecanismos de ação	Delineamento e/ou Arranjo	Herbicida	Boro
ALS	DIC/Fatorial	3	5
Carotenoide	DIC/Fatorial	2	5
Celulose+Carotenoide	DIC	1	5
Crescimento inicial	DIC/Fatorial	2	5
FSII	DIC/Fatorial	3	5
PROTOX	DIC/Fatorial	3	5

Fonte: Autor, 2024.

Figura 1. Fontes de boro utilizadas no ensaio: FB1 (7,56% de B) - POLLI BOR6®(A), FB2 (15,4% de B) - XBOR® (B), FB3 (15,4% de B) - SOLLUS BOR® (C) e FB4 (17% de B) - Ácido bórico (D). Doses das fontes de boro, respectivamente: 302,4; 308; 308 e 306 g i.a. ha⁻¹.



Fonte: Autor, 2024.

Após o preparo das caldas foi medido o pH de cada uma, fazendo uso de um pHmetro de bolso (Figura 2), que foi devidamente calibrado no dia da montagem de cada ensaio, por meio da solução tampão de pH 4 e 7 (Figura 2).

Figuras 2. PHmetro de bolso (A) e soluções calibradoras de pH 4 e 7 utilizadas para aferição (B).



Fonte: Autor, 2024.

Em seguida, foi conduzido o teste da jarra, visando identificar a solubilidade das caldas preparadas. Foram dadas notas de estabilidade (Tabela 5) a partir do momento em que houve a agitação da calda, e seguidamente aos 1, 5, 10 e 30 minutos.

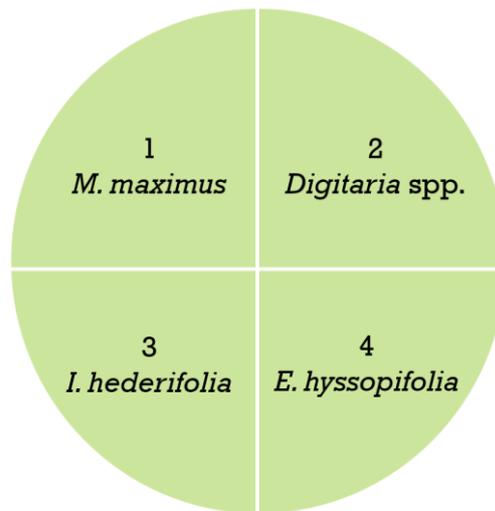
Tabela 5. Estabilidade entre mistura de produtos agrícolas.

Grau	Condição	Recomendação
1	Separação imediata	Não aplicar
2	Separação depois de 1 minuto	Não aplicar
3	Separação depois de 5 minuto	Agitação contínua
4	Separação depois de 10 minuto	Agitação contínua
5	Estabilidade perfeita	Sem restrições

Fonte: Centro Brasileiro de Bioaeronáutica (CBB) *apud* Petter *et al.* (2012).

Fez-se o uso de recipientes com capacidade de 1,5 L como unidade experimental, os quais foram preenchidos com solo peneirado e que apresentava pH 6,0 e textura franco argilo arenosa. Em seguida, as sementes de daninhas foram distribuídas em forma de quadrante (Figura 3). A aplicação realizou-se por meio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, o qual conta com duas pontas tipo leque Tejeet XR 110 02-VS, onde foi mantida a distância de 0,5 m entre a borda dos potes e a barra de aplicação. A pressão constante foi de 200 kPa, cuja proporcionou um volume de calda de 120 L/ha.

Figura 3. Quadrante de identificação das espécies de plantas daninhas semeadas no ensaio.



Fonte: Autor, 2024.

Após a aplicação, a calda remanescente fora despejada em um funil forrado com um filtro, para que fosse identificada a presença de resíduos resultantes da insolubilidade detectada, anteriormente, no teste da jarra. Essa avaliação consistiu em testar as diferenças observadas, conferindo “sim” para a presença de resíduo e “não” para a ausência dele.

Ao datar 15, 30 e 45 dias após a aplicação (DAA) realizou-se a avaliação do percentual de controle visual (% C) (Tabela 6). Aos 45 DAA, houve o corte da parte aérea, a qual foi levada para um tipo estufa em temperatura constante de 60 °C, até manter peso constante, permanecendo durante 72 h. Após o período, pesou-se as amostras, por meio de balança de precisão, para a determinação da massa seca relativa (% MS).

Tabela 6. Escala visual de controle.

Nota	Classe de porcentagem (%)	Conceito de controle
1	0-40	Nenhum/pobre
2	41-60	Regular
3	61-70	Suficiente
4	71-80	Bom
5	81-90	Muito Bom
6	91-100	Excelente

Fonte: ALAM (1974).

Os dados de %C e %MS (a %MS foi transformada: $\sqrt{(x + 1)}$) obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste LSD ($p < 0,05$), fazendo uso do *software* SISVAR (Ferreira, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após passar por análise de variância, alguns mecanismos de ação demonstraram diferença entre as moléculas e/ou as diferentes fontes de B utilizadas. Mediante isto, seguem os dados, os quais foram dispostos de forma a evidenciar o mecanismo de ação que fora utilizado e suas respectivas moléculas.

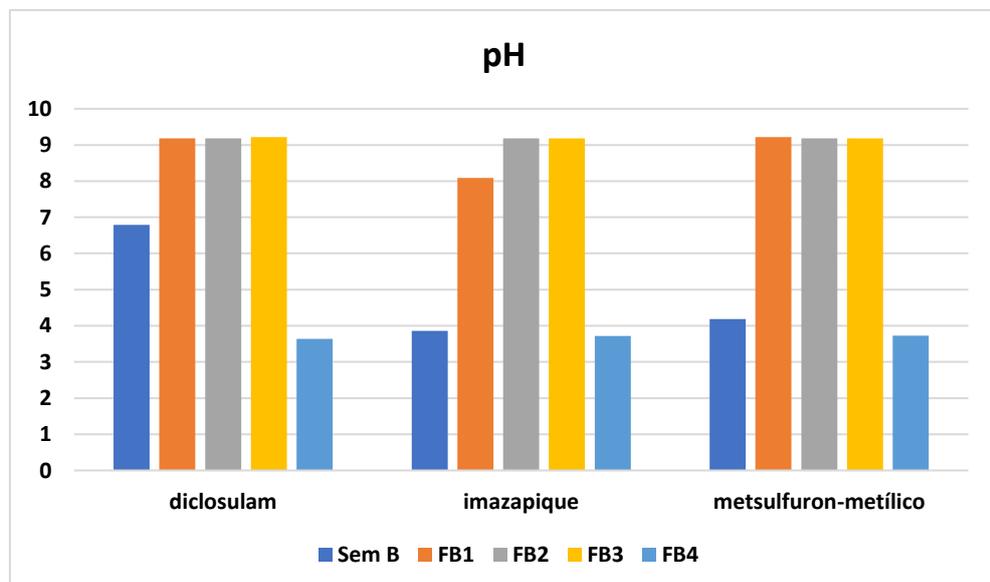
4.1 Inibidor da ALS

4.1.1 Valores de pH

Verificou-se que a adição das FB1, FB2 e FB3 proporcionaram o aumento do pH da calda, em todas as moléculas (Figura 4). Sendo a exceção a FB4, que por sua vez, ocasionou queda nos valores referentes aos produtos isolados (Figura 4).

Sanchotene *et al.* (2007) ao utilizarem os tratamentos: imazethapyr+imazapic + óleo mineral (0,5% v/v) + água de fonte mineral com 188,2 ppm de CaCO_3 e pH 9,4 e imazethapyr+imazapic + óleo mineral (0,5% v/v) + água de fonte mineral com 188,2 ppm de CaCO_3 acidificada até pH 4,5, ambas as constituições, 20 e 30 DAA, proporcionaram 90 e 89% e 98 e 99%, respectivamente.

Figura 4. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor da ALS, isolados e com quatro fontes de B.



Fonte: Autor, 2024.

4.1.2 Teste da jarra

Notou-se que o diclosulam e imazapique não tiveram uma solubilização satisfatório desde o primeiro tempo avaliado, perdurando até o fim do teste, de forma insolúvel, tanto em sua forma isolada, bem como quando continham B na calda. Contrapondo esse comportamento, o metsulfuron-metílico na forma isolada e com as FB2 e FB3 apresentou estabilidade perfeita durante todo o teste (Tabela 7). Os demais tratamentos com metsulfuron-metílico tiveram separação imediata.

Tabela 7. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor da ALS, na ausência e presença de quatro fontes de B.

Caldas	GRAU DE SOLUBILIDADE				
	0 min	1 min	5 min	10 min	30 min
diclosulam	1	1	1	1	1
diclosulam+FB1	1	1	1	1	1
diclosulam+FB2	1	1	1	1	1
diclosulam+FB3	1	1	1	1	1
diclosulam+FB4	1	1	1	1	1
imazapique	1	1	1	1	1
imazapique+FB1	1	1	1	1	1
imazapique+FB2	1	1	1	1	1
imazapique+FB3	1	1	1	1	1
imazapique+FB4	1	1	1	1	1
metsulfuron-metílico	5	5	5	5	5
metsulfuron-metílico+FB1	1	1	1	1	1
metsulfuron-metílico+FB2	5	5	5	5	5
metsulfuron-metílico+FB3	5	5	5	5	5
metsulfuron-metílico+FB4	1	1	1	1	1

Fonte: Autor, 2024.

4.1.3 Teste do sinal

Foi possível identificar o resultado da insolubilidade em todos os tratamentos que envolveram o diclosulam e o imazapique (Tabela 8). No caso dos tratamentos que continham o metsulfuron-metílico, a ressalva, foram a calda somente com o herbicida e as que continham as FB2 e FB3.

Tabela 8. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.

TESTE DO SINAL					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
imazapique	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
metsulfuron-metílico	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM

Fonte: Autor, 2024.

4.1.4 Percentual de controle visual

Aos 15 DAA, apenas a calda do diclosulam isolado apresentou diferença, tanto em relação aos outros herbicidas em suas formas moleculares, quanto em sua associação às fontes de B, porém, com valor muito bom de controle da *I. hederifolia* (Tabela 9). Datando 30 DAA, foi observada diferença entre as caldas de diclosulam e metsulfuron-metílico, na presença da FB2, contudo, seus valores de controle foram de 100% (excelente) e 87,5% (muito bom), respectivamente. A diferença nos tratamentos com metsulfuron-metílico, pôde ser notada também, quando foi utilizada a FB2. Na última avaliação do controle da *I. hederifolia*, aos 45 DAA, apenas o metsulfuron-metílico, na presença da FB2, demonstrou diferenças em relação aos outros herbicidas associados à FB2 e em relação ao metsulfuron-metílico associado as demais fontes de B.

Tabela 9. Percentual de controle visual de *I. hederifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	81,25 Bb*	100 Aa	100 Aa	100 Aa	93,75 Aa
imazapique	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
metsulfuron-metílico	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	7,09				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	93,75 Aa	100 Aa	100 Aa	93,75 Aa	100 Aa
imazapique	100 Aa	93,75 Aa	93,75 ABa	93,75 Aa	100 Aa
metsulfuron-metílico	100 Aa	100 Aa	87,5 Bb	100 Aa	100 Aa
CV(%)	8,37				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
imazapique	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
metsulfuron-metílico	100 Aa	100 Aa	93,75 Bb	100 Aa	100 Aa
CV(%)	3,24				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Toledo *et al.* (2015) observou que aos 30 DAA, a aplicação de imazapique (133 g i.a. ha⁻¹) apresentou somente um nível de controle de *I. hederifolia* de 77,5%; valor este, que ao decorrer de 60 e 90 DAA, não variou muito, controlando 80 e 75%, de forma respectiva, apresentando controle abaixo do que fora encontrado no presente trabalho, o qual durante o período de avaliação pós-aplicação, aos 30 DAA, evidenciou entre os tratamentos que receberam o micronutriente B e quando o herbicida estava isolado na calda, níveis ao menos de 93,75%; valores próximos aos que foram encontrados em estudo desenvolvido por Monquero *et al.* (2009), onde ao utilizar o imazapique (84 g i.a. ha⁻¹), sendo posicionado em pré-emergência da *Ipomoea grandifolia*, conseguiu entregar um controle, muito bom, 90%, aos 28 DAA.

Utilizando diclosulam (25,2 g i.a. ha⁻¹), Carbonari *et al.* (2008) conseguiu controlar a *I. grandifolia*, durante o intervalo de 35 dias, onde obteve aos 7 DAA, 80% de controle, nível que mostrou aumento durante as demais avaliações, alcançando dessa forma a taxa de 99%, em sua avaliação final (35 DAA).

Foi obtido um controle máximo da *E. hyssopifolia*, aos 15 DAA, para todos os tratamentos (Tabela 10). O imazapique com 30 DAA, sem B e quando misturado à FB2, diferiu dos outros herbicidas, nas mesmas condições, apontando controles de 60 e 26,25%, de forma respectiva. Quando combinado as FB1, FB3 e FB4, o imazapique mostrou um aumento de seu controle, em comparação a calda pura. No caso da calda contendo FB2, apresentou controle de pouco mais de um terço do valor apresentado pela molécula isolada. Aos 45 DAA, os tratamentos exibiram controle da *E. hyssopifolia* entre 85 e 100%.

Tabela 10. Percentual de controle visual de *E. hyssopifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
imazapique	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
metsulfuron-metílico	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	76,25 ABa	88,75 Aa	73,75 Aa	92,5 Aa	90 Aa

imazapique	60 Ba	77,5 Aa	26,25 Bb	76,25 Aa	86,25 Aa
metsulfuron-metílico	98,75 Aa	93,75 Aa	96,25 Aa	88,75 Aa	77,5 Aa
CV(%)	25,23				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	98,75 Aa	100 Aa	91,25 Aa	95 Aa	85 Aa
imazapique	93,75 Aa	98,75 Aa	93,75 Aa	87,5 Aa	90 Aa
metsulfuron-metílico	100 Aa	97,5 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	88,75 Aa
CV(%)	12,15				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Correia e Kronka (2010) verificaram que o ativo imazapique ($147 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), aplicado após a cana ser cortada, em pré-emergência, promoveu controle acima de 90% sob *E. heterophylla*, durante o período de 125 dias. Contrapondo esses resultados, no presente estudo, ao se fazer uso da molécula imazapique para o controle de *E. hyssopifolia* foi observado que apenas aos 30 DAA, com a exceção da calda que recebeu adição da FB4, resultado semelhante ao obtido por Monquero *et al.* (2007), no controle em pré-emergência de *E. heterophylla*, aos 28 DAA, as demais não alcançaram a marca de 85% de controle. As variações referentes as porcentagens de controle foram notadas mediante a presença do B nas caldas, porém, ao chegar nos 45 DAA, os tratamentos que envolveram a molécula imazapique visando o controle de *E. hyssopifolia*, encontravam-se entre a faixa de muito bom e excelente (ALAM, 1974).

Sanchotene *et al.* (2017), ao realizar trabalho fazendo uso do herbicida diclosulam ($35,28 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), atestou que sua forma isolada propiciou um controle eficaz sob *E. heterophylla*, acarretando nível de 85%, aos 14 DAA e sendo elevado para 91,25%, aos 28 DAA. Comportamento similar foi observado também no presente estudo, aos 15 DAA, para todos os tratamentos envolvendo o diclosulam, e aos 45 DAA, somente a calda que recebeu a FB4 não alcançou um controle excelente. Segundo Santos *et al.* (2024), ao fazerem uso de metsulfuron-metílico ($18 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), no intuito de controlar a planta daninha *E. hyssopifolia*, foi obtido um nível de controle de 90%, aos 45 DAA.

Aos 15 DAA, nos tratamentos em que os herbicidas receberam a adição da FB4, somente o metsulfuron-metílico diferiu, porém, com valor dentro da classe de porcentagem designada ao controle muito bom (87,5%) de *Digitaria* spp. (Tabela 11). Ao olharmos para as caldas que continham metsulfuron-metílico, é permissível verificar valores menores de controle, quando aplicado junto a FB3 e FB4, embora apresentaram controles excelente (97%) e muito bom (87,5%) de *Digitaria* spp.

Tabela 11. Percentual de controle visual de *Digitaria* spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	100 Aa	100 Aa	98,75 Aa	100 Aa	98,75 Aa
imazapique	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
metsulfuron-metílico	100 Aa	100 Aa	100 Aa	95 Aab	87,5 Bb
CV(%)	7,11				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	73,75 Aa	97,5 Aa	95 Aa	72,5 Aa	97,5 Aa
imazapique	92,5 Aa	95 Aa	75 Aa	92,5 Aa	92,5 Aa
metsulfuron-metílico	97,5 Aa	77,5 Aabc	92,5 Aab	60 Abc	55 Bc
CV(%)	27,38				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	90 Aa	95 Aa	72,5 ABa	97,5 Aa	97,5 Aa
imazapique	100 Aa	97,5 Aa	90 Aa	95 Aa	97,5 Aa
metsulfuron-metílico	90 Aa	47,5 Bb	55 Bb	12,5 Bc	40 Bbc
CV(%)	28,69				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Nos 30 DAA, o cenário em relação a combinação dos herbicidas a FB4 permaneceu semelhante, mas, o metsulfuron-metílico demonstrou um decréscimo de seu controle, caindo de muito bom para regular (55%) (Tabela 11). Entre as caldas que continham metsulfuron-metílico, as que tiveram adição das FB3 e FB4 expuseram um controle regular (60 e 55%), bem abaixo da molécula isolada, que mostrou um controle excelente (97,5%). O diclosulam, por sua vez, apresentou aumento de controle quando combinado as FB1, FB2 e FB4.

Ao chegar aos 45 DAA, os tratamentos com metsulfuron-metílico, com exceção da calda sem adições, não superaram 55% de controle. Além disso, foi o único herbicida que quando aplicado com alguma das fontes de B não obteve um nível de controle superior a 70%.

Em estudo conduzido por Carvalho *et al.* (2005), o controle de *Digitaria horizontalis*, por meio do uso do herbicida imazapique (98 g i.a. ha⁻¹) foi avaliado aos 30 e 60 DAA, acarretando resultados que mostraram a eficácia do ativo, controlando quase 100% do mato. Os resultados mostraram também um controle de 80% da planta daninha quando foram aplicados 23,5 g i.a. ha⁻¹, aos 30 DAA. Price *et al.* (2002), por sua vez, conseguiu controlar 100% de *Digitaria sanguinalis*, utilizando o ativo diclosulam (52 g i.a. ha⁻¹).

Na primeira avaliação, 15 DAA, na presença da FB3, apenas o metsulfuron-metílico, não obteve controle de 100% (Tabela 12). Dentre as caldas em que se fez presente o metsulfuron-metílico, somente a com adição da FB3 não alcançou um controle de 100% de *M. maximus*.

Tabela 12. Percentual de controle visual de *M. maximus*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	87,5 Aa
imazapique	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
metsulfuron-metílico	100 Aa	100 Aa	100 Aa	81,25 Bb	100 Aa
CV(%)	11,88				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	43,75 ABa	62,5 Aa	93,75 Aa	43,75 Aa	68,75 Aa
imazapique	18,75 Ba	56,25 Aa	50 Aa	18,75 Aa	56,25 Aa
metsulfuron-metílico	81,25 Aa	62,5 Aab	62,5 Aab	18,75 Ab	37,5 Aab
CV(%)	83,96				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	50 Aa	50 Aa	75 Aa	43,75 Aa	75 Aa
imazapic	31,25 Aab	56,25 Aab	68,75 Aab	12,5 Ab	75 Aa
metsulfuron-metílico	81,25 Aa	12,5 Ab	25 Aab	0 Ab	25 Aab
CV(%)	87,52				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Dentre as moléculas junto as fontes de B, aos 30 DAA, embora sem diferir, o diclosulam+FB2 foi o único que apresentou um controle excelente (93,75%) (Tabela 12). Para as caldas do diclosulam, a que continha a FB2, mostrou um nível maior que o dobro do controle que foi gerado quando aplicado de forma isolada. No caso dos tratamentos envolvendo o imazapique, os maiores controles não ultrapassaram 56,25%, mas as associações com as FB1, FB2 e FB4, mostraram uma possível influência sinérgica relacionada a presença do B, na calda. O metsulfuron-metílico denotou redução de controle quando havia B associado, destacando de forma negativa a combinação com a FB3, que controlou apenas 18,75% de *M. maximus*.

Na avaliação de 45 DAA, nenhum dos tratamentos combinados as fontes de B apresentou um controle superior a 75%. As caldas de imazapique e metsulfuron-metílico, nas associações com B, mostraram resultados semelhantes aos obtidos 30 DAA, porém, o

tratamento envolvendo o metsulfuron-metílico e a FB3, trouxe números ainda menores, de maneira a não conseguir controle algum de *M. maximus*.

Em experimento conduzido por Takano *et al.* (2017), conseguiram obter controle excelente de *D. horizonslis*, na data de 30 dias de aplicada a molécula diclosulam (126 g i.a. ha⁻¹). Taxa semelhante foi observada no mesmo período de controle, ao fazer uso da mesma dose, controlando de forma excelente *M. maximus*.

Toledo *et al.* (2012) trabalharam com o imazapique (154 g i.a. ha⁻¹) na tentativa de controlar *P. maximum*, durante os 90 e 120 DAA alcançaram as marcas de 88,5 e 75% de controle, respectivamente. Em contrapartida, Pedrinho Júnior e Durigan (2001), utilizando o mesmo herbicida (98 g i.a. ha⁻¹), apresentaram ao longo de 30, 70, 91 e 126 DAA um comportamento de decrescimento em relação ao controle do mato, 89, 76, 58 e 51%, de forma respectiva.

Oliveira Junior *et al.* (2011) relata que os herbicidas que fazem parte dos grupos químicos das imidazolinonas e das sulfonilureias, comportam-se como ácidos fracos em solução. Por tratarem de moléculas iônicas, encontram-se pouco sorvidas no solo quando o pH é maior que o pKa, indisponibilizando desta maneira, sua absorção pela planta (Oliveira Junior *et al.*, 1999; Rodrigues e Almeida, 2018). Os herbicidas com características ácidas, são favorecidos pelo meio ácido da solução na qual forem inseridos, havendo uma menor taxa de dissociação desta molécula (Petter *et al.*, 2012).

4.1.5 Massa seca relativa

A %MS da *I. hederifolia* e *E. hyssopifolia* foi 0% para todos os tratamentos (Tabela 13). Carbonari *et al.* (2008) fazendo uso da molécula diclosulam alcançou valores de massa seca de *I. grandifolia* que foram reduzidos inteiramente. Em trabalho desenvolvido por Santos *et al.* (2024), os resultados para *E. hyssopifolia* foram semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Tabela 13. Massa seca relativa de *I. hederifolia* e *E. hyssopifolia* quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.

Herbicidas	<i>I. hederifolia</i>				
	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
imazapique	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
metsulfuron-metílico	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa

CV(%)		0			
<i>E. hyssoifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
imazapique	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
metsulfuron-metílico	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)		0			

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

A redução da %MS da *Digitaria* spp. e de *M. maximus* apresentou diferença no tratamento contendo metsulfuron-metílico+FB3, em relação aos demais tratamentos contendo a FB3, bem como, em relação as outras caldas da molécula (Tabela 14).

Tabela 14. Massa seca relativa de *Digitaria* spp. e *M. maximus* quando utilizado os herbicidas inibidores da ALS.

<i>Digitaria</i> spp.					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
imazapique	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
metsulfuron-metílico	0 Aa	0 Aa	0,63 Aa	3,61 Bb	0,83 Aa
CV(%)		25,31			
<i>M. maximus</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
diclosulam	0 Aa	0,68 Aa	0,49 Aa	8,42 Aa	1,02 Aa
imazapique	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
metsulfuron-metílico	0 Aa	4,32 Aa	5,23 Aa	36,38 Bb	5,23 Aa
CV(%)		60,02			

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

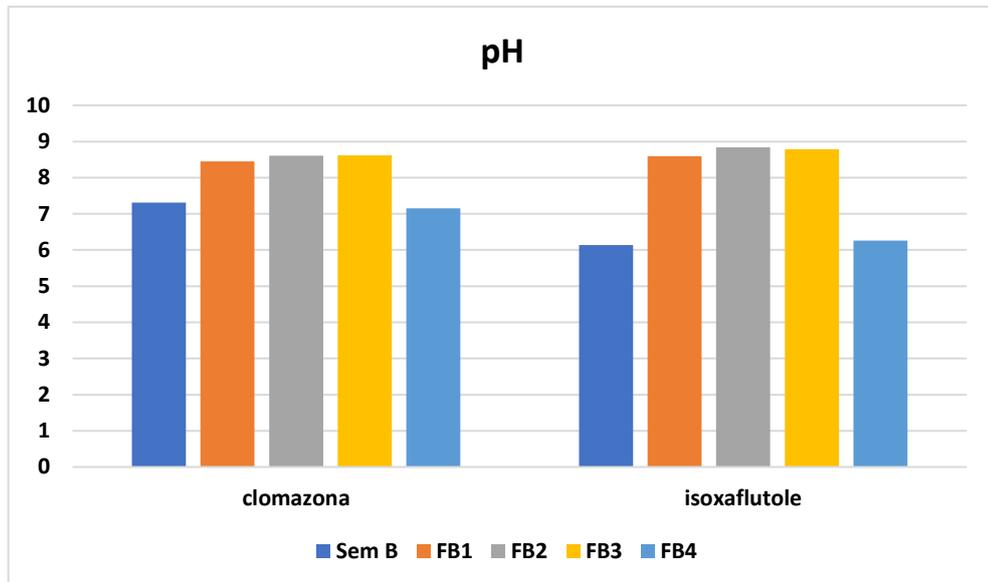
4.2 Inibidor da biossíntese de carotenoides e inibidor da celulose

4.2.1 Valores de pH

Notou-se que a presença das FB1, FB2 e FB3 elevaram o pH das caldas de ambos os herbicidas, contudo, a FB4 mostrou de forma leve um aumento de seu pH quando adicionado à calda de isoxaflutole e leve baixa quando somado ao clomazona (Figura 5). A adição das fontes

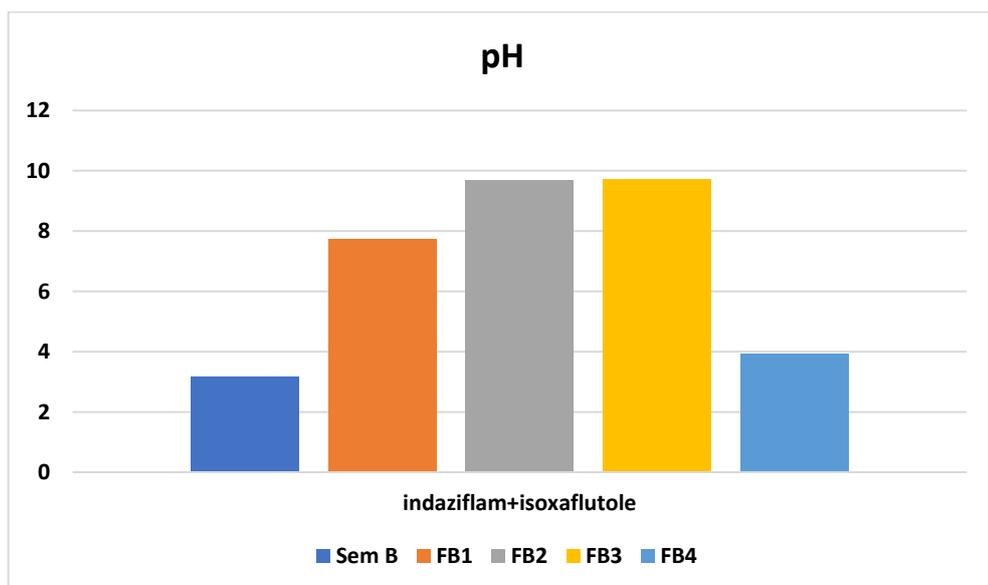
de B gerou aumento do pH, nas caldas de indaziflam+isoxaflutole. A calda com menor elevação constada, foi a que contou com a presença da FB4 (Figura 6)

Figura 5. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor da biossíntese de carotenoides, isolados e com quatro fontes de B.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 6. Valores de pH do herbicida do mecanismo inibidor da biossíntese de carotenoides+celulose, isolados e com quatro fontes de B.



Fonte: Autor, 2024.

4.2.2 Teste da jarra

Foi constatada, para os tratamentos contendo isoxaflutole, separação imediata. As caldas que envolveram o clomazona mostraram estabilidade até 1 min após a agitação (MAA). A partir de 5 MAA, as caldas de clomazona com a presença de B, demonstraram separação (Tabela 15). Aos 10 MAA, o tratamento isolado apresentou separação de fase.

Tabela 15. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor da biossíntese de carotenoides, na ausência e presença de quatro fontes de B.

Caldas	GRAU DE SOLUBILIDADE				
	0 min	1 min	5 min	10 min	30 min
clomazona	5	5	5	4	4
clomazona+FB1	5	5	3	3	3
clomazona+FB2	5	5	3	3	3
clomazona+FB3	5	5	3	3	3
clomazona+FB4	5	5	3	3	3
isoxaflutole	1	1	1	1	1
isoxaflutole+FB1	1	1	1	1	1
isoxaflutole+FB2	1	1	1	1	1
isoxaflutole+FB3	1	1	1	1	1
isoxaflutole+FB4	1	1	1	1	1

Fonte: Autor, 2024.

Após a agitação e durante 1, 5 e 10 MAA os tratamentos se mantiveram com os mesmos resultados, onde a calda com indaziflam+isoxaflutole+FB4, no momento após a agitação já demonstrou insolubilidade, cuja permaneceu até o final do teste (Tabela 16), os demais tratamentos mostraram estabilidade perfeita. A partir de 30 MAA, no tratamento com indaziflam+isoxaflutole+FB3, observou-se separação de fases.

Tabela 16. Notas de solubilidade referentes as caldas do herbicida do mecanismo inibidor da biossíntese de carotenoides e celulose, na ausência e presença de quatro fontes de B.

Caldas	GRAU DE SOLUBILIDADE				
	0 min	1 min	5 min	10 min	30 min
indaziflam+isoxaflutole	5	5	5	5	5
indaziflam+isoxaflutole+FB1	5	5	5	5	5
indaziflam+isoxaflutole+FB2	5	5	5	5	5
indaziflam+isoxaflutole+FB3	5	5	5	5	4
indaziflam+isoxaflutole+FB4	1	1	1	1	1

Fonte: Autor, 2024.

4.2.3 Teste do sinal

No teste, não foi verificado a presença de resíduo apenas na calda que continha apenas o herbicida clomazona de modo isolado (Tabela 17). As demais caldas apresentaram. Todos os tratamentos envolvendo a adição de alguma fonte de B e o que contou com a mistura comercial, após o teste, apresentaram resíduo.

Tabela 17. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda quando utilizados os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides e carotenoides+celulose.

TESTE DO SINAL						
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4	
clomazona	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
isoxaflutole	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
indaziflam+isoxaflutole	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autor, 2024.

4.2.4 Percentual de controle visual

Na primeira avaliação, 15 DAA, dentre as caldas do clomazona, quando em adição as fontes de B, somente o tratamento com a FB4 apresentou controle abaixo de 75% de *I. hederifolia* (Tabela 18). Aos 30 e 45 DAA, todos os tratamentos obtiveram no mínimo 81,25% de controle.

Tabela 18. Percentual de controle visual de *I. hederifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.

15 DAA						
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4	
clomazona	75 Aab	100 Aa	87,5 Aa	100 Aa	37,5 Ab	
isoxaflutole	75 Aa	62,5 Aa	81,25 Aa	87,5 Aa	75 Aa	
CV(%)	33,43					
30 DAA						
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4	
clomazona	100 Aa	100 Aa	93,75 Aa	100 Aa	81,25 Aa	
isoxaflutole	93,75 Aa	81,25 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	
CV(%)	17,84					
45 DAA						
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4	
clomazona	100 Aa	100 Aa	93,75 Aa	100 Aa	81,25 Aa	

isoxaflutole	93,75 Aa	87,5 Aa	100 Aa	100 Aa	93,75 Aa
CV(%)	16,64				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

A aplicação de clomazona+FB4 no controle de *I. hederifolia*, aos 15 DAA, foi similar ao encontrado por Silva *et al.* (2019), cujo utilizou 700 g i.a. ha⁻¹ da molécula clomazona isolada, visando o controle de *Merremia aegyptia*, demonstrando apenas 33% entre 15 e 30 DAA. No caso dos tratamentos que receberam as FB1, FB2 e FB3, demonstraram controle entre 87,5 e 100% (Tabela 18). Aos 45 DAA, Silva *et al.* (2019) teve seu controle caindo para 20%, contrapondo os resultados das caldas que continham B, no presente experimento, as quais proporcionaram cerca de 81,25 a 100% de eficácia.

Em aplicação realizada por Carbonari *et al.* (2010), foi utilizada a mistura de clomazona +hexazinona (1.000 + 250 g i.a. ha⁻¹) no controle de *I. grandifolia*, obtendo aos 23 e 63 DAA, taxa de 100%. O presente estudo mostrou resultados semelhantes ao utilizar a molécula clomazona (1.080 g i.a. ha⁻¹) tanto de forma isolada, como em adição de B para controlar *I. hederifolia*, aos 30 e 45 DAA (Tabela 18). Desta forma, é possível salientar que a aplicação conjunta de clomazona+hexazinona (1000 + 250 g i.a. ha⁻¹), demonstrou resultados similares quando o ativo clomazona foi pulverizado de forma separada.

Segundo Kruse *et al.* (2001), ao realizar aplicação de isoxaflutole (52,2 g i.a. ha⁻¹), posicionando a molécula na pré-emergência de *I. hederifolia*, aos 52 DAA, promoveu um controle levemente superior a 80%.

Com 15 DAA, embora tenha sido mostrada diferença, os tratamentos com isoxaflutole controlaram pelo menos 90% da *E. hyssopifolia* (Tabela 19). Aos 30 DAA, a única calda que apresentou diferença entre os herbicidas e dentre as fontes de B, foi o tratamento com isoxaflutole+FB3, o qual mostrou controle de 97,5%. Nos 45 DAA, somente o isoxaflutole, quando aplicado com a FB2, mostrou resultado na faixa de controle considerado bom (75%), apresentando déficit de 25%, quando comparado à calda do clomazona+FB2. Além disto, foi a única calda contendo isoxaflutole com controle inferior a 97,5%.

Tabela 19. Percentual de controle visual de *E. hyssopifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.

		15 DAA			
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	100 Aa				

isoxaflutole	100 Aa	90 Ab	100 Aa	93,75 Aab	97,5 Aab
CV(%)	5,72				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100Aa	100 Aa
isoxaflutole	100 Aa	100 Aa	100 Aa	97,5 Bb	100 Aa
CV(%)	1,59				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
isoxaflutole	100 Aa	100 Aa	75 Bb	97,5 Aab	98,75 Aa
CV(%)	16,38				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Quando utilizado o herbicida clomazona ($1.250 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), em pré-emergência, tanto da daninha, como da cana-de-açúcar, Sadaniel *et al.* (2008) conseguiu obter controle absoluto sob *Euphorbia hirta*, mantendo esse resultado durante as avaliações que foram dos 30 aos 120 DAA. Freitas *et al.* (2022) expressou controle excelente diante de *E. hirta*, tanto usando clomazona ($1000 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), como ao fazer o uso de outro inibidor de carotenoide, isoxaflutole ($60 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), no decorrer de 28 DAA.

Os tratamentos mantiveram controles semelhantes ao longo dos 15, 30 e 45 DAA, no entanto, a calda de isoxaflutole sem B obteve percentual de controle abaixo de 100%, aos 45 DAA, ainda assim, enquadrou-se na classe excelente (98,45%) de controle da *Digitaria spp.* (Tabela 20).

Tabela 20. Percentual de controle visual de *Digitaria spp.*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
isoxaflutole	100 Aa	98,75 Aa	98,75 Aa	98,75 Aa	97,5Aa
CV(%)	2,1				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
isoxaflutole	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4

clomazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
isoxaflutole	98,45 Ab	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0,79				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Tropaldi *et al.* (2018) ao fazer uso do ativo isoxaflutole (112,5 g i.a. ha⁻¹), promoveu nível excelente (100%) de controle para *Digitaria ciliaris*, *D. horizontalis* e *Digitaria nuda*, aos 14, 21 e 30 DAA, no caso da molécula clomazona (1.200 g i.a. ha⁻¹), alcançou da mesma forma os 100% de controle das mesmas espécies e diante de igual período de avaliação. Esses valores vão de encontro aos que foram encontrados no presente estudo, tanto para as caldas que receberam adição de alguma das quatro fontes de B, bem como nos diferentes herbicidas inibidor de carotenoide utilizados.

Correia *et al.* (2012) mostrou em seu estudo a ação do clomazona (1.200 g i.a. ha⁻¹) e do isoxaflutole (188 g i.a. ha⁻¹), em pré-emergência, no controle de *D. horizontalis*, alcançando, aos 30 DAA, níveis de 98,8% e 99,2% de controle, de forma respectiva. Machado *et al.* (2016), por sua vez, obteve resultado parecido no controle de *D. sanguinalis*, ao utilizar clomazona (1.000 g i.a. ha⁻¹).

Durante as avaliações, aos 15, 30 e 45 DAA, os tratamentos que envolveram a molécula clomazona mantiveram os 100% de controle de *M. maximus* (Tabela 21). Tratando-se do isoxaflutole, nos 15 DAA, não foi apresentada diferença, sendo constatado controle muito bom (87,5%) para a calda isolada e a que continha a FB4, as demais alcançaram um controle excelente (93,75%). Nas avaliações seguintes, apenas o tratamento isoxaflutole+FB3 não alcançou 100% de controle. Indo de encontro aos resultados encontrados, Correia *et al.* (2012), ao posicionar em pré-emergência o clomazona (1.200 g i.a. ha⁻¹) e o isoxaflutole (188 g i.a. ha⁻¹) no controle de *Panicum maximum*, aos 30 DAA, alcançou 100% para ambas as moléculas.

Tabela 21. Percentual de controle visual de *M. maximus*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
isoxaflutole	87,5 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	87,5 Aa
CV(%)	13,71				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa

isoxaflutole	100 Aa	100 Aa	100 Aa	93,75 Bb	100 Aa
CV(%)	3,98				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
isoxaflutole	100 Aa	100 Aa	100 Aa	93,75 Bb	100 Aa
CV(%)	3,98				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Ao decorrer das avaliações de 15, 30 e 45 DAA, o controle das espécies *I. hederifolia*, *E. hyssopifolia*, *Digitaria* spp. e *M. maximus* para todos os tratamentos, obtiveram nível excelente de controle, estando entre 93,75 e 100% (Tabela 22).

Tabela 22. Percentual de controle visual de *I. hederifolia*, *E. hyssopifolia*, *Digitaria* spp. e *M. maximus*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado o herbicida inibidor da biossíntese de carotenoides e celulose.

<i>I. hederifolia</i>			
	15 DAA	30 DAA	45 DAA
Sem B	100 a	93,75 a	100 a
FB1	100 a	93,75 a	100 a
FB2	100 a	100 a	100 a
FB3	100 a	100 a	100 a
FB4	100 a	100 a	100 a
CV(%)	0	8,11	0
<i>E. hyssopifolia</i>			
	15 DAA	30 DAA	45 DAA
Sem B	100 a	100 a	100 a
FB1	100 a	98,75 a	100 a
FB2	100 a	100 a	100 a
FB3	100 a	100 a	100 a
FB4	100 a	100 a	100 a
CV(%)	0	1,12	0
<i>Digitaria</i> spp.			
	15 DAA	30 DAA	45 DAA
Sem B	100 a	100 a	100 a
FB1	100 a	100 a	100 a
FB2	100 a	100 a	100 a
FB3	100 a	100 a	100 a
FB4	100 a	100 a	100 a

CV(%)	0	0	0
<i>M. maximus</i>			
	15 DAA	30 DAA	45 DAA
Sem B	100 a	100 a	100 a
FB1	100 a	93,75 a	100 a
FB2	100 a	100 a	100 a
FB3	100 a	100 a	100 a
FB4	100 a	100 a	100 a
CV(%)	0	5,66	0

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letra minúscula diferente, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

4.2.5 Massa seca relativa

A %MS da *I. hederifolia* sofreu uma redução acima de 95%. No caso da *E. hyssopifolia*, a calda de isoxaflutole+FB2, apresentou redução de %MS inferior ao tratamento clomazona+FB2, bem como diante das demais caldas do isoxaflutole (Tabela 23).

Tabela 23. Massa seca relativa de *I. hederifolia* e *E. hyssopifolia* quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.

<i>I. hederifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	0 Aa	0 Aa	1,56 Aa	0 Aa	3,86 Aa
isoxaflutole	0 Aa	4,11 Aa	0 Aa	0 Aa	0,99 Aa
CV(%)	62,74				
<i>E. hyssopifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
isoxaflutole	0 Aa	0 Aa	5,95 Bb	2,38 Aab	0 Aa
CV(%)	62,52				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Todos os tratamentos resultaram em 0% de %MS tanto da *Digitaria* spp., como de *M. maximus* (Tabela 24). Resultados similares foram encontrados por Tropaldi *et al.* (2018) ao fazer uso de clomazona e isoxaflutole no controle de três espécies pertencentes ao gênero *Digitaria*. Mostrando que tanto de forma isolada, como na presença de B no tanque, os ativos

realizaram a redução da %MS de forma máxima. A %MS das espécies trabalhadas resultou em 0% para todos os tratamentos de indaziflam+isoxaflutole (Tabela 25).

Tabela 24. Massa seca relativa de *Digitaria* spp. e *M. maximus* quando utilizado os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides.

<i>Digitaria</i> spp.					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
isoxaflutole	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				
<i>M. maximus</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
clomazona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
isoxaflutole	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Tabela 25. Massa seca relativa de *I. hederifolia*, *E. hyssopifolia*, *Digitaria* spp. e *M. maximus* quando utilizado o herbicida inibidor da biossíntese de carotenoides e celulose.

<i>I. hederifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
indaziflam+isoxaflutole	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
CV(%)	0				
<i>E. hyssopifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
indaziflam+isoxaflutole	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
CV(%)	0				
<i>Digitaria</i> spp.					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
indaziflam+isoxaflutole	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
CV(%)	0				
<i>M. maximus</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
indaziflam+isoxaflutole	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
CV(%)	0				

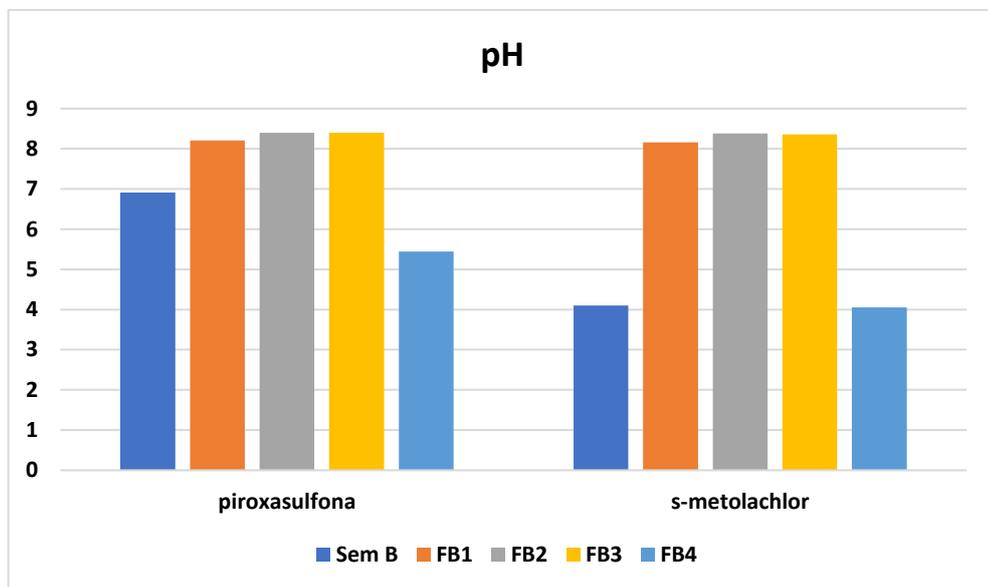
Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letra minúscula diferente, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

4.3 Inibidor do crescimento inicial

4.3.1 Valores de pH

As FB1, FB2 e FB3, proporcionaram um aumento de pH tanto quando posto junto do piroxasulfona, bem como na calda do s-metolachlor. Contrariamente, a FB4 causou uma baixa, em ambas as caldas (Figura 7).

Figura 7. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor do crescimento inicial, isolados e com quatro fontes de B.



Fonte: Autor, 2024.

4.3.2 Teste da jarra

Em seguida da agitação, a calda com piroxasulfona+FB4, mostrou separação imediata, os demais mantiveram estabilidade perfeita, até 1 MAA (Tabela 26). Ao chegar aos 5 MAA, o tratamento com piroxasulfona+FB3, começou a mostrar separação de fases e aos 30 MAA, somente as caldas com a molécula de s-metolachlor mantiveram a estabilidade.

Tabela 26. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor do crescimento inicial, na ausência e presença de quatro fontes de B.

Caldas	GRAU DE SOLUBILIDADE				
	0 min	1 min	5 min	10 min	30 min
piroxasulfona	5	5	5	5	4
piroxasulfona+FB1	5	5	5	5	4

piroxasulfona+FB2	5	5	5	5	4
piroxasulfona+FB3	5	5	3	3	3
piroxasulfona+FB4	1	1	1	1	1
s-metolachlor	5	5	5	5	5
s-metolachlor+FB1	5	5	5	5	5
s-metolachlor+FB2	5	5	5	5	5
s-metolachlor+FB3	5	5	5	5	5
s-metolachlor+FB4	5	5	5	5	5

Fonte: Autor, 2024.

4.3.3 Teste do sinal

Seguidamente ao teste (Tabela 27), foi visto que somente na calda pura de s-metolachlor, não houve a ocorrência de resíduo.

Tabela 27. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda, quando utilizados os herbicidas inibidores do crescimento inicial.

Herbicidas	TESTE DO SINAL				
	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
s-metolachlor	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autor, 2024.

4.3.4 Percentual de controle visual

Pôde ser observado que as caldas de piroxasulfona com a presença das fontes de B, aos 15 DAA, demonstrou controle de *I. hederifolia* maior que a molécula aplicada isoladamente (Tabela 28). Em relação ao s-metolachlor, esse mesmo aumento foi verificado nos tratamentos em que se fizeram presentes as FB1 e FB2. Embora não tenham diferido, em ambas as condições. Ao atingir 30 e 45 DAA, com a exceção da calda de s-metolachlor+FB3 e s-metolachlor+FB4, os demais tratamentos alcançaram controle de pelo menos 75%.

Tabela 28. Percentual de controle visual de *I. hederifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizados os herbicidas inibidores do crescimento inicial.

Herbicidas	15 DAA				
	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	56,25 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	87,5 Aa	75 Aa

s-metolachlor	75 Aa	81,25 Aa	81,25 Aa	62,5 Aa	56,25 Aa
CV(%)	35,16				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	87,5 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	75 Aa
s-metolachlor	81,25 Aa	81,25 Aa	81,25 Aa	62,5 Aa	56,25 Aa
CV(%)	30,62				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	93,75 Aa	100 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa	75 Aa
s-metolachlor	81,25 Aa	81,25 Aa	81,25 Aa	62,5 Aa	62,5 Aa
CV(%)	28,48				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Yamaji *et al.* (2014) estudaram o uso da molécula piroxasulfona (125 g i.a. ha⁻¹), intencionando controlar *Ipomoea hederacea*. Ao avaliarem, 28 DAA, foi notado que o ativo possibilitou um controle excelente, superior aos 91%. No caso do uso do s-metolachlor para controlar corda-se-viola, d'Antonino *et al.* (2007) ressaltou certa ineficiência no controle da espécie *I. grandifolia*, utilizando 1.920 g i.a. ha⁻¹ e Dan *et al.* (2010) obteve 73,7% de controle da mesma espécie usando 1.680 g i.a. ha⁻¹.

Durante os períodos de 15, 30 e 45 DAA, todos os tratamentos propiciaram controle excelente (100%) de *E. hyssopifolia* (Tabela 29). Em pesquisa realizada por Freitas *et al.* (2022), o ativo s-metolachlor (1.440 g i.a. ha⁻¹) apresentou controle completo de *E. hirta*, entre 14 e 28 DAA, da mesma forma, ao utilizar o piroxasulfona (100 g i.a. ha⁻¹), sendo atestado em período de avaliação igual.

Tabela 29. Percentual de controle visual de *E. hyssopifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizados os herbicidas inibidores do crescimento inicial.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa				
s-metolachlor	100 Aa				
CV(%)	0				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa				
s-metolachlor	100 Aa				
CV(%)	0				
45 DAA					

Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa				
s-metolachlor	100 Aa				
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Aos 15 DAA, o controle de *Digitaria* spp. alcançado foi de 100% para todos os tratamentos (Tabela 30). Unicamente, a calda pura de s-metolachlor apresentou diferença, aos 30 DAA, controlando somente 78,75%, quantidade inferior aos outros tratamentos aplicados. Na avaliação aos 45 DAA, a situação do s-metolachlor puro permaneceu sendo a única em que o tratamento não atingiu um controle excelente, alcançando 78,75%.

Tabela 30. Percentual de controle visual de *Digitaria* spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizados os herbicidas inibidores do crescimento inicial.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
s-metolachlor	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
s-metolachlor	78,75 Bb	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	13,73				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
s-metolachlor	78,75 Bb	100 Aa	98,75 Aa	100 Aa	97,5 Aab
CV(%)	13,90				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

A calda de piroxasulfona+FB1, de forma única, apresentou resultado inferior a 100 %, contudo, enquadrou-se no nível de controle excelente de *M. maximus*, aos 15 DAA (Tabela 31). Entre as caldas isoladas, aos 30 e 45 DAA, o s-metolachlor gerou controle de 87,5%, desta forma, não alcançou a classe excelente de controle, permeando apenas um controle muito bom.

Segundo Matte *et al.* (2023), ao se utilizarem das doses de 100 g i.a. ha⁻¹ de piroxasulfona e 1920 g i.a. ha⁻¹ de s-metolachlor, ocorreram aos 28 e 42 DAA, controle total em pré-emergente de *D. horizontalis* e *P. maximum*, para ambos os herbicidas. Corroborando

com a ação desses ativos, Steele *et al.* (2005), de forma similar, conseguiram demonstrar controle de *P. texanum*, usando as moléculas piroxasulfona (125 g i.a. ha⁻¹) e s-metolachlor (1070 g i.a. ha⁻¹).

Santos *et al.* (2011) ao testarem o herbicida s-metolachlor (2.880 g i.a. ha⁻¹), posicionando-o na pré-emergência de *D. horizontalis*, em aplicação aérea, obteve desta maneira, nível acima de 82% de controle, entre 30 e 120 DAA. Ao enfatizar a molécula piroxasulfona (1.510 g i.a. ha⁻¹), Marcussi *et al.* (2018) promoveram em seu trabalho a seletividade e eficácia do ativo quando utilizado na canicultura, cujo mostrou controlar plantas daninhas das espécies de *M. maximus* e *D. horizontalis*, Knezevic *et al.* (2009) e Olson *et al.* (2011), alcançaram resultados semelhantes diante de poaceas.

Tabela 31. Percentual de controle visual de *M. maximus*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizados os herbicidas inibidores do crescimento inicial.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa	93,75 Bb	100 Aa	100 Aa	100 Aa
s-metolachlor	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	3,98				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
s-metolachlor	87,5 Bb	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	8,01				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
s-metolachlor	87,5 Bb	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	8,01				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

4.3.5 Massa seca relativa

Embora não tenham diferenciado das demais caldas com piroxasulfona, os tratamentos piroxasulfona+FB3 e piroxasulfona+FB4 não alcançaram uma taxa de redução de pelo menos 90%, resultado observado nos outros tratamentos (Tabela 32). Dentre as caldas do s-metolachlor, a que continha a FB4, proporcionou redução de apenas 25% da %MS de *I.*

hederifolia, taxa bastante inferior ao que foi realizado pelo tratamento s-metolachlor+FB1, cujo reduziu mais de 90%.

Para *E. hyssopifolia* e *M. maximus* não foi verificada presença de massa seca, em relação a *Digitaria* spp., somente o tratamento s-metolachlor sem B, não alcançou redução total de massa (Tabelas 32). Níveis semelhantes quanto a redução da massa seca das espécies das daninhas *D. horizontalis* e *M. Maximus*, foram obtidos por Matte *et al.* (2023), usando Piroxasulfona e S-metolachlor.

Tabela 32. Massa seca relativa de *I. hederifolia*, *E. hyssopifolia*, *Digitaria* spp. e *M. maximus* quando utilizados os herbicidas inibidores do crescimento inicial.

<i>I. hederifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	0 Aa	0 Aa	2,93 Aa	17,24 Aa	37,45 Aa
s-metolachlor	28,24 Aab	9,83 Aa	45,1 Aab	43,62 Aab	75 Ab
CV(%)	95,50				
<i>E. hyssopifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
s-metolachlor	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				
<i>Digitaria</i> spp.					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
s-metolachlor	1,08 Bb	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	19,97				
<i>M. maximus</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
piroxasulfona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
s-metolachlor	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

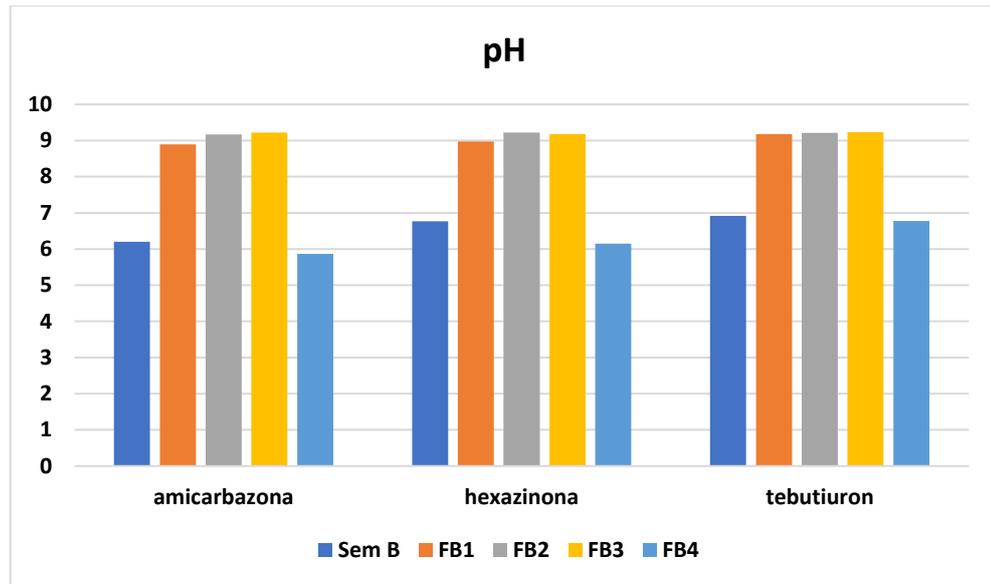
4.4 Inibidor do FSII

4.4.1 Valores de pH

Foi visualizada a elevação de pH nas caldas que receberam as FB1, FB2 e FB3, chegando pelo menos na faixa de 8,89 (amicarbazona+FB1) e valor máximo de 9,23

(tebutiuron+FB3). Nas caldas em que foram adicionadas a FB4, acabaram demonstrando leve baixa em seus valores de pH.

Figura 8. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor do FSII, isolados e com quatro fontes de B.



Fonte: Autor, 2024.

4.4.2 Teste da jarra

Logo após a agitação, nas caldas de amicarbazona, verificou-se separação imediata, da mesma forma para os tratamentos hexazinona+FB1, hexazinona+FB4 e tebutiuron+FB4 (Tabela 33). Os demais tratamentos até os 10 MAA permaneceram estáveis. A partir dos 10 MAA, as caldas de tebutiuron+FB1, tebutiuron+FB2 e tebutiuron+FB3, começaram a apresentar separação. Os tratamentos tebutiuron, hexazinona, hexazinona+FB2 e hexazinona+FB3, sustentaram estabilidade por todo o teste.

Tabela 33. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor do FSII, na ausência e presença de quatro fontes de B.

Caldas	GRAU DE SOLUBILIDADE				
	0 min	1 min	5 min	10 min	30 min
amicarbazona	1	1	1	1	1
amicarbazona+FB1	1	1	1	1	1
amicarbazona+FB2	1	1	1	1	1
amicarbazona+FB3	1	1	1	1	1

amicarbazona+FB4	1	1	1	1	1
hexazinona	5	5	5	5	5
hexazinona+FB1	1	1	1	1	1
hexazinona+FB2	5	5	5	5	5
hexazinona+FB3	5	5	5	5	5
hexazinona +FB4	1	1	1	1	1
tebutiuron	5	5	5	5	5
tebutiuron+FB1	5	5	5	5	4
tebutiuron+FB2	5	5	5	5	4
tebutiuron+FB3	5	5	5	5	4
tebutiuron+FB4	1	1	1	1	1

Fonte: Autor, 2024.

4.4.3 Teste do sinal

Por meio da análise (Tabela 34), não foi constatada a existência de resíduos nas caldas dos tratamentos hexazinona sem B, hexazinona+FB2 e hexazinona+FB3, somente.

Tabela 34. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.

Herbicidas	TESTE DO SINAL				
	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
hexazinona	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM
tebutiuron	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autor, 2024.

4.4.4 Percentual de controle visual

Aos 15 DAA, foi possibilitada a observação de que a FB3, quando aplicada junto a molécula amicarbazona não conseguiu controlar ao menos 75% de *I. hederifolia*, que foi o menor controle das caldas que envolveram essa molécula e entre as misturas que continham a FB3, foi a menor taxa de controle, constituindo apenas um controle suficiente, já as demais, um controle excelente (Tabela 35). Aos 30 e 45 DAA, o controle para todos os tratamentos totalizou 100%.

Tabela 35. Percentual de controle visual de *I. hederifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.

15 DAA

Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	81,25 Aa	75 Aa	87,5 Aa	68,75 Ba	93,75 Aa
hexazinona	93,75 Aa	100 Aa	93,75 Aa	100 Aa	87,5 Aa
tebutiuron	100 Aa	100 Aa	75 Aa	93,75 ABa	81,25 Aa
CV(%)	23,47				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
tebutiuron	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
tebutiuron	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Os valores notados neste trabalho, ao fazer uso de amicarbazona, assemelharam-se aos encontrados por Carvalho *et al.* (2011), quando utilizada a dose de 1050 g i.a. ha⁻¹, datando 75 DAA, controlou 98,5%. Aos 14 DAA, usando tratamento composto por amicarbazona (1400 g i.a. ha⁻¹), visando o controle de *M. aegyptia*, Ferreira *et al.* (2020) obtiveram um controle de 94,66%, aos 28 e 35 DAA, esta taxa aumentou para 100%. Toledo *et al.* (2017) por sua vez mostraram controle de *I. hederifolia* completo entre 30 e 120 DAA usando 1225 g. ha⁻¹ i.a. de amicarbazona.

Negrisoni *et al.* (2007) trabalharam com o ativo tebutiuron (1.000 g i.a. ha⁻¹), em pré-emergência, almejando o controle de *I. grandifolia*. Conseguiram aos 7 DAA valor de 85% de controle e dos 14 aos 56 DAA, mantiveram controle excelente, variando entre 99 e 100%. Foi constatado em estudo conduzido por Oliveira Junior *et al.* (2008) o controle de *I. grandifolia*, em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar, utilizando-se de tratamento contendo o ativo isolado hexazinona (250 g i.a. ha⁻¹), onde aos 21 DAA, a taxa foi de 99,5% de controle, além desta espécie, também foi verificado aos 21 e 112 DAA, um controle excelente da *E. heterophylla*.

O tratamento amicarbazona+FB3, aos 15 DAA, mostrou resultado de apenas 75% de controle de *E. hyssopifolia*, sendo inferior a calda de amicarbazona que recebeu a FB2, tratamento que controlou toda a espécie da planta daninha (Tabela 36). A calda de

hexazinona+FB3 também foi melhor que amicarbazona+FB3, apresentando diferença de 25% de controle.

Tabela 36. Percentual de controle visual de *E. hyssopifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	85 Aab	98,75 Aab	100 Aa	75 Bb	85 Aab
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
tebutiuron	100 Aa	100 Aa	100 Aa	98,75 ABa	96,25 Aa
CV(%)	17,72				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
tebutiuron	86,25 Bb	97,5 Aab	98,75 Aa	86,25 Bb	96,25 Aab
CV(%)	8,22				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
tebutiuron	100 Aa	98,75 Bb	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0,65				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Ao chegar os 30 DAA, tratamentos com amicarbazona e hexazinona, sem e com B, apresentaram controle total do mato (Tabela 36). Em contrapartida, a calda de tebutiuron controlou menos que os demais herbicidas sem B, o mesmo cenário se repetiu entre as caldas com adição da FB3, onde a que continha tebutiuron foi inferior as outras. Além disso, o tratamento com de tebutiuron+FB2 foi superior ao sem B e ao que recebeu a FB3.

Na última avaliação de controle de *E. hyssopifolia*, por meio do uso dos herbicidas inibidores do FSII, aos 45 DAA, somente o tratamento que recebeu tebutiuron somado a FB1, apresentou diferença em relação aos outros herbicidas, nessa condição (Tabela 36), mas também quando comparado aos demais tratamentos envolvendo a molécula tebutiuron, contudo, controlou 98,75% do mato.

Conforme apontado por Toledo *et al.* (2009), a molécula de amicarbazona (1.050 g i.a. ha⁻¹), quando utilizada em posicionamento de pré-emergência da planta daninha *E.*

heterophylla, exibiram resultados de eficácia no nível de 99,5% aos 14 DAA e um controle por inteiro aos 28 DAA.

Fazendo uso do ativo tebutiuron (80 g i.a. ha⁻¹), Santos *et al.* (2024) conseguiram realizar controle da espécie *E. hyssopifolia*, alcançando nível superior a 91%, aos 45 DAA. De maneira semelhante, as taxas encontradas por Ferreira *et al.* (2016), ao experienciarem a ação deste mesmo herbicida (80 g i.a. ha⁻¹) sob *E. heterophylla* e *E. hyssopifolia*, aos 30 DAA, tiveram proximidade aos 100% de controle, contudo, ao datar 45 DAA, apresentou redução para 48 e 40,78%, de forma respectiva.

Não houve diferença entre os tratamentos 15 DAA (Tabela 37). Aos 30 DAA, a calda com tebutiuron+FB1, apresentou controle de *Digitaria* spp. inferior as demais moléculas com adição da FB1 e em relação aos tratamentos com tebutiuron, sem e com B. Na terceira avaliação, 45 DAA, a calda com hexazinona na ausência de B, mostrou resultado abaixo dos demais controles proporcionados, quando foram utilizadas as moléculas isoladas, da mesma forma, quando foi comparada as demais caldas que continham a hexazinona, ainda que tenha obtido controle excelente (97,5%).

Tabela 37. Percentual de controle visual de *Digitaria* spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	87,5 Aa	98,75 Aa	96,25 Aa	77,5 Aa	75 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
tebutiuron	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	95 Aa
CV(%)	19,74				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	98,75 Aa
tebutiuron	97,5 Aa	73,75 Bb	100 Aa	82,5 Aab	82,5 Aab
CV(%)	17,29				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
hexazinona	97,5 Bb	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
tebutiuron	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	98,75 Aa
CV(%)	1,45				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Tropaldi *et al.* (2017) em seu trabalho, usando as moléculas de hexazinona (300 g i.a. ha⁻¹), amicarbazona (1050 g i.a. ha⁻¹) e tebutiuron (800 g i.a. ha⁻¹), apresentaram controle dentro do nível referente ao excelente (98,5; 98,2 e 98,5%, respectivamente), para *D. ciliares* e *D. horizontalis*, aos 15 DAA, e o nível máximo foi alcançado aos 30 DAA. Rocha *et al.* (2006) usando tebutiuron (1000 g i.a. ha⁻¹) controlou 99,5% de *D. horizontalis*, aos 32 DAA.

Verificou-se a ausência de diferenças ao longo dos 15, 30 e 45 DAA (Tabela 38), embora aos 15 DAA, foi percebido que o tratamento contendo amicarbazona+FB1, controlou 25% de *M. maximus* a mais que a calda da mesma molécula sem o micronutriente.

De acordo com Giancotti *et al.* (2012), o herbicida amicarbazona (1.190 g i.a. ha⁻¹) controlou cerca de 80% da espécie *D. nuda*, aos 14 dias de avaliação, posteriormente, aos 28 dias, esse valor chegou ao seu nível máximo. Ao atuar no controle de *P. maximum*, os números estiveram dentro do excelente (98,3 e 96,7%). Valores também encontrados por Oliveira Junior *et al.* (2008) ao fazer uso do ativo hexazinona (250 g i.a. ha⁻¹), na pré-emergência da cana-planta, almejando o controle de *D. horizontalis*, o qual proporcionou 100%, aos 21 DAA, além do controle de *M. maximus*, no mesmo período e nível. Negrisoni (2005) realizou um estudo utilizando o tebutiuron (1000 g i.a. ha⁻¹) no controle de *P. maximum*. A ação do herbicida mostrou um controle eficaz da espécie, conseguindo aos 60 DAA controlar uma taxa próxima aos 100%.

Tabela 38. Percentual de controle visual de *M. maximus*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	75 Aa	100 Aa	75 Aa	75 Aa	68,75 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	81,25 Aa
tebutiuron	100 Aa	93,75 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	30,08				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	87,5 Aa
tebutiuron	100 Aa	81,25 Aa	100 Aa	75 Aa	75 Aa
CV(%)	22,89				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
hexazinona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	93,75 Aa
tebutiuron	100 Aa	93,75 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	4,60				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

4.4.5 Massa seca relativa

Todos os tratamentos reduziram totalmente a %MS de todas as espécies (Tabela 39). Resultados semelhantes foram encontrados em pesquisa conduzida por Ferreira *et al.* (2020), em que o tratamento com o ativo amicabazona isolado ($1400 \text{ g. ha}^{-1} \text{ i.a.}$) gerou controle completo do mato, por consequência, propiciando a redução total da massa da espécie *M. aegyptia*. Negrisoli *et al.* (2007) ao fazer uso de tebutiuron ($1.000 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), alcançou também redução máxima da biomassa seca da espécie *I. grandifloia*.

Ao trabalhar com três herbicidas inibidores do FSII: hexazinona ($300 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), amicabazona ($1050 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) e tebutiuron ($800 \text{ g i.a. ha}^{-1}$), Tropaldi *et al.* (2017) conseguiram gerar redução máxima do percentual de massa seca das espécies *D. ciliares* e *D. horizontalis*.

Desta maneira, pode-se salientar que a presença do micronutriente, na calda, independente das fontes trabalhadas, não prejudicou a redução da %MS em nenhum dos tratamentos, da mesma forma, em relação as espécies de planta-daninha usadas no presente estudo.

Tabela 39. Massa seca relativa de *I. hederifolia*, *E. hyssopifolia*, *Digitaria* spp. e *M. maximus* quando utilizado os herbicidas inibidores do FSII.

<i>I. hederifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicabazona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
hexazinona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
tebutiuron	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				
<i>E. hyssopifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicabazona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
hexazinona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
tebutiuron	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				
<i>Digitaria</i> spp.					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicabazona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
hexazinona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
tebutiuron	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				

<i>M. maximus</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
amicarbazona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
hexazinona	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
tebutiuron	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

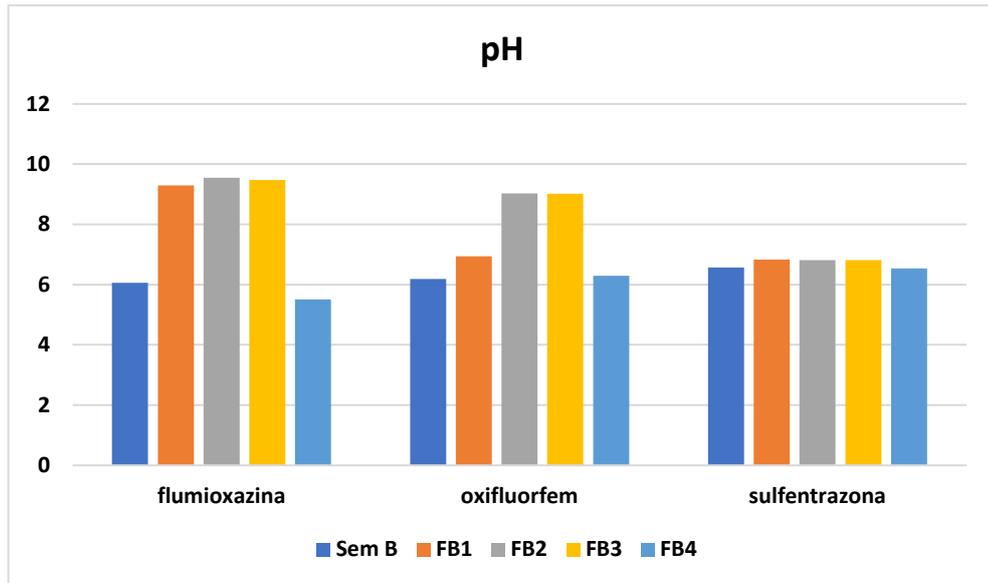
4.5 Inibidor da PROTOX

4.5.1 Valores de pH

Houve aumento de pH nas caldas que foram adicionadas as FB1, FB2 e FB3, para todas as moléculas (Figura 17). A FB4, em contrapartida, gerou decréscimo de pH quando foi posta na calda de flumioxazina e sulfentrazona, na calda do oxyxfluorfen acarretou um leve aumento.

Por intermédio da adição de duas fontes de B, Castro *et al.* (2002) atestaram para as caldas de oxifluorfen ($0,36 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$) e sufentrazona ($0,35 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$), que receberam o bórax (2 kg ha^{-1} , 11,5 % de B), aumento em seus valores de pH, contrapondo as caldas que receberam o ácido bórico (2 kg ha^{-1} , 17,5 % de B), que apresentaram baixa. Em relação a flumioxazina ($0,04 \text{ kg i.a. ha}^{-1}$), Cunha e Martins (2022) mostraram valores de pH 4,64 após o preparo da calda. Mostrando desta forma, a influência da presença do B em relação a variação do pH do meio (Figura 9).

Figura 9. Valores de pH dos herbicidas do mecanismo inibidor do PROTOX, isolados e com quatro fontes de B.



Fonte: Autor, 2024.

4.5.2 Teste da jarra

Entre os tratamentos que foram utilizados a molécula sulfentrazona, apenas a calda sem B apresentou estabilidade perfeita, a qual durou até os 5 MAA, as demais caldas contendo esse herbicida demonstraram separação imediata (Tabela 40). No caso dos tratamentos envolvendo a flumioxazina, o que recebeu a FB4, de imediato houve separação, a calda pura e a que foi adicionada a FB3 separaram 10 MAA, e aos 30 MAA as caldas restantes com a molécula separaram-se. O oxifluorfem foi o único que teve todos os seus tratamentos sustentando a estabilidade durante todo o teste.

Tabela 40. Notas de solubilidade referentes as caldas dos herbicidas do mecanismo inibidor do PROTOX, na ausência e presença de quatro fontes de B.

Caldas	GRAU DE SOLUBILIDADE				
	0 min	1 min	5 min	10 min	30 min
flumioxazina	5	5	5	4	4
flumioxazina+FB1	5	5	5	5	4
flumioxazina+FB2	5	5	5	5	4
flumioxazina+FB3	5	5	5	4	4
flumioxazina+FB4	1	1	1	1	1
oxifluorfem	5	5	5	5	5
oxifluorfem+FB1	5	5	5	5	5
oxifluorfem+FB2	5	5	5	5	5
oxifluorfem+FB3	5	5	5	5	5
oxifluorfem+FB4	5	5	5	5	5
sulfentrazona	5	5	5	4	4

sulfentrazone+FB1	1	1	1	1	1
sulfentrazone+FB2	1	1	1	1	1
sulfentrazone+FB3	1	1	1	1	1
sulfentrazone+FB4	1	1	1	1	1

Fonte: Autor, 2024.

Em alguns casos, quando há mistura em tanque entre herbicida e micronutriente, produtos de distintas características físico-químicas, pode haver a ocorrência visual da insolubilidade entre esses ativos. No estudo de Castro *et al.* (2002), foi visualizada a presença de um resíduo na calda dos herbicidas oxifluorfen e sulfentrazone com a adição de bórax (2 kg ha⁻¹, 11,5 % de B), o qual os autores descreveram como algo semelhante a uma “nata”, que se depositou no fundo do tanque de pulverização, porém, não gerou entupimento dos bicos. Ao se tratar do ácido bórico (2 kg ha⁻¹, 17,5 % de B), eles realizaram uma pré-solução, dissolvendo a fonte de B em meio aquoso, à temperatura ambiente, facilitando a homogeneidade da calda.

Diante dos dados obtidos e após visualizar as caldas preparadas, pôde-se notar que houve presença de resíduo, todavia, não foi gerado problema algum relacionado a dinâmica de pulverização.

4.5.3 Teste do sinal

Verificou-se a presença de resíduos provenientes da insolubilidade em todas as caldas sem e com B (Tabela 41).

Tabela 41. Resposta binária por meio do teste do sinal, para identificação da presença de resíduos advindo da insolubilidade da calda quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.

Herbicidas	TESTE DO SINAL				
	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
oxifluorfen	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
sulfentrazone	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: Autor, 2024.

4.5.4 Percentual de controle visual

Foi identificado, aos 15 DAA, que apenas na calda com oxifluorfem+FB3 a taxa de controle ficou abaixo de 100% (Tabela 42). Nas avaliações posteriores, houve controle completo de *I. hederifolia*.

Tabela 42. Percentual de controle visual de *I. hederifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfem	100 Aa	100 Aa	100 Aa	93,75 Bb	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	3,24				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfem	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfem	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Segundo Toledo *et al.* (2017), em um cenário de pré-emergência tanto da cultura da cana-de-acúcar, como das espécies de planta daninha: *I. hederifolia* e *Ipomea nil*, o tratamento com sulfentrazone (900 g i.a. ha⁻¹) proporcionou níveis de controle excelente, entre os 30 e 120 DAA. Azania *et al.* (2010), por sua vez, obteve 90% de controle, aos 28 DAA, utilizando 800 g i.a. ha⁻¹ de sulfentrazone. Castro *et al.* (2002) ao posicionar na pré-emergência do girassol (*Helianthus annuus* L.) a molécula de sulfentrazone (350 g i.a. ha⁻¹), isolada e em associação com 2 kg ha⁻¹ de B, fazendo o uso de duas fontes de B (bórax - Na₂B₄O₇ · 10H₂O com 11,5% de B e ácido bórico - H₃BO₃ com 17,5% de B) alcançou controle de *I. grandifolia*, aos 25 e 35 DAA, a partir de 90%.

Resultados semelhantes foram observados nas caldas que continham alguma fonte de B, no presente trabalho, deixando em evidência que a interação entre os diferentes produtos,

não interferiu na eficácia do controle. Desta forma, fortalecendo a possibilidade da aplicação de herbicidas inibidores da PROTOX+B.

Ao se trabalhar com a molécula flumioxazina (40 g i.a. ha⁻¹), Jaremtchuk *et al.* (2009) tentaram efetivar o controle de *I. grandifolia*, porém, dentro das condições que conduziram o estudo, não obtiveram êxito. Acabaram demonstrando somente um controle de aproximadamente 15% do mato, aos 14 DAA.

Os resultados apresentados por Negrisoli *et al.* (2009) evidenciaram a eficácia do herbicida oxifluorfem (720 g i.a. ha⁻¹), no controle de duas espécies: *I. grandifolia*, que entre 12 e 26 DAA, manteve-se acima de 91%, ao chegar no período de 33 e 38 DAA, alcançou a totalidade de seu controle; e da *Ipomoea quamoclit*, aos 12 DAA o controle ficou acima de 91%, já nas demais avaliações conseguiu-se 100%.

Detectou-se, aos 15 DAA, apenas na mistura contendo flumioxazina+FB1, valor abaixo de 100% (Tabela 43). Nas avaliações seguintes o controle foi total da *E. hyssopifolia*.

Tabela 43. Percentual de controle visual de *E. hyssopifolia*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	97,5 Bb	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfem	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	1,29				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfem	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfem	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD (p<0,05).

Foi encontrado por Castro *et al.* (2002), aos 25 e 35 DAA, um nível de controle para *Euphorbia heterophylla* que ultrapassou os 90%, tanto na ausência ou na presença de ácido

bórico (17,5% de B; 2 kg ha⁻¹) ou bórax (11,5% de B; 2 kg ha⁻¹) na calda do oxifluorfen (0,36 kg i.a. ha⁻¹). Ao ser utilizado sem ou com B, o sulfentrazona (0,35 kg i.a. ha⁻¹) obteve controle entre 76 e 78%, durante os períodos de avaliação. O presente trabalho, por sua vez, mostrou que a molécula isolada e quando associada com as 4 fontes de B diferentes, conseguiu controlar 100% da *E. hyssopifolia* (Tabela 43).

Gazola *et al.* (2021) testaram a eficácia do herbicida flumioxazina (50 g i.a. ha⁻¹) para controlar *E. heterophylla*, havendo a descoberta de sua alta eficácia diante dessa espécie, sendo apresentados valores de controle aos 30 DAA no nível de 80%.

Ao datar 15 e 30 DAA o controle de *Digitaria* spp. foi excelente para todos os tratamentos, apresentando taxa de 100% de controle (Tabela 44). Aos 45 DAA, apenas a calda de flumioxazina+FB1 foi diferente, mesmo que tenha mostrado um controle excelente (97,5%).

Tabela 44. Percentual de controle visual de *Digitaria* spp., aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfen	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfen	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	97,5 Bb	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfen	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazona	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	1,29				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

Dados semelhantes foram constatados por Carbonari *et al.* (2010), onde ao aplicar 150 g i.a. ha⁻¹ de flumioxazina controlou 100% das gramíneas *Urochloa decumbens* (capim-braquiária) e *D. horizontalis*. Situação observada por López-Ovejero *et al.* (2006), que ao utilizar sulfentrazona (600 g i.a. ha⁻¹) apresentou nível de excelência no controle de *D. ciliaris*,

durante os 32 e 46 dias após aplicação pré-emergente, proporcionando 95,7 e 97,3% de controle do mato.

Constatou-se que nos períodos de avaliação, 15, 30 e 45 DAA, não houve diferença entre os tratamentos e todos alcançaram um controle excelente (93,75 a 100%) de *M. maximus* (Tabela 45).

Tabela 45. Percentual de controle visual de *M. maximus*, aos 15, 30 e 45 DAA, quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.

15 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	93,75 Aa	93,75 Aa
oxifluorfem	93,75 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	5,66				
30 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfem	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				
45 DAA					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
oxifluorfem	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
sulfentrazone	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

O herbicida flumioxazina quando introduzido no meio agrícola, foi visto como um agente para o controle de plantas daninhas eudicotiledôneas, porém, pesquisas proporcionaram a visão do seu uso eficaz em monocotiledôneas, na pré-emergência, como por exemplo, o *M. maximus*, fazendo-se uso de 125 g i.a. ha⁻¹ (Rodrigues e Almeida 2018), similaridade que foi alcançada neste experimento, mesmo nas misturas com B.

Presoto *et al.* (2022) ao trabalharem com o ativo flumioxazina, posicionando-o em pré-emergência e fazendo uso da dose isolada, conseguiu controlar o *M. maximus* em 85% usando 100 g i.a. ha⁻¹ e 97,5% com dose de 200 g i.a. ha⁻¹, aos 35 DAA. Fazendo uso de 125 g i.a. ha⁻¹ foi possível controlar 100% de *M. maximus*, aos 45 DAA (Tabela 45), cenário no qual a presença do B na calda da molécula não promoveu redução de controle.

Almeida *et al.* (2017) ao estudarem a molécula sulfentrazone (800 g i.a. ha⁻¹), almejando controlar o *P. maximum*, conseguiram durante o período de 90 DAA, manter uma taxa média de controle dentro da excelência (91-100%). Valores achados também por Brighenti *et al.* (2017), na dose de 250 g i.a. ha⁻¹.

Ao trabalhar com o controle de *U. decumbens* na cultura do eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), Brighenti *et al.* (2013) notaram que não houve influência em relação a ausência ou presença do B (ácido bórico - 17% B, 4 kg/100 L de água) na calda do herbicida oxifluorfen (480 g i.a. ha⁻¹), proporcionando controle sem B de 39, 64, 74% e com B de 39,6; 64 e 74,6%, aos 7, 14 e 21 DAA. Contudo, um controle não satisfatório pode estar ligado a fenologia na qual o mato se encontrava. Mediante ao exposto por Brighenti *et al.* (2013), o micronutriente utilizado tem como função corrigir uma deficiência. Dessa maneira, não contribuindo para que o controle se tornasse melhor em sua presença.

4.5.5 Massa seca relativa

As quatro espécies-alvo de planta daninha que foram trabalhadas, apresentaram redução total de %MS, tanto para os tratamentos que contaram apenas com moléculas isoladas, bem como os que receberam a adição de alguma das quatro fontes de B utilizadas (Tabela 46). Resultado similar pôde ser evidenciado por Presoto *et al.* (2022), que com a dose de 200 g i.a. ha⁻¹, reduziu 100% da massa seca de *M. maximus*.

Tabela 46. Massa seca relativa de *I. hederifolia*, *E. hyssopifolia*, *Digitaria* spp. e *M. maximus* quando utilizado os herbicidas inibidores da PROTOX.

<i>I. hederifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
oxifluorfen	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
sulfentrazone	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				
<i>E. hyssopifolia</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
oxifluorfen	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
sulfentrazone	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				
<i>Digitaria</i> spp.					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
oxifluorfen	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa

sulfentrazone	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				
<i>M. maximus</i>					
Herbicidas	Sem B	FB1	FB2	FB3	FB4
flumioxazina	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
oxifluorfem	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
sulfentrazone	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 Aa
CV(%)	0				

Nota: * Médias de tratamentos seguidas de letras maiúscula diferentes, na coluna, e minúscula, na linha, diferem entre si, pelo teste LSD ($p < 0,05$).

5. CONCLUSÃO

O diclosulam pode ser misturado em tanque com todas as fontes de B trabalhadas, no controle de todas as espécies-alvo em foco, opostamente ao metsulfuron-metílico, quando utilizado para o controle de folha estreita. O imazapique, por sua vez, pode agir junto as quatro fontes de B, para o controle da *I. hederifolia*, *E. hyssopifolia* e *Digitaria* spp., para *M. maximus*, somente em adição das FB1, FB2 e FB4.

Os herbicidas inibidores do FSII (amicarbazona, hexazinona e tebutiuron) e os inibidores da PROTOX (flumioxazina, oxifluorfem e sulfentrazona) podem ser misturados com as fontes de B, em sua totalidade, da mesma forma a mistura comercial de indaziflam+isoxaflutole, no controle das espécies estudadas.

A aplicação dos ativos clomazona e isoxaflutole em conjunto com as FB1, FB3 e FB4 pode ser realizada em mistura em tanque, no controle das plantas daninhas trabalhadas, a FB2, não deve ser associada ao isoxaflutole, ao tratar-se do controle de *E. hyssopifolia*.

O piroxasulfona somado as FB1, FB2 e FB3, pode estar sendo direcionado no controle de todas as espécies-alvo em questão. A FB4 não deve ser misturada ao piroxasulfona, quando utilizado para controlar *I. hederifolia*. O s-metolachlor em adição com todas as fontes de B, pode estar sendo posicionado no controle de *E. hyssopifolia*, *Digitaria* spp. e *M. maximus*, contudo o s-metolachlor com FB3 e FB4, não deve ser utilizado no controle de *I. hederifolia*.

REFERÊNCIAS

- ACEBAL, C. et al. Application of a fully integrated photodegradation-detection flow-batch analysis system with an on-line preconcentration step for the determination of metsulfuron methyl in water samples. **Talanta**, v. 129, p. 233-240, 2014.
- ALMEIDA, D. P. et al. Volumes de calda, uso de adjuvante e intervalos sem chuva no controle de plantas-daninhas com sulfentrazone. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 2, p. 163-172, 2017.
- ALONSO, D. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. Potencial de carryover de herbicidas com atividade residual usados em manejo outonal. **Buva: Fundamentos e recomendações para manejo**. Curitiba: Omnipax, p. 91-104, 2013.
- AMIM, R. T. et al. Controle de plantas daninhas pelo indaziflam em solos com diferentes características físico-químicas. **Planta Daninha**, v. 32, p. 791-800, 2014.
- ANDERSON, O. E.; OHKI, K. Cotton growth response and B distribution from foliar application of B. **Agronomy Journal**, v. 64, n. 5, p. 665-667, 1972.
- ARSEGO, I.B. **Sorção dos herbicidas diuron e hexazinone em solos de texturas contrastantes**. 2009. 66p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- ASAD, A.; BLAMEY, F. P. C.; EDWARDS, D. G. Effects of boron foliar applications on vegetative and reproductive growth of sunflower. **Annals of botany**, v. 92, n. 4, p. 565-570, 2003.
- ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS (ALAM). **Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación en ensayos de control de malezas**. ALAM, v. 1, n. 1, p. 35 – 38, 1974.
- AZANIA, C. A. M. et al. Evaluation of herbicides applied on sugar cane during rainy season in Brazil. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 1, p. 9-16, 2010.
- AZEVEDO, L. **Mistura em Tanque de Produtos Fitossanitários: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: IMOS, 2015.
- BARROSO, A. A. M.; MURATA, A. T. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. **Fábrica da Palavra: Jaboticabal, Brazil**, p. 547, 2021.
- BETHKE, R. K. et al. Evaluation of the interaction between glyphosate and glufosinate. **Weed Science**, v. 61, n. 1, p. 41-47, 2013.
- BIANCHI, M. A.; ROCKENBACH, D.; SCHNEIDER, T. Seletividade de herbicidas a base de clorimurrom-etílico aplicados em pré e em pós-emergência da soja. Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 3, 2010. Cruz Alta-RS. **Resumos - Universidade de Cruz Alta**, p. 3, 2010.

BRIGHENTI, A. M.; CALSAVARA, L. H. F.; VAROTTO, Y. V. G. Preemergence herbicides on weed control in elephant grass pasture. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 1, p. 52-59, 2017.

BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C.; DE OLIVEIRA, F. A. Aplicação simultânea de herbicidas dessecantes e boro. 2006.

BRIGHENTI, A. M. et al. Controle da braquiária associado à nutrição por boro no cultivo do eucalipto em Sistema Silvopastoril. 2013.

BYERS, D. E.; MIKKELSEN, R. L.; COX, F. R. Greenhouse evaluation of four boron fertilizer materials. **Journal of plant nutrition**, v. 24, n. 4-5, p. 717-725, 2001.

CALLE-MANZANO, C. L. Carência de boro em girasol. **Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentacion**, 1985.

CAO, J.; DIAO, X. P.; HU, J. Y. Hydrolysis and photolysis of herbicide clomazone in aqueous solutions and natural water under abiotic conditions. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12, n. 11, p. 2074-2082, 2013.

CARBONARI, C. A. et al. Eficácia da associação entre os herbicidas clomazone e hexazinona no controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 1, p. 17-25, 2010.

CARBONARI, C. A. et al. Eficácia do herbicida diclosulam em associação com a palha de sorgo no controle de Ipomoea grandifolia e Sida rhombifolia. **Planta Daninha**, v. 26, p. 657-664, 2008.

CARBONARI, C. A.; GOMES, G. L. G. C.; VELINI, E. D. Efeitos de períodos sem a ocorrência de chuva na eficácia do flumioxazin aplicado no solo e na palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 3, p. 81-88, 2010.

CARVALHO, Fernando Tadeu et al. Eficácia do herbicida amicarbazone no controle de cordas-de-viola na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 183-189, 2011.

CARVALHO, S. J. P. et al. Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha**, v. 23, p. 535-542, 2005.

CASTRO, C.; BRIGHENTI, A. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Mistura em tanque de boro e herbicidas em semeadura convencional de girassol. **Planta Daninha**, v. 20, p. 83-91, 2002.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar. **Piracicaba: CP**, v. 2, p. 72, 2009.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ-OVEJERO, R.F. **Dinâmica dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: BASF, 2005. 49p.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; NICOLAI, M. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 4ª ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. 262p.

CONSTANTIN, J.; DE OLIVEIRA JR, R. S.; MACIEL, C. D. G. Avaliação de misturas em tanque de imazethapyr com outros herbicidas para o controle de *Bidens pilosa* e *Euphorbia heterophylla* em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 1, p. 73-78, 2000.

CORREIA, R. O. S. R. et al. Solubilidade e mobilidade de fertilizantes boratados em condições controladas. **Seminário Pibic Embrapa Solos**, p. 29-32, 2016.

CORREIA, N. M.; KRONKA JR, B. Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 28, p. 853-863, 2010.

CORREIA, N. M.; PERUSSI, F. J.; GOMES, L. J. P. S-metolachlor efficacy on the control of *Brachiaria decumbens*, *Digitaria horizontalis*, and *Panicum maximum* in mechanically green harvested sugarcane. **Planta Daninha**, v. 30, p. 861-870, 2012.

CUNHA, L. P.; MARTINS, K. V. Avaliação de compatibilidade de herbicida. **Perquirere**, v. 19, n. 2, p. 16-35, 2022.

DAHLEM, A. R. **Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

DAMS, R. I. Pesticidas: Usos e perigos à saúde e ao meio ambiente. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 37-44, 2009.

DAN, Hugo de Almeida et al. Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, p. 388-393, 2010.

D'ANTONINO, L. et al. Eficácia do tratamento de sementes de sorgo com fluxofenim na tolerância ao s-metolachlor. In: XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2008, Ouro Preto. **XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, 2008.

DAYAN, F. E.; WATSON, S. B. Plant cell membrane as a marker for light-dependent and light-independent herbicide mechanisms of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 101, n. 3, p. 182-190, 2011.

DAYAN, F. E.; ZACCARO, M. L. M. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 102, n. 3, p. 189-197, 2012.

DINIZ, K. D. et al. Banco de sementes de plantas daninhas em área de pastagem *Panicum maximum* Jacq. cultivar Mombaça no município de Balsas-MA. **Biodiversidade**, v. 16, n. 3, 2017.

EPSTEIN, E.; BLOOM, ANMDP Nutrição Mineral. Princípios e perspectivas. **Londrina. editora planta**, 2006.

FEHNDRICH, S. P. Avaliação do uso e da estabilidade físico-química de misturas de herbicidas em tanque. 2021.

FERHATOGLU, Y.; BARRETT, M. Estudos sobre o modo de ação da clomazona. **Bioquímica e fisiologia de pesticidas**, v. 85, n. 1, p. 7-14, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, D. T. R. G. et al. Control of three Euphorbia species through herbicides applied during pre-emergence on sugarcane straw. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 323-331, 2016.

FERREIRA, J. H. S. et al. EFICÁCIA DO AMICARBAZONE E FLUMIOXAZIM NO CONTROLE DE MERREMIA AEGYPITIA, MUCUNA ATERRIMA E RICINUS COMMUNIS NO SISTEMA DE CANA CRUA. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 3, p. 701-1-7), 2020.

FERRELL, J. A. et al. Sorption and desorption of flumioxazin to soil, clay minerals and ion-exchange resin. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 61, n. 1, p. 40-46, 2005.

FREITAS, N. M. et al. Herbicides applied in pre and post-emergence to control Chamaesyce hirta. **Revista Ceres**, v. 69, n. 3, p. 308-313, 2022.

GAZOLA, Tiago et al. Selectivity and residual weed control of pre-emergent herbicides in soybean crop. **Revista Ceres**, v. 68, p. 219-229, 2021.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Manual técnico para subsidiar a mistura em tanque de agrotóxicos e afins. 2021.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, p. 83-92, 2015.

GIANCOTTI, Paulo Roberto Fidelis et al. Eficácia de herbicidas em condições controladas para o controle de gramíneas infestantes de canaviais em estiagem. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, n. 3, p. 269-275, 2012.

GONDIM, A. R. O. ABSORÇÃO E MOBILIDADE DO BORO EM PLANTAS DE TOMATE E DE BETERRABA. 2009.

JAREMTCHUK, C. C. et al. Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 191-196, 2009.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitário. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**. 1997. p. 61-77.

KNEZEVIC, Stevan Z. et al. Dose-response curves of KIH-485 for preemergence weed control in corn. **Weed Technology**, v. 23, n. 1, p. 34-39, 2009.

KRUSE, N. D. et al. Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. **Ciência Rural**, v. 31, p. 569-575, 2001.

LACERDA, A. L. S. Fluxos de emergência e banco de sementes de plantas daninhas em sistemas de semeadura direta e convencional e curvas dose-resposta ao Glyphosate. **Piracicaba: ESALQ/USP** (PhD Thesis), 2003.

LEITE, C. R. F.; DE ALMEIDA, J. C. V.; PRETE, C. E. C. **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e agronômicos dos herbicidas inibidores da enzima ALS (AHAS)**. CRF Leite, 1998.

LIN, C. H. et al. Determination of isoxaflutole (Balance) and its metabolites in water using solid phase extraction followed by high-performance liquid chromatography with ultraviolet or mass spectrometry. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 21, p. 5816-5824, 2002.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F. et al. Alternativas de manejo químico da planta daninha *Digitaria ciliaris* resistente aos herbicidas inibidores da ACCase na cultura de soja. **Planta Daninha**, v. 24, p. 407-414, 2006.

MACHADO, F. G. et al. Performance de herbicidas para o controle de plantas daninhas no sorgo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 3, p. 281-289, 2016.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Sao Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARCUSSI, Sílvio Aparecido et al. Análise do ativo pyroxasulfone no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar aplicado em pré-emergência. In: **Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Resumos... Rio de Janeiro: SBCPD**. 2018. p. 495.

MATTE, W. D. et al. Eficácia de [atrazine+ mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 2, p. 587-1-15), 2018.

MATTE, W. D. et al. Broad- spectrum weed control of the new herbicide pyroxasulfone. **Weed Control Journal**, v. 22, e202300775, 2023.

MONQUERO, P. A. et al. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha**, v. 25, p. 613-619, 2007.

MONQUERO, P. A. et al. Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Ipomoea grandifolia*. **Bragantia**, v. 68, p. 367-372, 2009.

MORTVEDT, J. J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. **Fertilizer research**, v. 38, p. 213-221, 1994.

MORTVEDT, J. J.; WOODRUFF, J. R. Technology and application of boron fertilizers for crops. **Boron and its role in crop production**. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 158-174, 1993.

NEGRISOLI, E. **Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua**. 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia) — Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

NEGRISOLI, E. et al. Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, p. 621-628, 2007.

NEGRISOLI, E. et al. Eficácia do herbicida oxyfluorfen com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 197-203, 2009.

OLIVEIRA JR, R S. et al. Spatial variability of imazethapyr sorption in soil. **Weed Science**, v. 47, n. 2, p. 243-248, 1999.

OLIVEIRA, M.F; BRIGHENTI, A.M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. In; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN. J. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Editora Omnipax, v.1, p.263-304, 2011.

OLSON, B. L. S. et al. Pyroxasulfone with and without sulfentrazone in sunflower (*Helianthus annuus*). **Weed Technology**, v. 25, n. 2, p. 217-221, 2011.

PEDRINHO JR, A. F. F.; DURIGAN, J. C. Controle de capim-colonião na cultura da cana-de-açúcar com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 2, n. 3, p. 23-29, 2001.

PETTER, F. A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e inseticidas. **Planta Daninha**, v. 30, p. 449-457, 2012.

PETTER, F. A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série técnica IPEF**, v. 4, n. 12, p. 1-24, 1987.

PPDB. **Pesticide Properties DataBase**. Agriculture & Environment Research Unit. University of Hertfordshire, 2017. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>. Acesso em: 15 jan. 2025.

PRESOTO, J. C. et al. Eficácia e interação da associação de Flumioxazina e Piroxasulfona no controle do capim-da-Guiné (*Panicum maximum*). **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, pág. 435-440, 2022.

PRICE, A. J.; WILCUT, J. W.; SWANN, C. W. Weed management with diclosulam in peanut (*Arachis hypogaea*). **Weed technology**, v. 16, n. 4, p. 724-730, 2002.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.

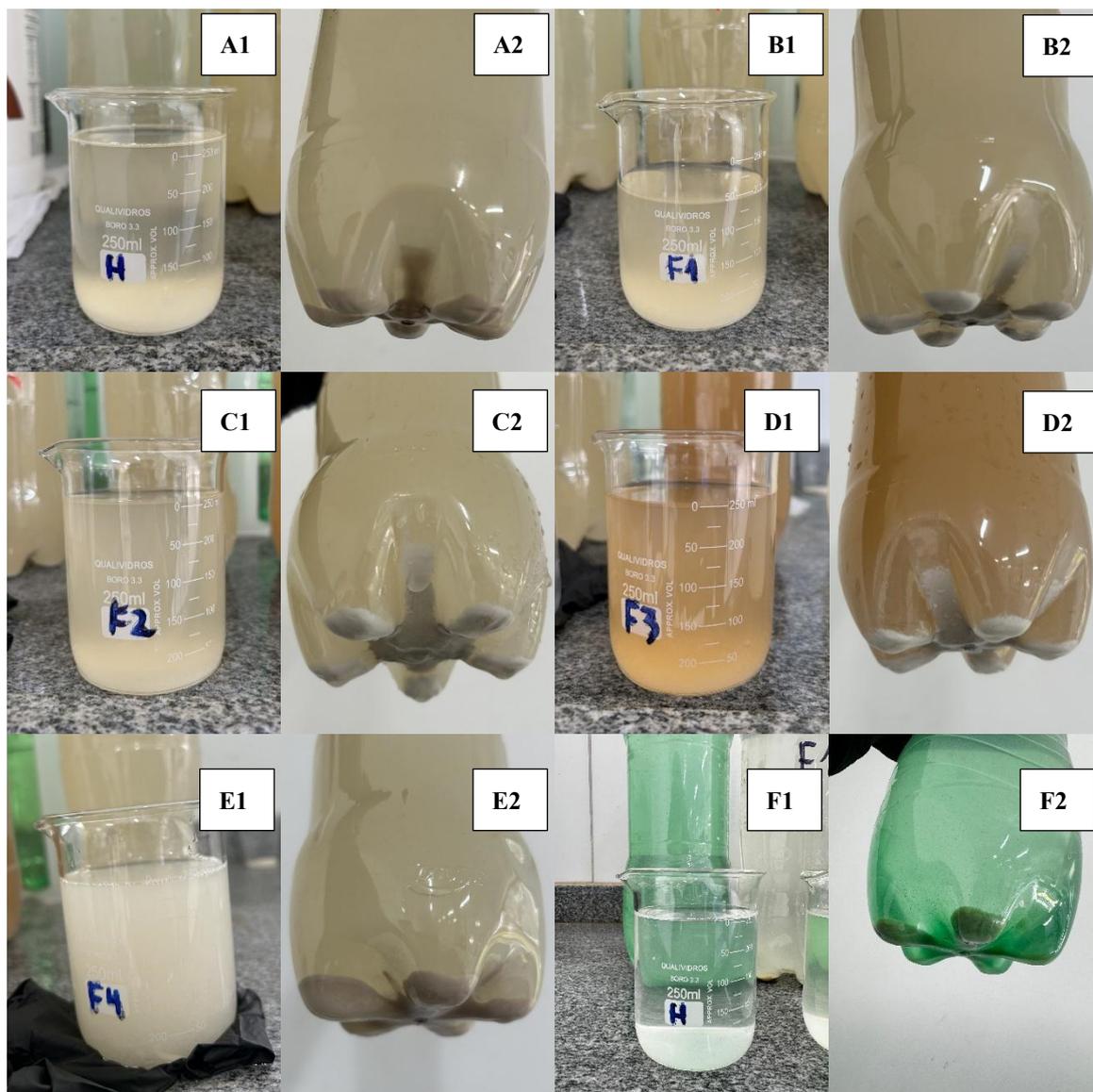
- RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. M. **Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management**. John Wiley & Sons, 2007.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. **Piracicaba: Ceres**, p. 343, 1991.
- REDDY, K. N.; LOCKE, M. A. Sulfentrazone sorption, desorption, and mineralization in soils from two tillage systems. **Weed Science**, v. 46, n. 4, p. 494-500, 1998.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Edição dos Autores, 2005. 591 p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina. 7.ed, 2018. 764p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina: v.4, 1998.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. Londrina, v.6, 2011. 697p.
- REGITANO, J. B. et al. Retention of imazaquin in soil. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16, n. 3, p. 397-404, 1997.
- SANDANIEL, C. R; FERNANDES, L. B.; DE LEMOS BARROSO, A. L. Controle de plantas daninhas em cana soca com herbicidas aplicados em pré-emergência. **Nucleus**, n. 1, p. 4, 2008.
- SANCHOTENE, D. M. et al. Desempenho de diferentes herbicidas pré-emergentes para controle de *Euphorbia heterophylla* na cultura da soja. **Perspectiva Erechim**, v. 41, p. 07-15, 2017.
- SANCHOTENE, D. M. et al. Influência de sais e do pH da água na eficiência de imazethapyr+ imazapic no controle de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v. 25, p. 415-419, 2007.
- SANTOS, E. C.; DE SOUZA, P. A.; CARVALHO, F. T. Eficácia do S-metolachlor associado à ametrina e hexazinona+diuron no controle pré e pós-emergente de plantas daninhas em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 165-175, 2011.
- SANTOS, H. R. S. et al. Curvas de dose-resposta de herbicidas aplicados em pré-emergência de *Euphorbia hyssopifolia* L. **REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO**, v. 15, n. 7, p. 01-18, 2024.
- SANTOS, P. S. Interações físico-químicas na mistura entre agroquímicos em tanque de pulverização para a cultura do milho: uma revisão de literatura. 2021.
- SHELP, B. J. Physiology and biochemistry of boron in plants. **Boron and its role in crop production**, p. 53-85, 1993.
- SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. **Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa**, 2007.
- SILVA, J. F. et al. Herbicidas: absorção, translocação, metabolismo, formulação e misturas. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**, p. 118-154, 2007.

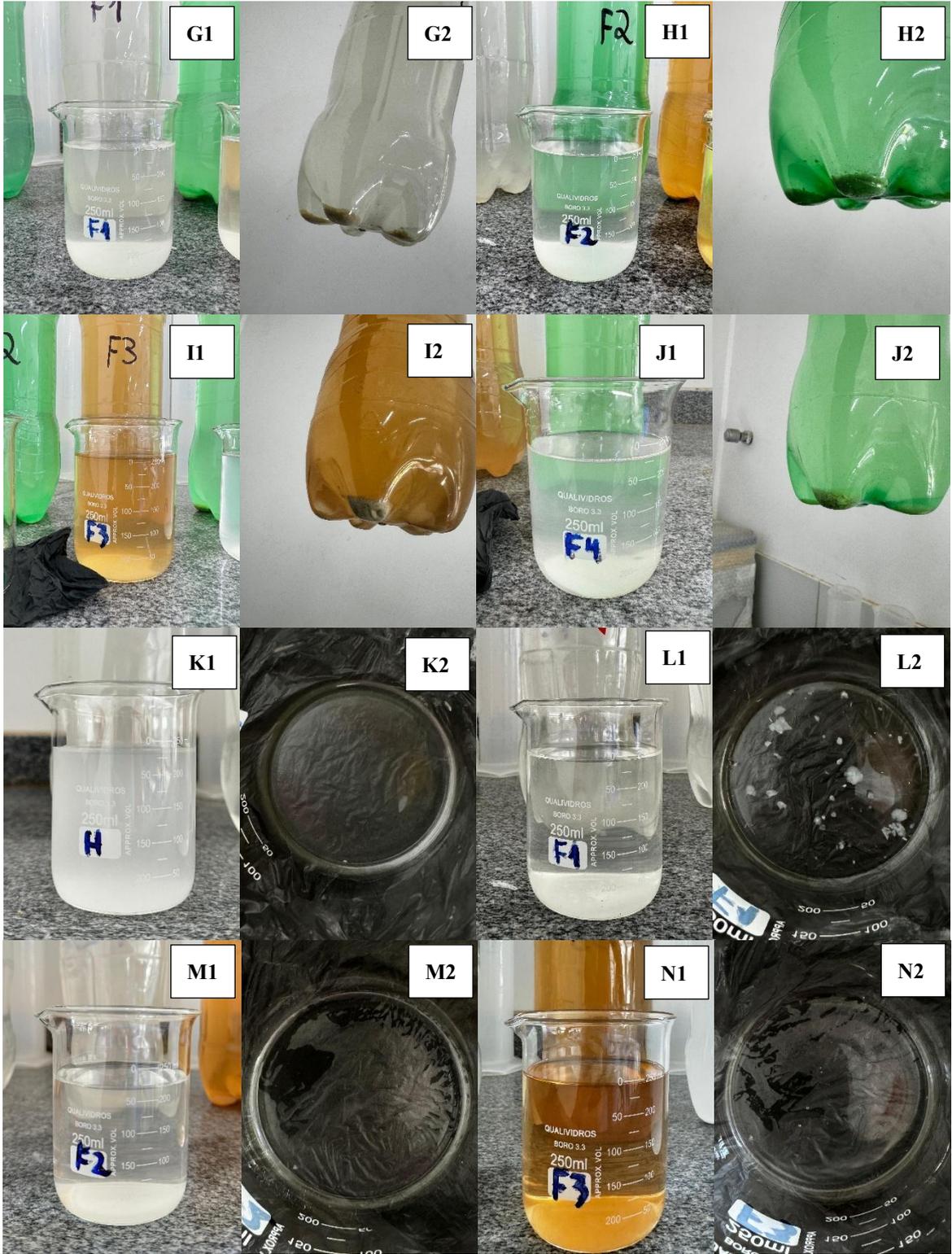
- SILVA, N. M. et al. Dez anos de sucessivas adubações com boro no algodoeiro. **Bragantia**, v. 54, p. 177-185, 1995.
- SILVA, R. P. et al. Uso de herbicidas no controle de plantas daninhas e em mudas pré-brotadas (MBPS) de variedades de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 18, n. 1, p. 640-1-9), 2019.
- SOUZA, R. O.; VELLOSO, J.A. R. O. Tecnologia na aplicação de herbicidas. In: SOUZA, R. O.; VELLOSO, J.A. R. O. (Eds.). **Tecnologia e segurança na aplicação de produtos fitossanitários**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1996. p. 41-53.
- STEELE G.L., PORPIGLIA P.J., CHANDLER J.M. Efficacy of KIH-485 on Texas panicum (*Panicum texanum*) and selected broadleaf weeds in corn. **Weed Technology**, v. 19, n. 4, p. 866-869, 2005.
- TAKANO, H. K. et al. Dry season and soil texture affect the chemical control of monocotyledonous in sugarcane. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 3, p. 477-485, 2017.
- TANETANI, Y. et al. Action mechanism of a novel herbicide, pyroxasulfone. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 95, n. 1, p. 47-55, 2009.
- TOLEDO, R. E. B. Controle de capim-coloniao (*panicum maximum*) em cana-crua com o herbicida front quando aplicado em pré-emergência em época seca e em solo argiloso. **XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS**, 2012.
- TOLEDO, R. E. B. et al. Eficácia do herbicida amicarbazone aplicado sobre a palha ou no solo no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, p. 319-326, 2009.
- TOLEDO, R. E. B. et al. Herbicidas aplicados em pré-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. na cultura de cana-de-açúcar em época seca. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 14, n. 4, p. 271-279, 2015.
- TOLEDO, R. E. B. et al. Management of morning glory (*Ipomea hederifolia*, *Ipomea nil*, and *Merremia aegyptia*) with herbicides in raw sugarcane during dry seasons. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 2, p. 84-90, 2017.
- TOMLIN, C.D.S. **The pesticide manual: a world compendium**. Croydon: British Crop Protection Council, 15.ed, 2011. 1457p.
- TOMPKINS, J. Environmental Protection Agency Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. **Environmental Protection Agency**, 2010.
- TONIETO, T. A. P.; REGITANO, J. B. Efeito do grau de destruição da palha na lixiviação e eficácia de controle do tebuthiuron e da hexazinona no sistema cana crua. **Planta Daninha**, v. 32, pág. 808-815, 2014.

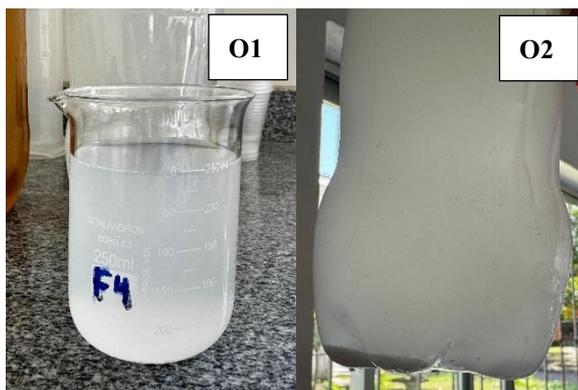
- TRAUTMANN, R. R. et al. Potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 240-251, 2014.
- TROPALDI, L. et al. Herbicidas inibidores do fotossistema II em pré-emergência no controle de espécies de capim-colchão. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 30-37, 2017.
- TROPALDI, L. et al. Eficácia de herbicidas inibidores da síntese de carotenoides no controle de espécies de capim-colchão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 443-453, 2018.
- VASCONCELOS, M. C. C., SILVA, A. F. A., LIMA, R. S. Interferências de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v.8, n.1, p.01-06, jan-mar, 2012.
- WESTRA, E. P. et al. Evaluation of sorption coefficients for pyroxasulfone, s-metolachlor, and dimethenamid-p. **Air, Soil and Water Research**, v. 8, p. ASWR. S19682, 2015.
- YAMAJI, Y. et al. Weed control efficacy of a novel herbicide, pyroxasulfone. **Journal of Pesticide Science**, v. 39, n. 3, p. 165-169, 2014.
- ZHANG, J.; HAMILL, A. S.; WEAVER, S. E. Antagonism and synergism between herbicides: trends from previous studies. **Weed technology**, v. 9, n. 1, p. 86-90, 1995.

APÊNDICE

Figura 10. Teste da jarra, 30 MAA, para os herbicidas inibidores da ALS: diclosulam (A1 e A2); diclosulam+FB1 (B1 e B2); diclosulam+FB2 (C1 e C2); diclosulam+FB3 (D1 e D2); diclosulam+FB4 (E1 e E2); imazapique (F1 e F2); imazapique+FB1 (G1 e G2); imazapique+FB2 (H1 e H2); imazapique+FB3 (I1 e I2); imazapique+FB4 (J1 e J2); metsulfuron-metílico (K1 e K2); metsulfuron-metílico+FB1 (L1 e L2); metsulfuron-metílico+FB2 (M1 e M2); metsulfuron-metílico+FB3 (N1 e N2); metsulfuron-metílico+FB4 (O1 e O2).

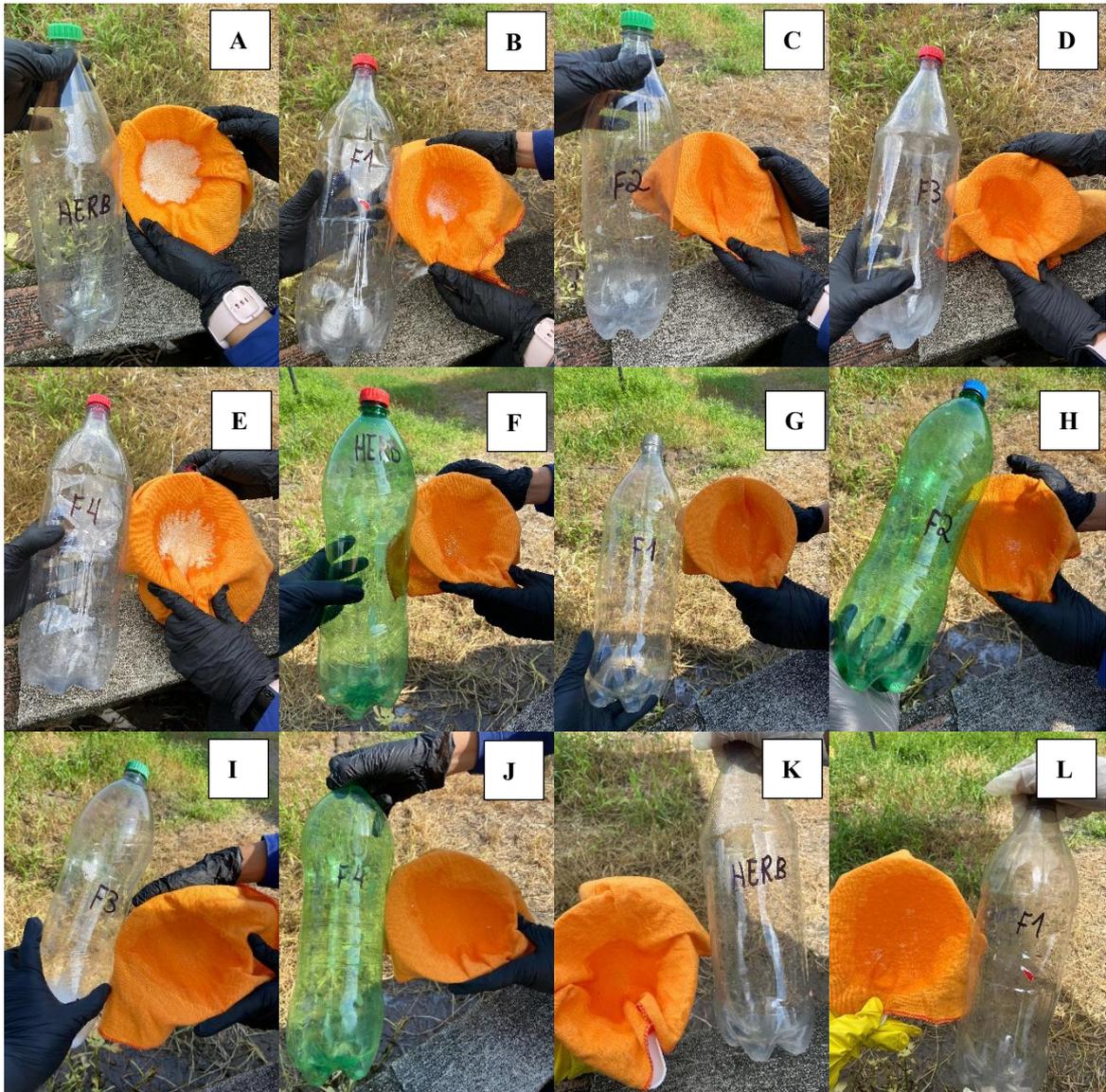






Fonte: Autor, 2024.

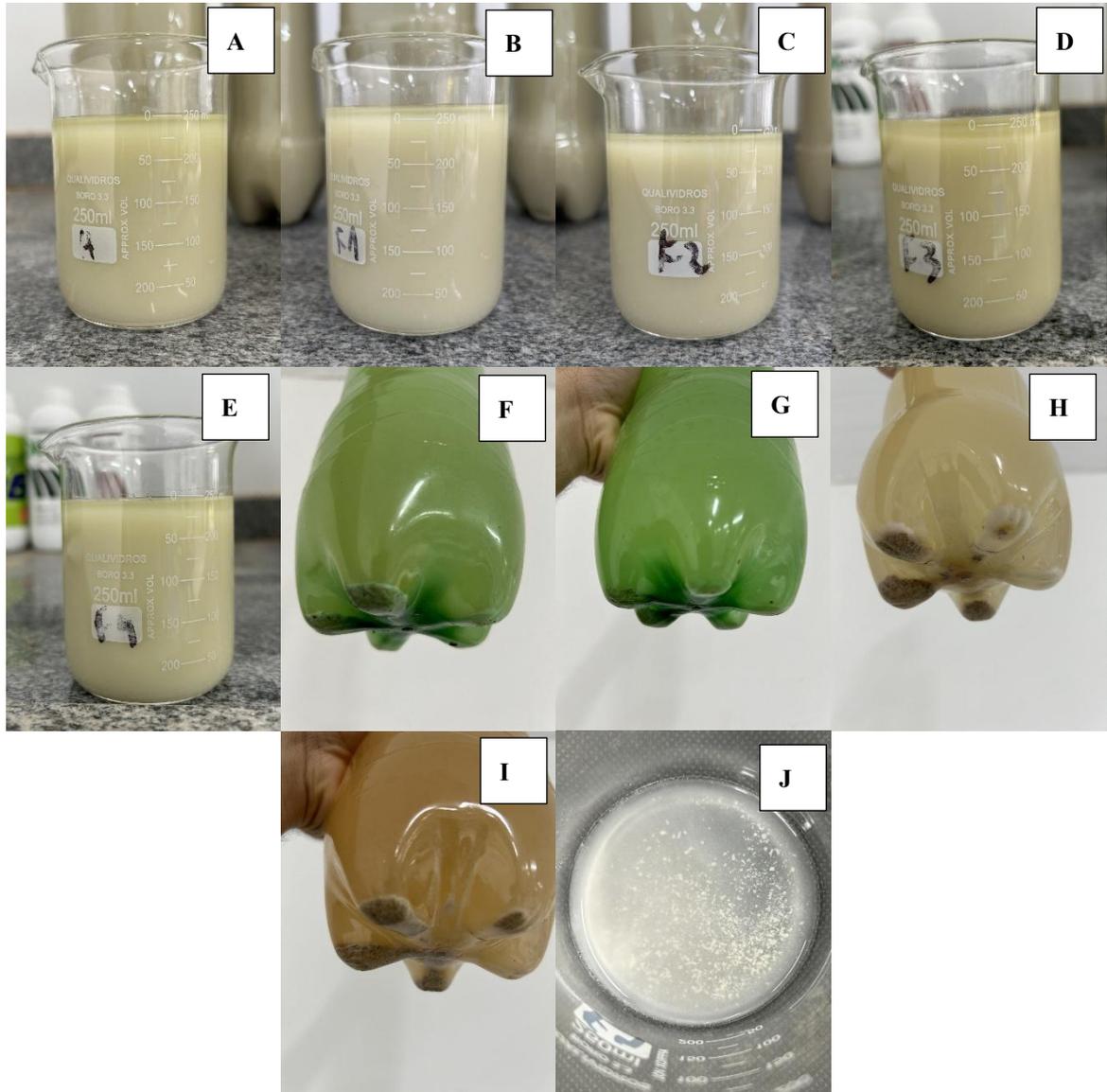
Figura 11. Presença ou não de resíduos após teste do sinal dos herbicidas inibidores da ALS: diclosulam (A); diclosulam+FB1 (B); diclosulam+FB2 (C); diclosulam+FB3 (D); diclosulam+FB4 (E); imazapique (F); imazapique +FB1 (G); imazapique+FB2 (H); imazapique+FB3 (I); imazapique+FB4 (J); metsulfuron-metílico (K); metsulfuron-metílico+FB1 (L); metsulfuron-metílico+FB2 (M); metsulfuron-metílico+FB3 (N); metsulfuron-metílico+FB4 (O).





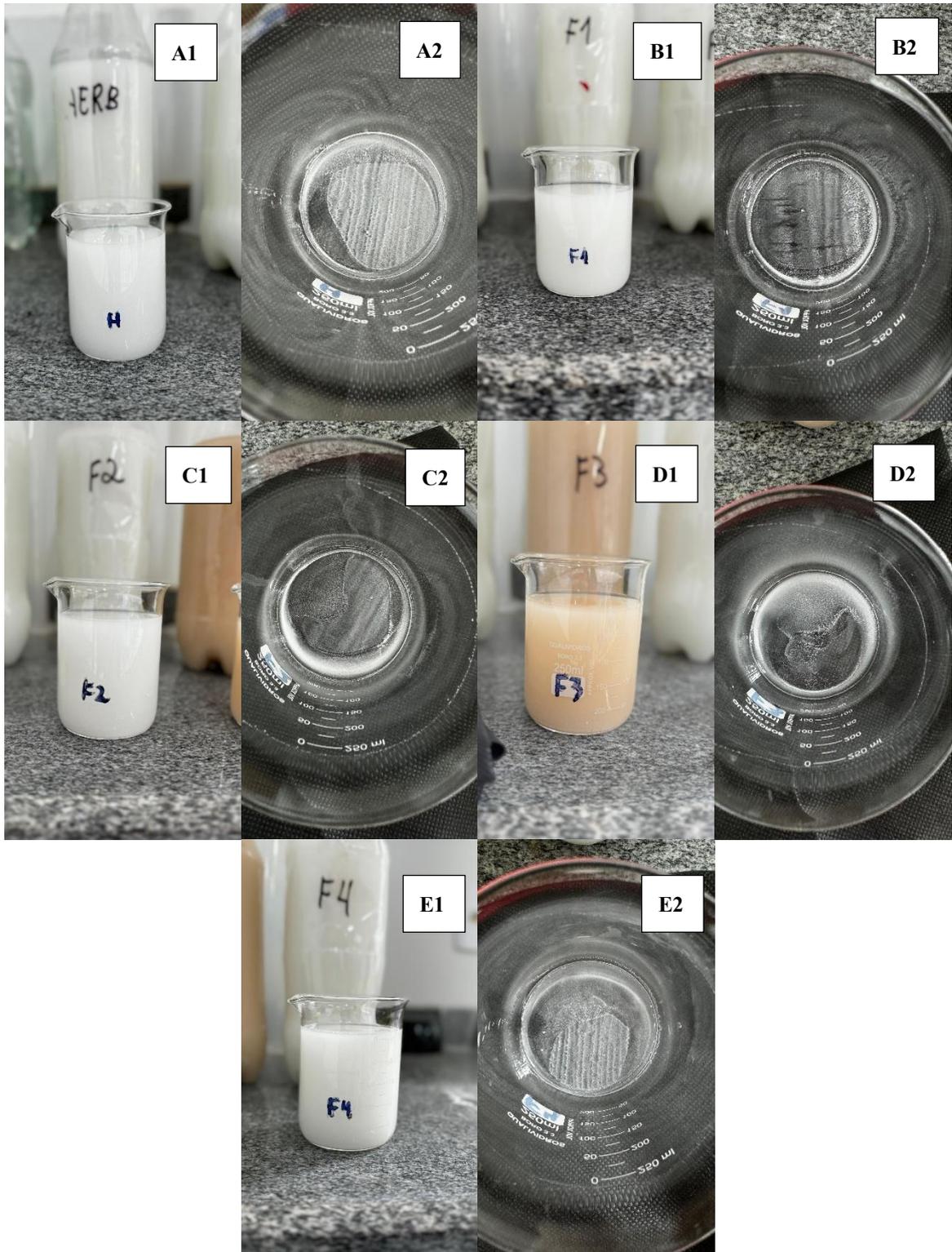
Fonte: Autor, 2024.

Figura 12. Teste da jarra, 30 MAA, para os herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides: clomazona (A); clomazona+FB1 (B); clomazona+FB2 (C); clomazona+FB3 (D); clomazona+FB4 (E); isoxaflutole (F); isoxaflutole+FB1 (G); isoxaflutole+FB2 (H); isoxaflutole+FB3 (I); isoxaflutole+FB4 (J).



Fonte: Autor, 2024.

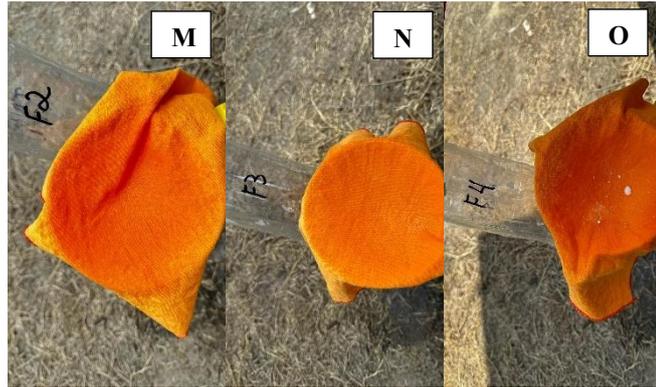
Figura 13. Teste da jarra, 30 MAA, para herbicida inibidor da biossíntese de carotenoides+celulose: Provence total (A1 e A2); Provence total +FB1 (B1 e B2); Provence total+FB2 (C1 e C2); Provence total+FB3 (D1 e D2); Provence total+FB4 (E1 e E2).



Fonte: Autor, 2024.

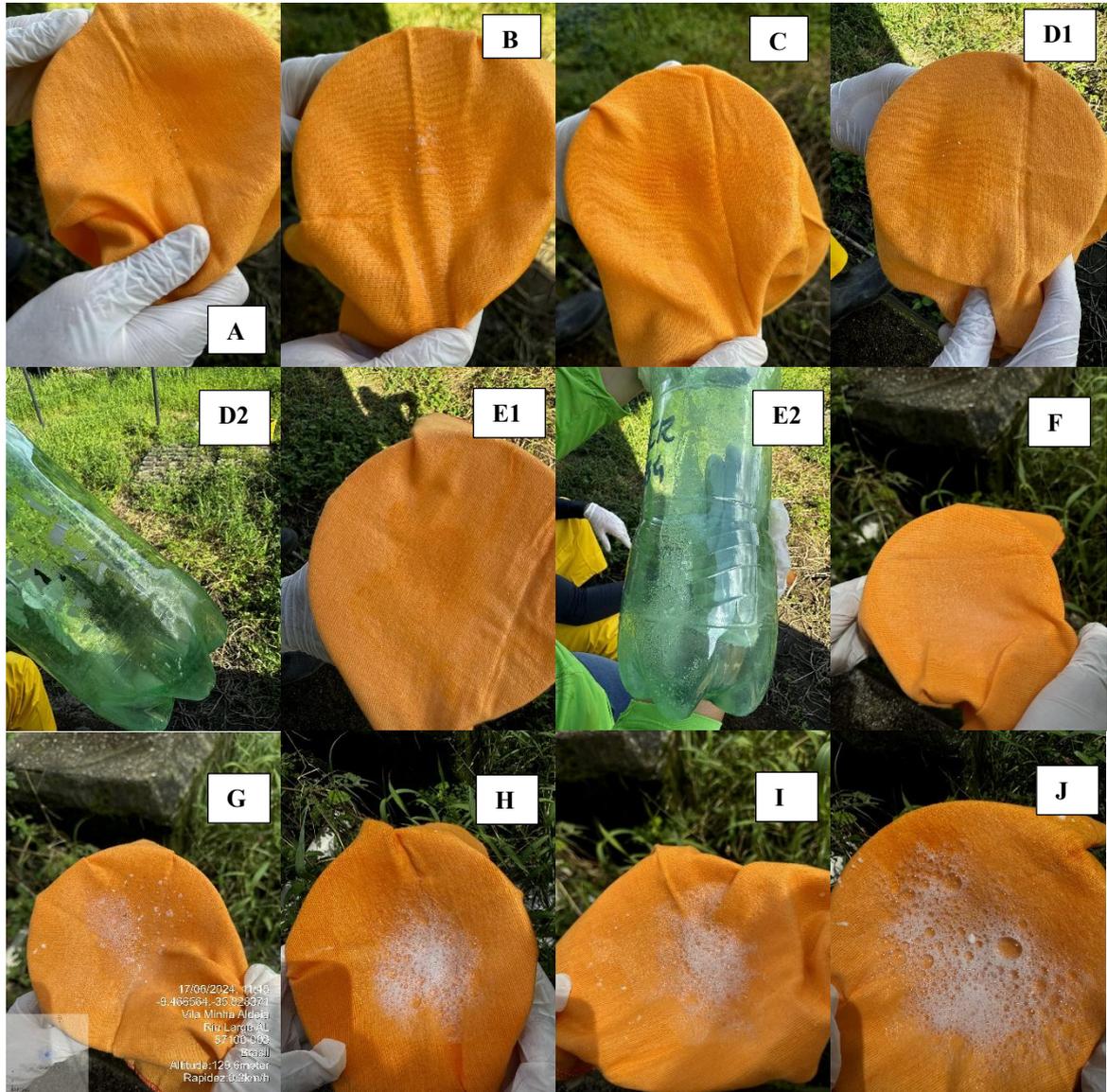
Figura 14. Presença ou não de resíduos após teste do sinal dos herbicidas inibidores da biossíntese de carotenoides e carotenoides+celulose: clomazona (A); clomazona+FB1 (B); clomazona+FB2 (C); clomazona+FB3 (D); clomazona+FB4 (E); isoxaflutole (F); isoxaflutole+FB1 (G); isoxaflutole+FB2 (H); isoxaflutole+FB3 (I); isoxaflutole+FB4 (J); Provenge total (K); Provenge total +FB1 (L); Provenge total+FB2 (M); Provenge total+FB3 (N); Provenge total+FB4 (O).





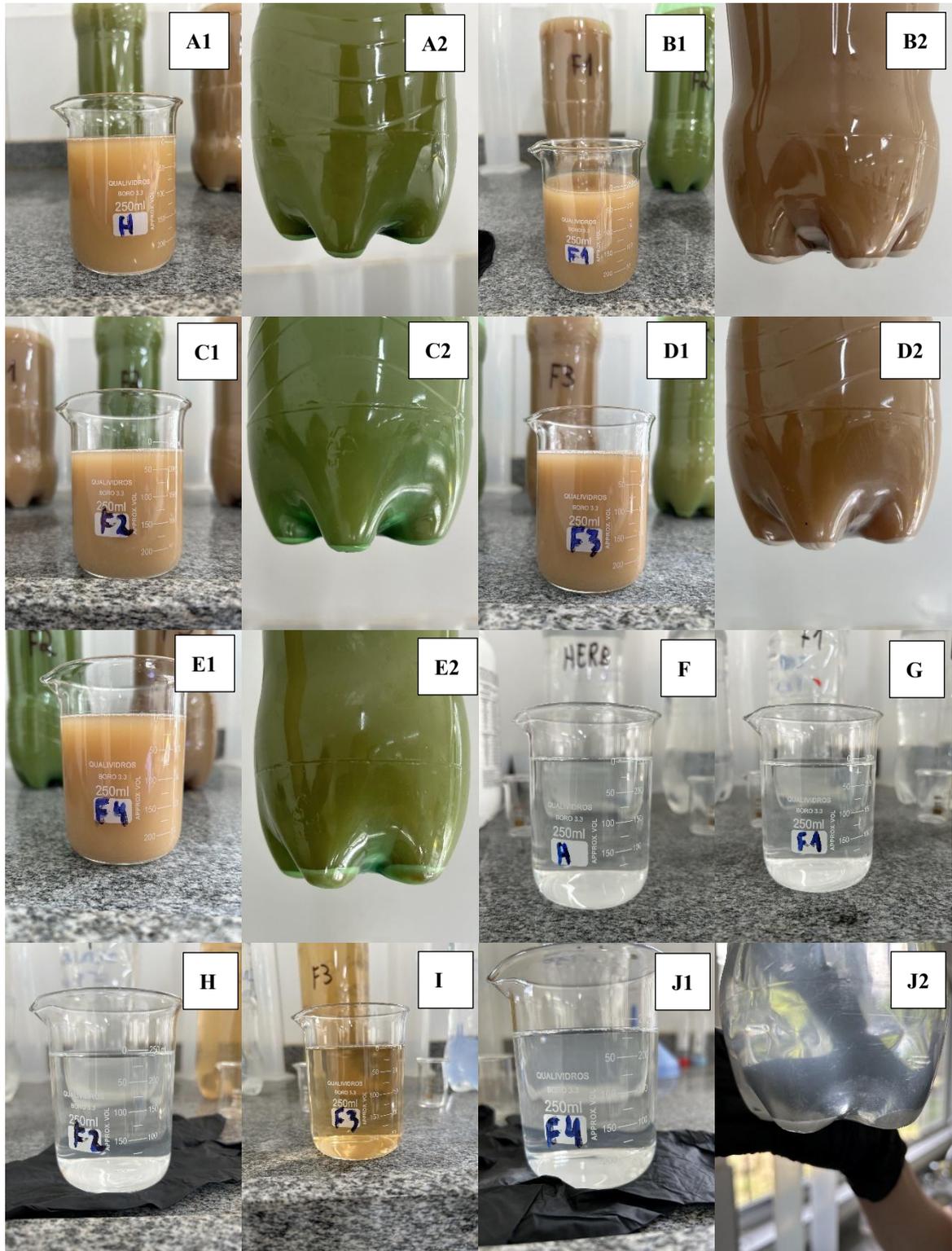
Fonte: Autor, 2024.

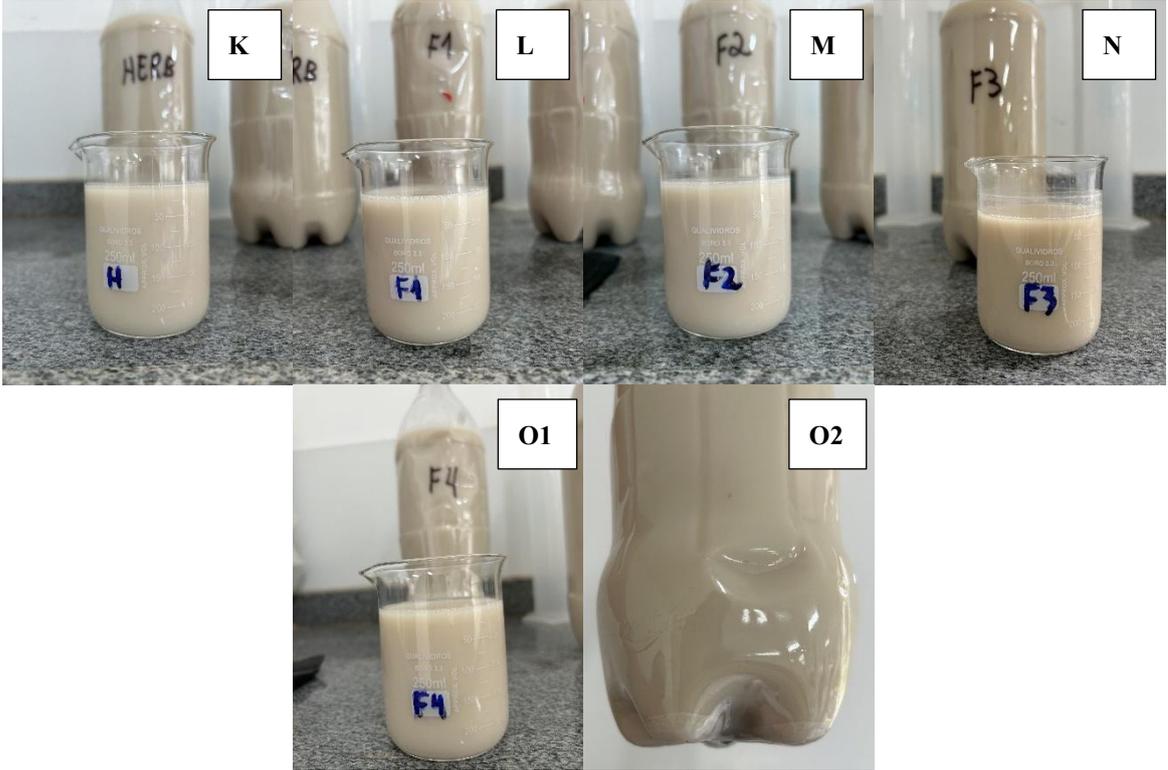
Figura 15. Presença ou não de resíduos após teste do sinal dos herbicidas inibidores do crescimento inicial: piroxasulfona (A); piroxasulfona+FB1 (B); piroxasulfona+FB2 (C); piroxasulfona+FB3 (D1 e D2); piroxasulfona+FB4 (E1 e E2); s-metolachlor (F); s-metolachlor+FB1 (G); s-metolachlor+FB2 (H); s-metolachlor+FB3 (I); s-metolachlor+FB4 (J).



Fonte: Autor, 2024.

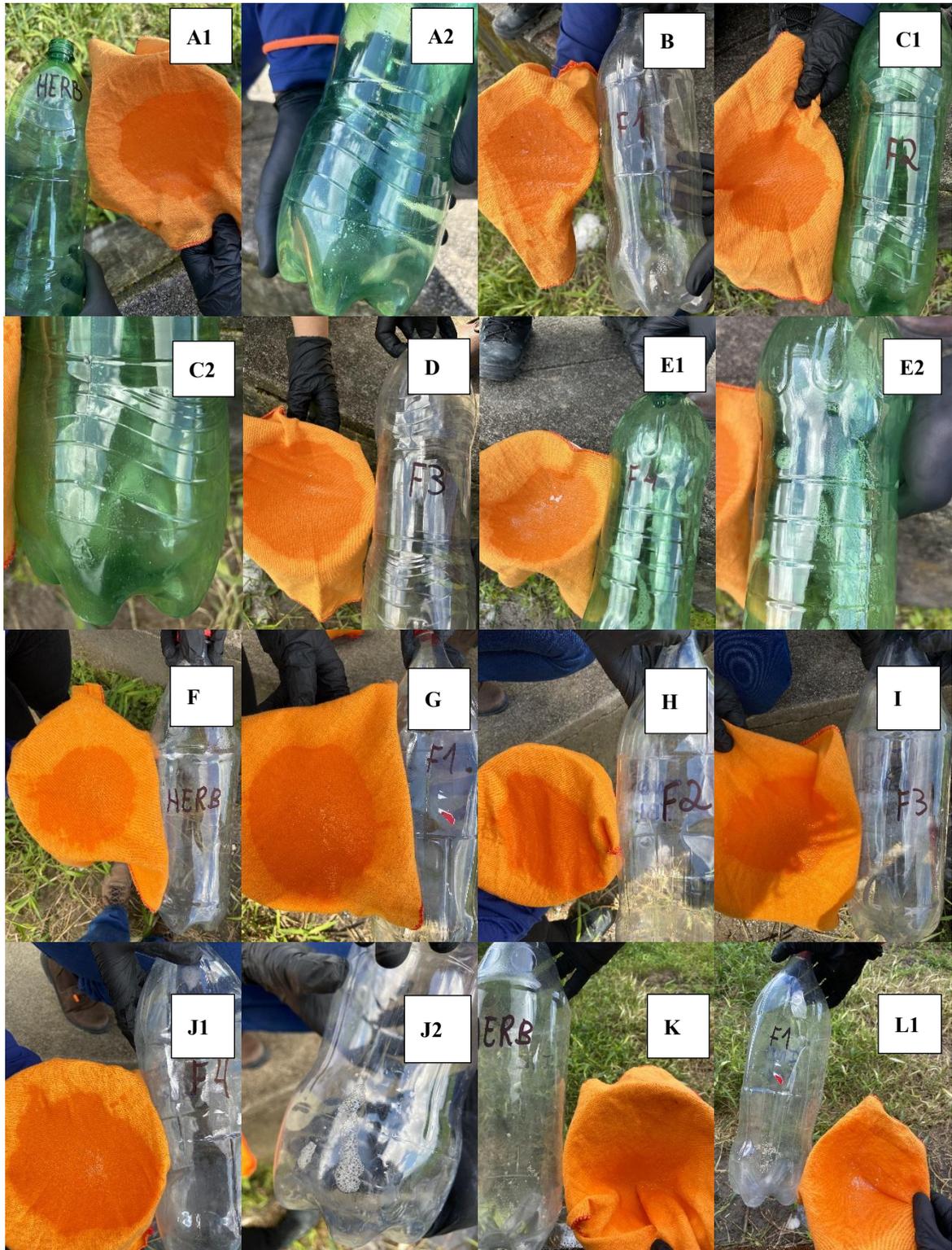
Figura 16. Teste da jarra, 30 MAA, para os herbicidas inibidores do FSII: amicarbazona (A1 e A2); amicarbazona+FB1 (B1 e B2); amicarbazona+FB2 (C1 e C2); amicarbazona+FB3 (D1 e D2); amicarbazona+FB4 (E1 e E2); hexazinona (F); hexazinona+FB1 (G); hexazinona+FB2 (H); hexazinona+FB3 (I); hexazinona+FB4 (J1 e J2); tebutiuron (K); tebutiuron+FB1 (L); tebutiuron+FB2 (M); tebutiuron+FB3 (N); tebutiuron+FB4 (O1 e O2).

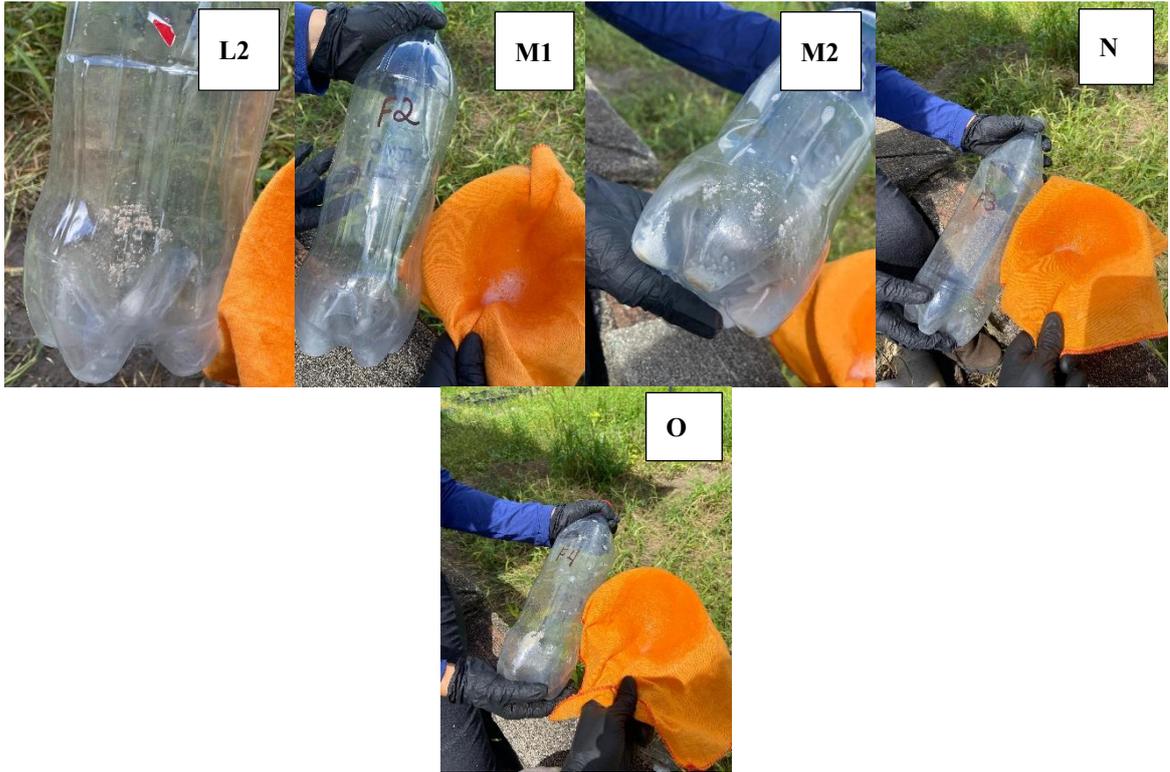




Fonte: Autor, 2024.

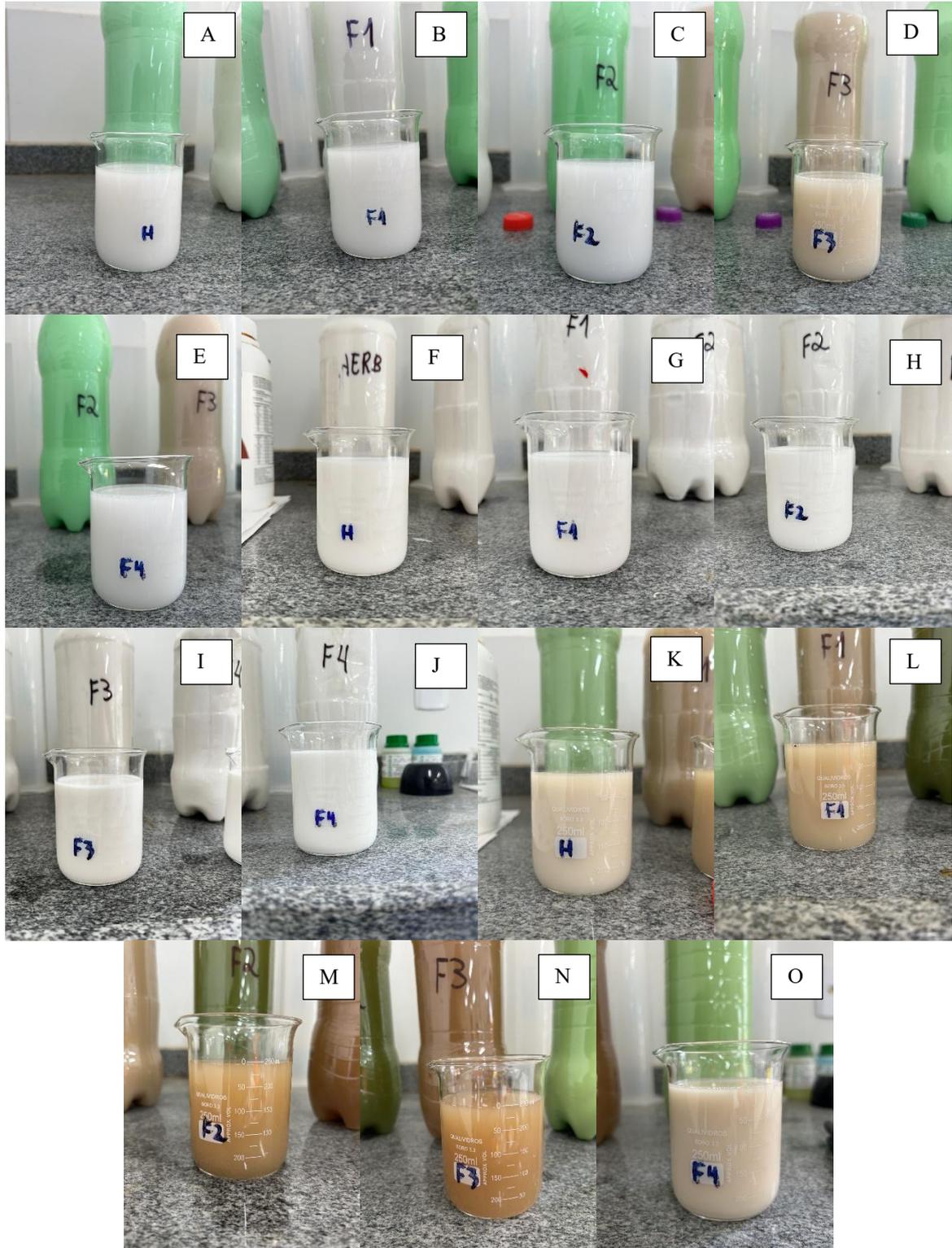
Figura 17. Presença ou não de resíduos após teste do sinal dos herbicidas inibidores do FSII: amicarbazona (A1 e A2); amicarbazona+FB1 (B); amicarbazona+FB2 (C1 e C2); amicarbazona+FB3 (D); amicarbazona+FB4 (E1 e E2); hexazinona (F); hexazinona+FB1 (G); hexazinona+FB2 (H); hexazinona+FB3 (I); hexazinona+FB4 (J1 e J2); tebutiuron (K); tebutiuron+FB1 (L1 e L2); tebutiuron+FB2 (M); tebutiuron+FB3 (N); tebutiuron+FB4 (O).





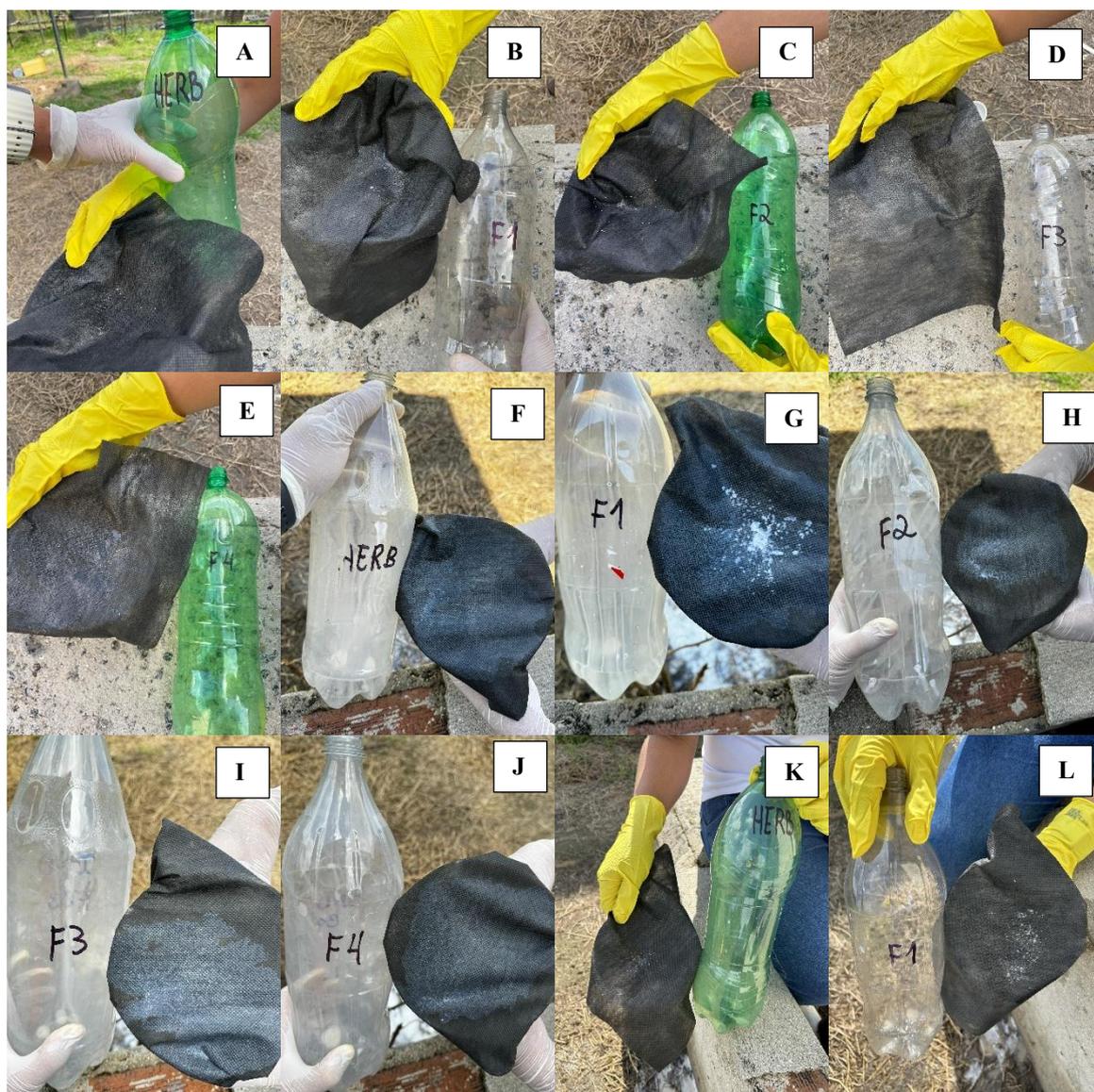
Fonte: Autor, 2024.

Figura 18. Teste da jarra, 30 MAA, para os herbicidas inibidores da PROTOX: flumioxazina (A); flumioxazina+FB1 (B); flumioxazina+FB2 (C); flumioxazina+FB3 (D); flumioxazina+FB4 (E); oxifluorfem (F); oxifluorfem+FB1 (G); oxifluorfem+FB2 (H); oxifluorfem+FB3 (I); oxifluorfem+FB4 (J); sulfentrazona (K); sulfentrazona+FB1 (L); sulfentrazona+FB2 (M); sulfentrazona+FB3 (N); sulfentrazona+FB4 (O).



Fonte: Autor, 2024.

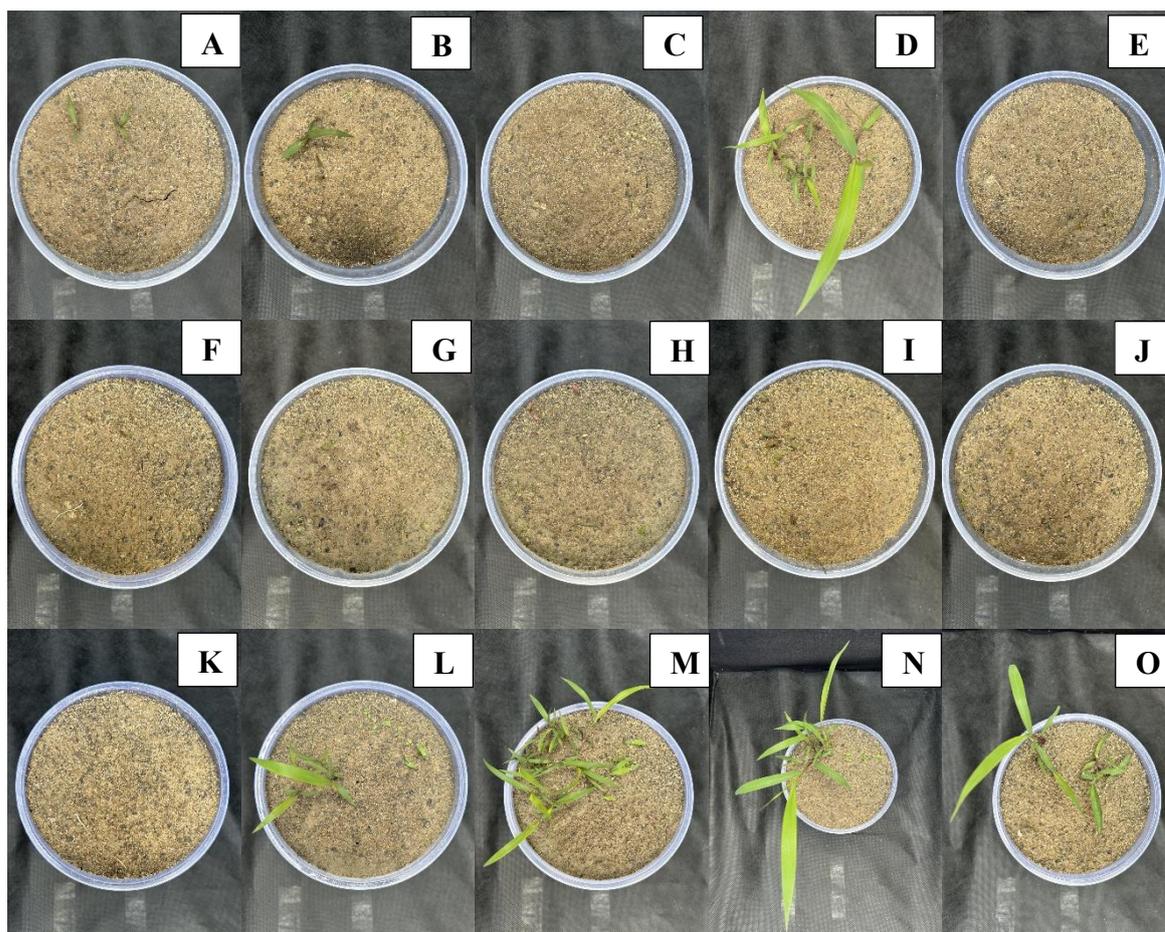
Figura 19. Presença ou não de resíduos após teste do sinal para herbicidas inibidores da PROTOX: flumioxazina (A); flumioxazina+FB1 (B); flumioxazina+FB2 (C); flumioxazina+FB3 (D); flumioxazina+FB4 (E); oxifluorfem (F); oxifluorfem+FB1 (G); oxifluorfem+FB2 (H); oxifluorfem+FB3 (I); oxifluorfem+FB4 (J); sulfentrazone (K); sulfentrazone+FB1 (L); sulfentrazone+FB2 (M); sulfentrazone+FB3 (N); sulfentrazone+FB4 (O).





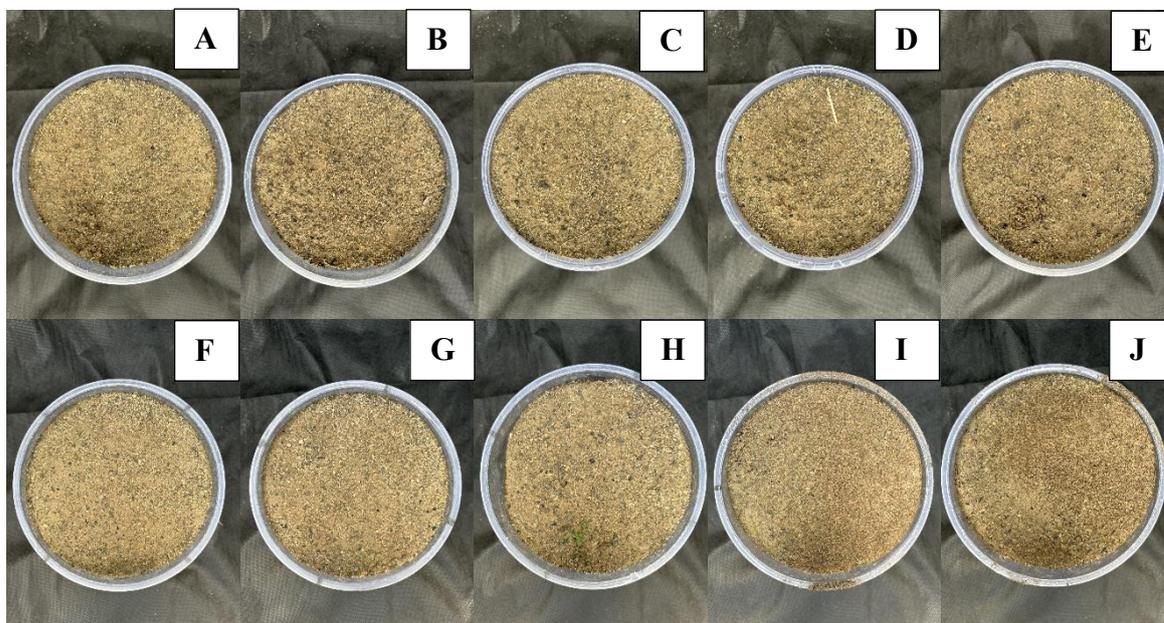
Fonte: Autor, 2024.

Figura 20. Percentual de controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidor da ALS: diclosulam (A); diclosulam+FB1 (B); diclosulam+FB2 (C); diclosulam+FB3 (D); diclosulam+FB4 (E); imazapique (F); imazapique+FB1 (G); imazapique+FB2 (H); imazapique+FB3 (I); imazapique+FB4 (J); metsulfuron-metílico (K); metsulfuron-metílico+FB1 (L); metsulfuron-metílico+FB2 (M); metsulfuron-metílico+FB3 (N); metsulfuron-metílico+FB4 (O).



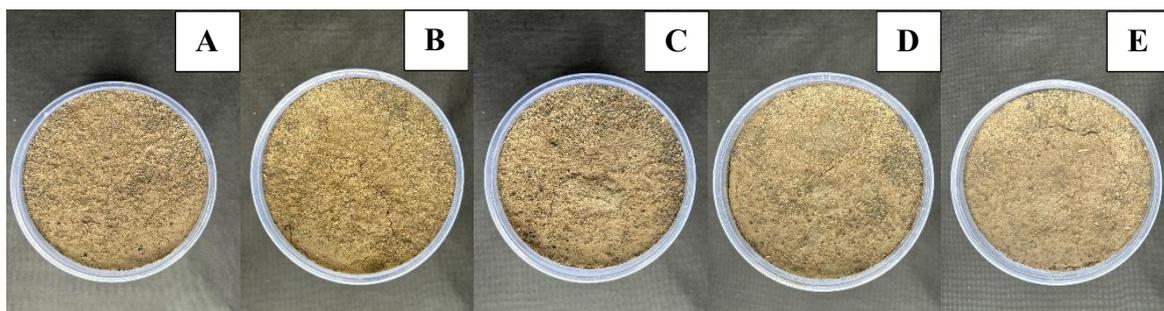
Fonte: Autor, 2024.

Figura 21. Percentual de controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidores da síntese de carotenoides: clomazona (A); clomazona+FB1 (B); clomazona+FB2 (C); clomazona+FB3 (D); clomazona+FB4 (E); isoxaflutole (F); isoxaflutole+FB1 (G); isoxaflutole+FB2 (H); isoxaflutole+FB3 (I); isoxaflutole+FB4 (J).



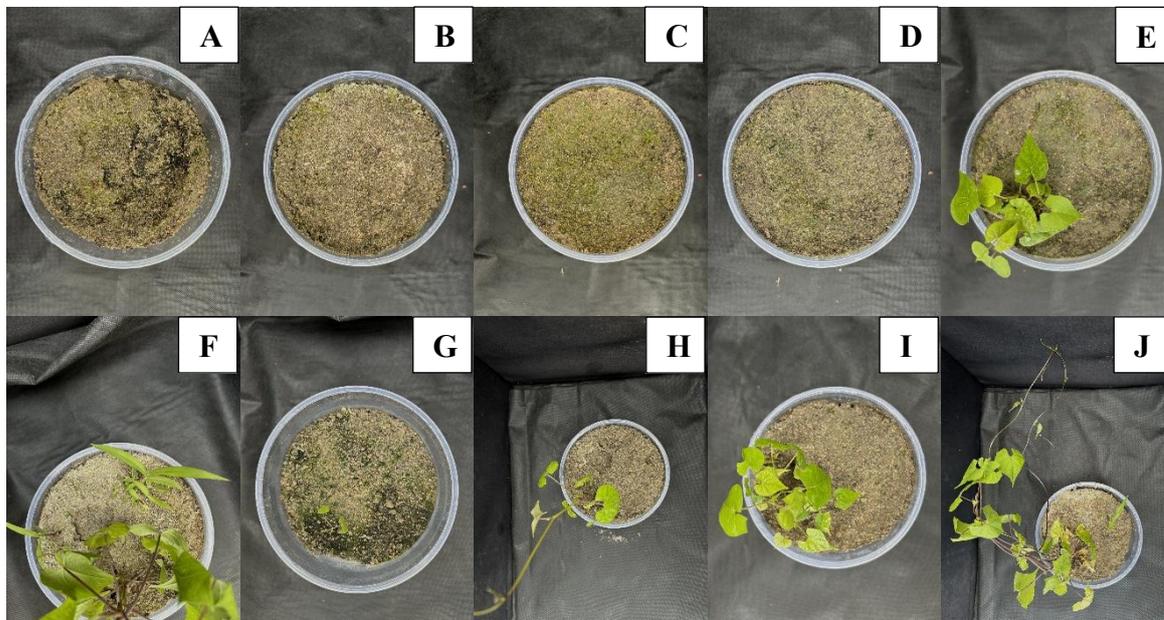
Fonte: Autor, 2024.

Figura 22. Percentual de controle visual, aos 45 DAA, do herbicida inibidor da síntese carotenoides+celulose: Provence total (A); Provence total +FB1 (B); Provence total+FB2 (C); Provence total+FB3 (D); Provence total+FB4 (E).



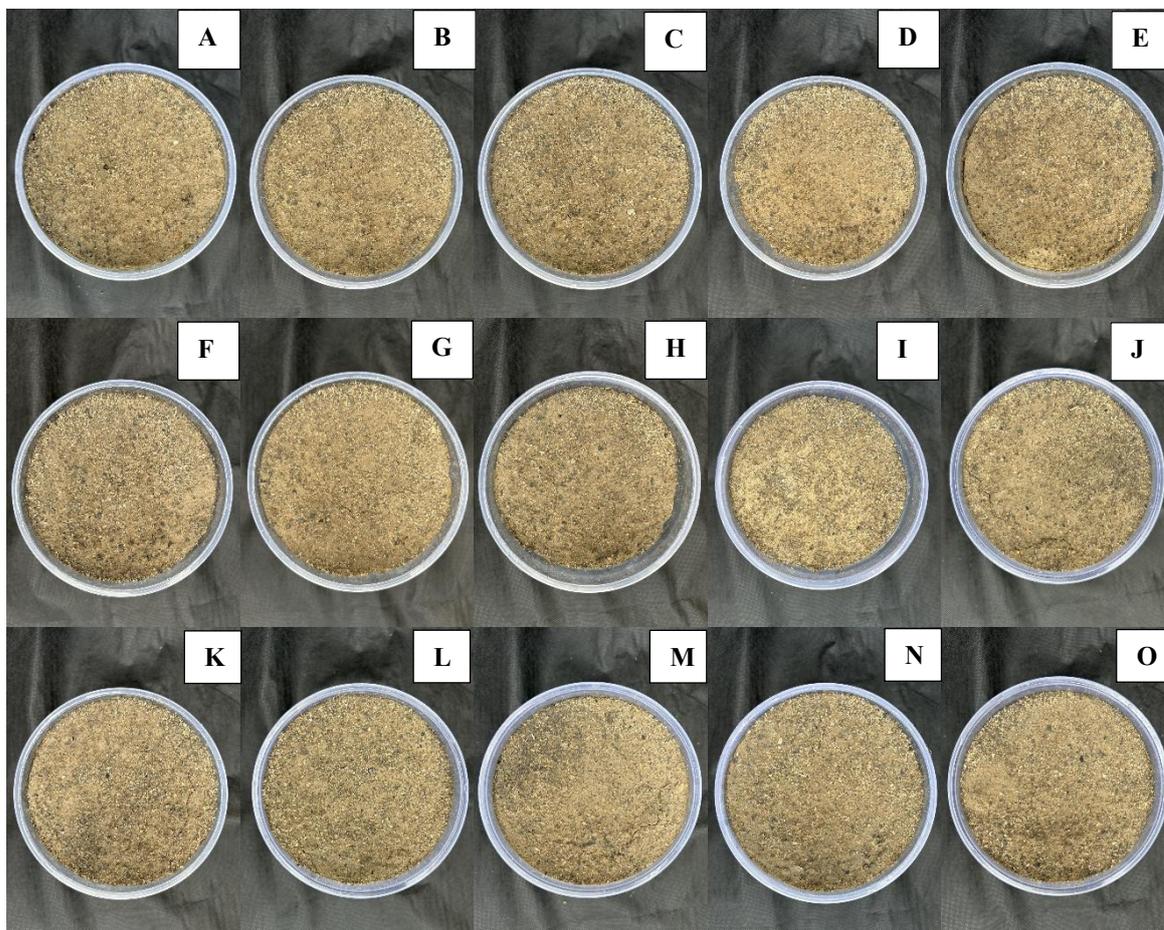
Fonte: Autor, 2024.

Figura 23. Percentual de controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidores do crescimento inicial: piroxasulfona (A); piroxasulfona+FB1 (B); piroxasulfona+FB2 (C); piroxasulfona+FB3 (D); piroxasulfona+FB4 (E); s-metolachlor (F); s-metolachlor+FB1 (G); s-metolachlor+FB2 (H); s-metolachlor+FB3 (I); s-metolachlor+FB4 (J).



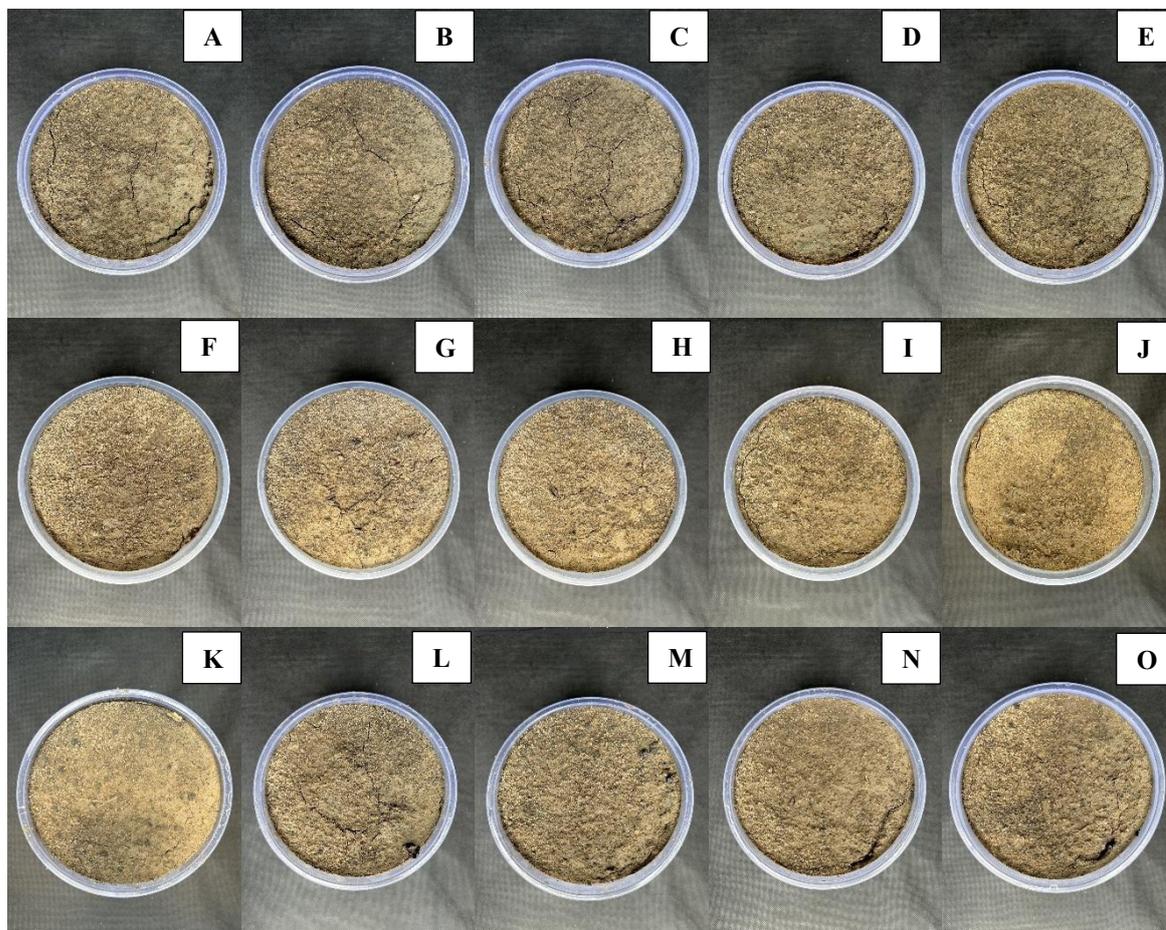
Fonte: Autor, 2024.

Figura 24. Percentual de controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidores do FSII: amicarbazona (A); amicarbazona+FB1 (B); amicarbazona+FB2 (C); amicarbazona+FB3 (D); amicarbazona+FB4 (E); hexazinona (F); hexazinona+FB1 (G); hexazinona+FB2 (H); hexazinona+FB3 (I); hexazinona+FB4 (J); tebutiuron (K); tebutiuron+FB1 (L); tebutiuron+FB2 (M); tebutiuron+FB3 (N); tebutiuron+FB4 (O).



Fonte: Autor, 2024.

Figura 25. Percentual de controle visual, aos 45 DAA, dos herbicidas inibidores da PROTOX: flumioxazina (A); flumioxazina+FB1 (B); flumioxazina+FB2 (C); flumioxazina+FB3 (D); flumioxazina+FB4 (E); oxifluorfem (F); oxifluorfem+FB1 (G); oxifluorfem+FB2 (H); oxifluorfem+FB3 (I); oxifluorfem+FB4 (J); sulfentrazona (K); sulfentrazona+FB1 (L); sulfentrazona+FB2 (M); sulfentrazona+FB3 (N); sulfentrazona+FB4 (O).



Fonte: Autor, 2024.