



PEDRO LUCAS DE CARVALHO MANOEL

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA
EM PLANTAS DE COBERTURA CONSORCIADAS COM O CAFEIEIRO**

LAVRAS-MG

2024

PEDRO LUCAS DE CARVALHO MANOEL

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA
EM PLANTAS DE COBERTURA CONSORCIADAS COM O CAFEIEIRO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho

Orientador

Prof.^a Dr.^a Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros

Coorientadora

LAVRAS-MG

2024

SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS EM PÓS-EMERGÊNCIA EM PLANTAS DE COBERTURA CONSORCIADAS COM O CAFEIEIRO

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho, UFLA

Prof.^a Dr.^a. Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros, UFLA

Ms. Paulo Henrique Frois Correa Barros, Fitotecnia, UFLA

Dr.^a. Ana Paula Maccari - Gerente de Pesquisa da empresa AGCROPPERS

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho

Orientador

Prof.^a Dr.^a Fernanda Carvalho Lopes de Medeiros

Coorientadora

LAVRAS-MG

2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Manoel, Pedro Lucas de Carvalho
SELETIVIDADE DE HERBICIDAS APLICADOS
EM PÓS-EMERGÊNCIA EM PLANTAS DE
COBERTURA CONSORCIADAS COM O CAFEIEIRO /
Pedro Lucas de Carvalho Manoel. - 2024.

64 p.: il.

Orientador(a): Alexandre Alves de Carvalho.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras,
2024.

Bibliografia.

1. Controle químico 2. Adubos verdes 3. Daninhas I.
Carvalho, Alexandre Alves de. II. Título.

*Aos meus pais, Dicélio e Cláudia, que sempre prezaram
por meus estudos, por todos os valores ensinados.*

*Aos meus avós Joaquim, Ana e Sebastião,
que sempre me apoiaram incondicionalmente.*

*Aos meus familiares e amigos, que
tornaram a minha jornada até aqui mais leve.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me permitir vivenciar essa experiência, pela vida, pela proteção, pela saúde e me conceder momentos incríveis ao lado de companhias extraordinárias.

À minha família, por todo carinho e apoio. Em especial, aos meus pais Dicélio e Cláudia, pelos esforços incansáveis em favor de minha educação; e minha irmã Ana Clara, por todo carinho, apoio e paciência.

A todos os inúmeros amigos que fiz durante minha jornada na graduação, em especial, ao Pedro Paulo, Felipe Emanuel, Rodrigo, Maria Fernanda, Lucas Deiró, Fernando Jr, Fernando César e José Vinicius que estiveram mais próximos durante o último ano da graduação, e foi fundamental para isso. E por fim, mas não menos importante, Julia Rodrigues, agradeço por todo apoio, carinho, paciência e lealdade.

Aos meus amigos da família NECANT por terem tornado a minha etapa pela UFLA mais leve e divertida.

As amigadas da vida que ultrapassaram a barreira do tempo, em especial, meus amigos do ensino médio Vinicius, Jean, Hernani, Mariana, Thais, Laura, Eduarda e Caio.

Aos meus orientadores de iniciação científica, Prof. Dr. Lucas Amaral e Ms. Lucas Rafael, por todo auxílio, as quais foram fundamentais em minha formação acadêmica.

Aos meus orientadores, professor Alexandre e professora Fernanda, por me conduzir neste trabalho e demais atividades, as quais foram fundamentais em minha formação acadêmica.

Aos demais membros da banca de defesa, e, por terem aceitado o convite de prontidão e estarem dispostos a participar de um momento tão importante. À empresa AG CROPPERS pelo financiamento desta pesquisa, por meio do contrato de prestação de serviços nº 23/2024, que foi celebrado entre a Universidade Federal de Lavras - UFLA e a empresa AG CROPPERS, com interveniência da Fundação de Desenvolvimento Científico e Cultural – FUNDECC.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Agricultura (DAG) por ter me proporcionado um ambiente de intenso aprendizado.

Ao Núcleo de Estudos em Sistema de Plantio Direto (NESP) por ter me proporcionado o desafio como líder até o presente momento.

RESUMO

As plantas de cobertura estão cada vez mais frequentes no sistema de produção visando o condicionamento, conservação e a preservação do solo. Porém, uma das limitações de seu uso é a falta de herbicidas registrados e que sejam eficientes para o controle de plantas daninhas nas culturas de cobertura. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a seletividade de herbicidas, recomendados para a cultura do café, pulverizados em pós-emergência nas culturas de cobertura em casa de vegetação e em campo. O primeiro experimento em ambiente controlado foi instalado no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Quatro herbicidas, com o auxílio do pulverizador costal e preparo de calda de 150 L ha⁻¹, foram pulverizados sobre dez espécies de plantas de cobertura, sendo elas: *C. ochroleuca*, *C. spectabilis*, *Cajanus cajan*, *Urochloa ruziziensis*, *Pennisetum glaucum* (L.), *Raphanus sativus*, *Crambe abyssinica* (H.), *Fagopyrum esculentum*, *Guizotia abyssinica* e *Brassica rapa* L. Foram utilizados os seguintes herbicidas: Metsulfurom Metílico (4,8 g i.a. ha⁻¹), Saflufenacil (42 g i.a. ha⁻¹); Piroxasulfona + Flumioxazina (240 g i.a ha⁻¹) e o Flumioxazina (25 g i.a. ha⁻¹). Além disso, foi adotado uma testemunha sem aplicação de herbicidas. As parcelas foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial (5x10), com cinco repetições. Cada unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade para 5 dm³ de solo, totalizando 250 vasos. Após a aplicação, foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade aos 7, 14, 21, 28 dias. Posteriormente à avaliação visual, foi quantificado a matéria seca foliar (MSF) e matéria seca radicular (MSR). O segundo experimento foi conduzido em campo, instalado em lavoura comercial de café, localizado na Fazenda Brasília, situada no município de Coqueiral/ Minas Gerais. O delineamento experimental adotado foi um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (4x10). O primeiro fator testado correspondeu a aplicação de três herbicidas e controle: Metsulfurom-Metílico (4,8 g i.a./ha⁻¹); Piroxasulfona + Flumioxazina (240 g i.a./ha⁻¹) e o Flumioxazina (25 g i.a./ha⁻¹), além de uma testemunha sem aplicação e o segundo fator correspondeu à mistura de oito espécies de plantas de coberturas, presente no MIX Café da empresa AG Croppers. Cada unidade experimental correspondeu a 46 m² com 36 kg/ha de semente. Após a semeadura esperou-se 30 dias para aplicação do herbicida. Foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade aos 7, 14, 21, 28 dias. Posteriormente à avaliação visual, foi quantificado o índice NDVI pelo aparelho GreenSeeker e realizados os levantamentos de quadrado inventário aos 0, 15 e 30 dias da aplicação. Os resultados obtidos nas avaliações foram submetidos através do programa R, a análise de variância pelo teste F (p <0,05) e realizado o teste Scott-Knott (p <0,05) para agrupamento das médias. Foram elaborados gráficos de linhas para o percentual de fitotoxicidade ao longo dos dias de avaliação e gráficos de barra para o quadrado inventário em função dos herbicidas. O *P. glaucum* (L.) apresentou seletividade para os herbicidas Saflufenacil, Metsulfuron e Flumioxazina em condições de ambiente controlado. A *U. ruziziensis* apresentou seletividade apenas para o herbicida Saflufenacil. O *C. cajan* apresentou seletividade apenas para o herbicida Flumioxazina. No experimento em campo, o tratamento com a aplicação de Metsulfuron apresentou seletividade para a cultura do *P. glaucum* (L.), confirmando em campo o experimento em ambiente controlado. Os demais, tratamentos, Piroxasulfona+Flumioxazina e Flumioxazina, devem passar por ajustes, de doses, momentos e método de aplicação, buscando refinar a seletividade das plantas de cobertura.

Palavras-chave: Controle químico; Adubos verdes; Daninhas;

ABSTRACT

Cover crops are increasingly frequent in production systems aiming at soil conditioning, conservation, and preservation. However, one of the limitations of their use is the lack of registered herbicides that are effective for weed control in cover crops. In this context, the objective was to evaluate the selectivity of herbicides recommended for coffee cultivation, sprayed post-emergence on cover crops in both greenhouse and field conditions. The first experiment in a controlled environment was conducted at the Forest Nursery of the Federal University of Lavras (UFLA). Four herbicides, with the aid of a backpack sprayer and a spray volume of 150 L ha⁻¹, were applied to ten species of cover crops: *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan*, *Urochloa ruziziensis*, *Pennisetum glaucum* (L.), *Raphanus sativus*, *Crambe abyssinica* (H.), *Fagopyrum esculentum*, *Guizotia abyssinica*, and *Brassica rapa* L. The following herbicides were used: Metsulfuron-Methyl (4.8 g a.i. ha⁻¹), Saflufenacil (42 g a.i. ha⁻¹); Pyroxasulfone + Flumioxazin (240 g a.i. ha⁻¹) and Flumioxazin (25 g a.i. ha⁻¹). Additionally, a control without herbicide application was included. The plots were arranged in a completely randomized design, in a factorial scheme (5x10), with five replicates. Each experimental unit consisted of a plastic pot with a capacity of 5 dm³ of soil, totaling 250 pots. After application, visual assessments of phytotoxicity were conducted at 7, 14, 21, and 28 days. Following the visual assessment, foliar dry matter (FDM) and root dry matter (RDM) were quantified. The second experiment was conducted in the field at a commercial coffee farm located in Fazenda Brasília, in the municipality of Coqueiral, Minas Gerais. The experimental design adopted was a randomized block design in a factorial scheme (4x10). The first factor tested corresponded to the application of three herbicides and a control: Metsulfuron-Methyl (4.8 g a.i. ha⁻¹); Pyroxasulfone + Flumioxazin (240 g a.i. ha⁻¹) and Flumioxazin (25 g a.i. ha⁻¹), along with a control without application. The second factor corresponded to a mix of eight cover crop species present in the MIX Café from AG Croppers company. Each experimental unit corresponded to 46 m² with 36 kg. ha⁻¹ of seeds. After sowing, 30 days were allowed before herbicide application. Visual assessments of phytotoxicity were conducted at 7, 14, 21, and 28 days. Following the visual assessment, the NDVI index was quantified using the GreenSeeker device, and inventory square assessments were performed at 0, 15, and 30 days post-application. The results obtained from the assessments were subjected to variance analysis using the R software, with the F-test ($p < 0.05$), and the Scott-Knott test ($p < 0.05$) was performed for means grouping. Line graphs were created for the percentage of phytotoxicity over the evaluation days, and bar charts were made for the inventory square according to the herbicides. *Pennisetum glaucum* (L.) showed selectivity for the herbicides Saflufenacil, Metsulfuron, and Flumioxazin in controlled environment conditions. *Urochloa ruziziensis* showed selectivity only for the herbicide Saflufenacil. *Cajanus cajan* showed selectivity only for the herbicide Flumioxazin. In the field experiment, the treatment with Metsulfuron application showed selectivity for *Pennisetum glaucum* (L.), confirming in the field the results from the controlled environment experiment. The other treatments, Pyroxasulfone + Flumioxazin and Flumioxazin, need adjustments in doses, timing, and application methods, seeking to refine the selectivity of cover crops.

Keywords: Chemical control; Green manure; Weeds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fitotoxicidade de <i>C. Ochroleuca</i> aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	34
Figura 2 – Fitotoxicidade da <i>C. spectabilis</i> aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	35
Figura 3 – Fitotoxicidade do <i>R. sativus</i> aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	36
Figura 4 – Fitotoxicidade do <i>C. abyssinica</i> (H.) aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	37
Figura 5 – Fitotoxicidade do <i>F. esculentum</i> aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	38
Figura 6 – Fitotoxicidade do <i>G. abyssinica</i> aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	39
Figura 7 – Fitotoxicidade do <i>Brassica rapa</i> L. aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	40
Figura 8 – Fitotoxicidade da <i>U. ruziziensis</i> aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	41
Figura 9 – Fitotoxicidade do <i>C. cajan</i> aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	42
Figura 10 – Fitotoxicidade do <i>P. glaucum</i> (L.) aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.	43
Figura 11 – Resultados de matéria seca da parte aérea em gramas por vaso, de espécies de plantas de cobertura, após aplicação de herbicidas, Lavras/MG, 2024.	44
Figura 12 – Resultados de matéria seca do sistema radicular em gramas por vaso, de espécies	

de plantas de cobertura, após aplicação de herbicidas, Lavras/MG, 2024.	46
Figura 13 – Avaliações de fitotoxicidade, aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, no experimento em campo, no município de Coqueiral/MG.	49
Figura 14 – Avaliações com GreenSeeker™, na obtenção do índice NDVI, aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA dos herbicidas, no experimento em campo, no município de Coqueiral/MG.....	50
Figura 15 – Aspecto visual de sintomas da fitotoxicidade em plantas de cobertura aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, no experimento em campo, no município de Coqueiral/MG.	52
Figura 16 – Identificação de plantas de cobertura (A) e de daninhas (B) observadas, por cada tratamento de herbicida, no município de Coqueiral/MG.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos de Latossolo Vermelho distroférico, utilizado no experimento em ambiente controlado.....	28
Tabela 2 – Escala EWRC (1964) de notas de fitotoxicidade para dano foliar em plantas de cobertura utilizada no experimento.	30
Tabela 3 – Atributos químicos de Latossolo Vermelho distroférico, utilizada no experimento de campo.....	31
Tabela 4 – Resumo da análise de variância (ANOVA) do experimento em casa de vegetação, no município de Lavras/MG, 2024.....	33
Tabela 5 – Resumo da análise de variância (ANOVA) do experimento em campo, no município de Coqueiral/MG, 2024.	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Cafeeiro (<i>Coffea spp.</i>).....	14
2.2	Plantas de cobertura	15
2.3	Crotalária (<i>Crotalaria spp.</i>)	16
2.4	Crotalária Ochroleuca (<i>Crotalaria ochroleuca</i> L.).....	16
2.5	Crotalária spectabilis (<i>Crotalaria spectabilis</i>).....	17
2.6	Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>).....	18
2.7	Braquiária ruziziensis (<i>Urochloa ruziziensis</i>).....	18
2.8	Milheto (<i>Pennisetum glaucum</i> L.)	19
2.9	Nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i> L. var. oleiferus Metzg.).....	20
2.10	Crambe (<i>Crambe abyssinica</i> Hochst. ex Fries)	21
2.11	Trigo mourisco (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)	22
2.12	Níger (<i>Guizotia abyssinica</i> (L. f.) Cass).....	22
2.13	Hunter brássica (<i>Brassica rapa</i> L.).....	23
2.14	Mix de cobertura	24
3	Herbicidas	24
3.1	Caracterização dos herbicidas Metsulfuron-Metílico, Flumioxazina, Saflufenacil, e Piroxasulfona + Flumioxazina.	25
3.2	Seletividade.....	27
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1	Ensaio em ambiente controlado	28
4.2	Ensaio em condição de campo	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	Ensaio em ambiente controlado	33
5.2	Ensaio em campo	48
6	CONCLUSÕES	54
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

A estimativa para a safra de café de 2024 no Brasil é superior a 29,18 milhões de sacas, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024). O Brasil não é apenas o maior produtor, mas também o maior exportador e o segundo maior consumidor de café do mundo. O cultivo do café enfrenta diversos desafios, incluindo a necessidade de lidar com áreas de cultivo de maneira sustentável para maximizar a produtividade e minimizar os impactos ambientais. Uma prática agrícola que ganhou destaque é o uso de plantas de cobertura nas entrelinhas dos cafeeiros (Cavalcante *et al.*, 2018).

Os benefícios ecológicos do uso de plantas de cobertura no solo são numerosos, incluindo o aumento de matéria orgânica no sistema de produção, ciclagem de nutrientes, incorporação de nitrogênio por meio da fixação biológica (especial com o uso de leguminosas), redução das oscilações de temperatura no solo, melhor aproveitamento da água, melhoria das condições do solo, aumento da produtividade e controle de plantas daninhas (Cunha *et al.*, 2011; Ambrosano *et al.*, 2013; Santos, 2013; Castanheira, 2018; Voltolini, 2019).

De acordo com Silva *et al.* (2007a), o controle químico das plantas destaca-se por ser um método eficiente, rápido e mais econômico. Considerando que a seletividade dos herbicidas é a base para o sucesso do controle químico das plantas daninhas na produção agrícola (Oliveira Junior.; Inoue, 2011), é de fundamental importância a realização de estudos direcionados à prospecção de herbicidas que sejam seletivos para a cultura do café.

Com as mudanças nos sistemas de produção, onde o uso de plantas de cobertura nas entrelinhas do café está se tornando mais comum, sendo assim, há a necessidade de adotar práticas culturais mais complexas. Nesse contexto, destaca-se o manejo de plantas daninhas por meio da aplicação de herbicidas que, para ser implementado, é necessário o conhecimento de quais moléculas são seletivas às plantas de cobertura e que controlam as plantas daninhas presentes na área. O uso de herbicidas deve ser realizado de maneira consciente, com foco nas espécies infestantes, objetivando reduzir o banco de sementes da área de cultivo (Kuva *et al.*, 2007). Uma alternativa para redução do uso de herbicidas, é o uso de plantas de cobertura, no entanto, a seletividade aos herbicidas empregados no cultivo agrícola, faz se necessário, contribuindo com aumento de produtividade da cultura principal (Bunchek *et al.*, 2020).

Portanto, o presente estudo objetivou avaliar a seletividade dos herbicidas utilizados na pós-emergência da cultura do café na fitointoxicação de espécie de plantas de cobertura em condição de casa de vegetação e campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cafeeiro (*Coffea spp.*)

O cafeeiro, pertencente à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*, representa uma cultura de enorme relevância econômica devido à produção do café. Esta bebida é amplamente reconhecida por sua alta qualidade, aroma marcante e sabor distintivo, fatores que contribuem para seu preço mais elevado no mercado global. Como resultado, a cultura do café responde por cerca de 70% das vendas mundiais. Destacam-se entre as mais de 100 espécies do gênero *Coffea*, o *Coffea arabica* e o *Coffea canephora* (Rodrigues, 2017).

A introdução bem-sucedida do cafeeiro no Brasil, em 1727, destaca sua notável adaptabilidade. Apesar das variações de solo, clima e práticas de manejo fitossanitário, assim como dos estresses bióticos e abióticos aos quais são submetidos, o cultivo do café demonstra potencial produtivo em diferentes regiões do país. Estas condições são distintas do centro de origem do cafeeiro, que se localiza nos sub-bosques das florestas da Etiópia e do Sul do Sudão, caracterizados por temperaturas amenas, alta umidade e sombreamento (Rodrigues, 2017).

O Brasil, além de ser o maior produtor, também é o maior exportador e o segundo maior consumidor de café. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a produção brasileira de café em 2023 foi de mais de 55 milhões de sacas beneficiadas, sendo 38,90 milhões da espécie *Coffea arabica* L., o que correspondeu a 70,63 % da produção nacional. O Estado de Minas Gerais é o maior produtor de café arábica, correspondendo a 70,74 % da produção nacional, com uma área total de 1,082 milhões de hectares plantados e produção de 29 milhões de sacas em 2023 e estimativa superior de 29,18 milhões de sacas para a safra 2024.

De acordo com Matiello *et al.* (2010), o cafeeiro é descrito por possuir um porte que pode variar entre arbóreo e arbustivo, com um crescimento contínuo e perene. Sua fenologia é dividida entre fases de crescimento vegetativo e reprodutivo, seguindo um padrão sazonal influenciado por fatores edafoclimáticos e características próprias da planta. O metabolismo fotossintético é do tipo C3, e suas folhas são opostas, com limbo inteiro e coloração verde escura, sendo mais escuras no café arábica do que no café robusta. Seu caule é lenhoso, ereto e tem formato cilíndrico, com um crescimento dimórfico. O caule principal, chamado de ortotrópico, dá origem aos ramos laterais produtivos, conhecidos como plagiotrópicos.

O potencial produtivo do cafeeiro depende de um manejo eficaz desde o plantio até a colheita e da escolha adequada da cultivar para cada região. Condições climáticas favoráveis,

espaçamento e manejo e nível tecnológico apropriados são essenciais, assim como a análise das características vegetativas e reprodutivas de cada variedade (Matiello, 2008).

A temperatura média anual ideal é entre 18° C e 22° C, com maior exposição solar da tarde e precipitação anual entre 1200 a 1800 mm, entretanto, a irrigação possibilita o cultivo em regiões mais quentes e com deficiências hídricas acima de 150 mm. Altitudes entre 500 e 1300 metros são ideais, mas a irrigação permite cultivo em altitudes inferiores a 500 metros. Solos com boa drenagem, baixa pedregosidade, ricos em matéria orgânica e ligeiramente ácidos proporcionam melhores resultados. (Botelho *et al.* 2010)

Portanto, sabendo das características ideais de condução da lavoura e conhecendo sua adaptabilidade ao ambiente, para otimizar o potencial produtivo do cafeeiro, práticas de manejo eficazes são essenciais desde o plantio até a colheita, incluindo a implementação de plantas de cobertura. A adoção dessas plantas de cobertura tem se mostrado uma estratégia eficiente para promover a sustentabilidade na produção agrícola, proporcionando benefícios não só para as culturas de interesse econômico, mas também para a saúde do solo e o equilíbrio ambiental (Pedrosa *et al.*, 2014).

2.2 Plantas de cobertura

O emprego de plantas de cobertura do solo, cultivadas individualmente ou em consórcio, é uma prática antiga nos agroecossistemas. Atualmente, os benefícios ecológicos dessas plantas para o solo são evidentes. Em escala global, muitas espécies de plantas de cobertura do solo são utilizadas, principalmente em sistemas de consorciação, rotação e sucessão de culturas (Tiecher, 2016).

A utilização dessas plantas tem sido uma estratégia eficaz para aumentar a sustentabilidade da produção agrícola, trazendo vantagens para as culturas de interesse econômico, para o solo e para o meio ambiente (Pedrosa *et al.*, 2014). No entanto, para a consolidação dessa tecnologia, é necessário avaliar e selecionar espécies que apresentem boa adaptação ao cultivo consorciado, que não prejudiquem a cultura principal, que sejam tolerantes à deficiência hídrica (Lara Cabezas, 2004) e que produzam grande quantidade de fitomassa para a cobertura do solo (Perin *et al.*, 2004).

Diversas espécies de plantas de cobertura podem ser utilizadas como adubação verde em sistemas consorciados com culturas agrícolas no Brasil. No entanto, o manejo dessas plantas ainda é pouco conhecido entre técnicos, extensionistas e agricultores. Atualmente, para a

maioria das espécies, há boa disponibilidade de sementes no mercado para venda aos agricultores (Tiecher, 2016).

2.3 Crotalária (*Crotalaria spp.*)

Crotalária é um dos maiores gêneros da família Fabaceae, com cerca de 690 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, especialmente abundantes na África e na Índia (Garcia *et al.*, 2013). Elas se adaptam a uma variedade de ambientes, desde margens de rios até encostas litorâneas, restingas, bordas de florestas, campos e cerrados. No entanto, sua natureza oportunista as torna comuns como invasoras em áreas cultivadas e em locais perturbados, como margens de estradas e pastagens (Flores; Miotto, 2005; Lewis *et al.*, 2005).

As espécies deste gênero são distintas por apresentarem porte herbáceo ou arbustivo, folhas digitado-trifolioladas, unifolioladas ou simples, flores com corola predominantemente amarela, estames monadelfos, formando um tubo aberto por uma fenda, anteras dimorfas e legumes inflados. O legume inflado, quando próximo à deiscência, libera as sementes produzindo um som semelhante ao de um chocalho ou ao guizo de uma cobra cascavel (*Crotalus sp.*). Essa característica resulta nos nomes populares de muitas de suas espécies, como guizo-de-cascavel, xique-xique e crotalária, bem como o nome do gênero (Queiroz, 2009).

Segundo Silveira e Rava (2004), a produção de massa seca resultante do cultivo da crotalária solteira varia, aproximadamente, em torno de 2 a 3 t ha⁻¹, com quantidades podendo atingir até 13 t ha⁻¹ dependendo da espécie e do sistema de cultivo.

Há uma variedade de usos atribuídos a essas espécies, incluindo adubo orgânico, forragem, controle de nematoides em plantações, revegetação de áreas contaminadas por substâncias tóxicas, como o arsênio da indústria têxtil, produção de fibras para papel, medicina popular e atividades farmacológicas (Queiroz, 2009). No entanto, o autor ainda relata que algumas espécies são consideradas tóxicas para humanos e outros animais devido aos alcaloides produzidos durante a frutificação. Além disso, atuam como importantes representantes de plantas daninhas em ambientes agrícolas ou ruderais.

2.4 Crotalária Ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca* L.)

Originária da África, a Crotalária ochroleuca é conhecida principalmente por sua rusticidade, tolerância à seca, fornecimento de nitrogênio através da FBN e rápido desenvolvimento das raízes, destacando-se por sua excelente adaptabilidade às condições

edafoclimáticas, sendo capaz de prosperar em solos com baixa fertilidade química e escasso teor de matéria orgânica (Calegari, 2016).

Essa leguminosa anual de primavera-verão, pode atingir até 2,0 metros de altura, possui um crescimento determinado, sendo arbustiva e ereta. Suas folhas são estreitas, e uma proporção significativa da biomassa aérea é composta pelo caule, que apresenta características semi-lenhosas. As sementes são pequenas, de formato reniforme e variadas cores (Silva *et al.*, 2016). Seu potencial produtivo varia de 7 a 10 toneladas por hectare de massa seca, alcançando valores impressionantes de até 17 toneladas por hectare (Amabile *et al.*, 2000).

No entanto, é importante observar que a *Crotalária ochroleuca* é suscetível ao ataque da lagarta (*Utetheisa ornatrix* L.) e está sujeita ao ataque da lagarta-das-vagens, cuja intensidade pode comprometer a produção de sementes, dependendo do nível de infestação (Barreto; Fernandes, 2001; Calegari *et al.*, 1993).

2.5 *Crotalária spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*)

A *Crotalaria spectabilis*, originária da Ásia tropical, é uma leguminosa anual adaptada a climas tropicais, floresce durante a primavera e o verão. Apresenta capacidade de se desenvolver em diferentes tipos de texturas de solo, incluindo os pobres em fósforo, suas raízes pivotantes profundas têm a capacidade de romper camadas compactadas do solo. Esta planta subarbustiva e ramificada apresenta um ciclo relativamente precoce, podendo atingir porte mediano (0,60 m a 1,50 m) de altura, apesar do seu desenvolvimento inicial lento (Calegari *et al.*, 1993).

Estudos conduzidos por Araújo *et al.* (2015) revelaram que a cobertura morta proveniente da cultura de *C. spectabilis* interfere na dinâmica populacional da tiririca (*Cyperus rotundus*), resultando na redução tanto da população quanto da biomassa seca dessa planta daninha. Além disso, a *C. spectabilis* tem sido eficaz como planta-armadilha no controle de nematoides das galhas em solos infestados, conforme observado por Leal *et al.* (2012) e Aguiar *et al.* (2014).

Embora seja comumente empregada como cultura de cobertura ou adubação verde, por seu fornecimento de nitrogênio através da FBN, essa espécie enfrenta limitações na produção de sementes devido ao ataque de lagartas e à baixa taxa de polinização cruzada. Em condições de alta temperatura e umidade, pode surgir uma doença fúngica, a mancha foliar/mancha de septoria (*Septoria crotalariae*), causando manchas nas folhas e queda prematura das mesmas,

podendo levar à morte da planta (Maringoni *et al.* 2012).

É importante salientar que a *C. spectabilis* é a espécie mais tóxica do gênero *Crotalaria*, sendo consumida pelos animais apenas na ausência de outras forrageiras. Isso se deve à presença da substância monocrotalina, que possui efeitos hepatotóxicos (Calegari *et al.* 1993).

2.6 Feijão guandu (*Cajanus cajan*)

O feijão guandu (*Cajanus cajan*), pertencente à família Fabaceae, é uma planta anual ou perene de vida curta, com caule lenhoso e raiz principal pivotante que pode penetrar um ou mais metros no solo. Seu sistema radicular também apresenta numerosas raízes finas secundárias de até 30 cm de comprimento, contendo nódulos com bactérias do gênero *Rhizobium* (Kichel; Miranda, 2000).

Na alimentação animal, o feijão guandu pode ser empregado como banco de proteínas, silagem ou pastejo direto (Kichel; Miranda, 2000). Ele pode ser utilizado como fonte de grãos para consumo humano, produção de farinhas para monogástricos e suplemento proteico para ruminantes.

Entre as leguminosas, o feijão guandu é uma das espécies mais utilizadas na adubação verde devido ao seu sistema radicular profundo e ramificado, que lhe confere resistência ao estresse hídrico e a capacidade de romper camadas compactadas do solo. Por essa característica, é conhecido como “arador biológico” (Araújo Filho *et al.*, 2010).

De acordo Valadares Filho (2000), em solos bem drenados e profundos, o feijão guandu pode alcançar uma produtividade de até 14 t/ha/ano de massa seca, com aproximadamente 2 t de proteína bruta com teores entre 16% e 20%.

2.7 Braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*)

Urochloa ruziziensis é uma gramínea originária da África, inicialmente cultivada no Congo em condições úmidas não inundáveis. Introduzida no Brasil em 1965 pelo IPEAN (Serrão; Neto, 1971), essa espécie perene e estolonífera cresce de forma semidecumbente, densificando a cobertura do solo (Cook *et al.*, 2020).

Comum em regiões tropicais, o cultivo de *U. ruziziensis* é indicado para áreas com precipitação anual superior a 870 mm. A planta apresenta crescimento ótimo em temperaturas de aproximadamente 33° C durante o dia e 28° C à noite. Durante os meses de maio a agosto, floresce mais tarde, mantendo seu valor nutricional por mais tempo durante a seca. No entanto,

seu crescimento reduz-se significativamente quando as temperaturas noturnas caem abaixo de 19° C. Adaptável a solos de variada fertilidade (pH 4,9 a 7,0), possui boa tolerância ao alumínio (Al), embora a toxicidade do Al e a deficiência de Ca possam reduzir sua produtividade, afetando o crescimento das raízes (Ritchey *et al.*, 1989). A planta se desenvolve bem em solos de textura leve a muito pesada, tolera períodos secos prolongados e não se adapta a terrenos encharcados ou mal drenados (Serrão; Neto, 1971; Cook *et al.*, 2020).

A *U. ruziziensis* pode ser utilizada em pastejos diferidos, com uma altura de corte média de 80 cm no período chuvoso. A altura de saída recomendada é de 40 cm, metade da altura de entrada (Sobrinho *et al.*, 2011). A espécie tem alta capacidade de produção de massa seca durante o verão, embora seu crescimento seja altamente sazonal (Lima *et al.*, 2019). É tolerante à sombra e adequada para sistemas integrados com lavouras e florestas.

O uso de *U. ruziziensis* em sistemas integrados aumentou devido à sua melhor adaptação à sobressemeadura, bom valor nutricional para os animais (Lopes *et al.*, 2010), facilidade de controle com herbicidas em comparação com *U. decumbens* e *U. brizantha* (Cook *et al.*, 2020), boa cobertura do solo e capacidade de aumentar a ciclagem de nutrientes. Mingotte *et al.* (2020) relataram que a cobertura do solo em lavouras consorciadas de milho com *U. ruziziensis* aumentou de 64 % para 100 %, comparado a sistemas de monocultivo.

2.8 Milheto (*Pennisetum glaucum* L.)

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma gramínea anual tropical conhecida pela fácil implantação e manejo, apresentando um crescimento cespitoso e ereto. Seu ciclo vegetativo é curto, variando de 60 a 150 dias (Café *et al.*, 2002). De acordo com Scaléa (1998), a espécie destaca-se pela ampla adaptação a diversos ambientes e condições de clima e solo. Adapta-se bem às condições do Cerrado brasileiro, onde predominam solos ácidos de baixa fertilidade e longos períodos de estiagem. Seu sistema radicular profundo aumenta a capacidade de extração de nutrientes e descompactação do solo (Crusciol; Soratto, 2007).

O cultivo do milheto é voltado para a produção de cobertura vegetal no plantio direto de culturas como milho e soja. Ele também é utilizado na implantação e recuperação de pastagens, produção de grãos, forragem para pastejo e volumosos conservados. Quando semeado após culturas de verão, o milheto pode ser colhido para grãos ou utilizado como forragem suplementar no período seco, representando uma alternativa para suprir a carência de alimento em épocas de escassez (Tabosa *et al.*, 1999). Isso é possível devido à sua elevada

tolerância a altas temperaturas e períodos de déficit hídrico. Além disso, as altas temperaturas associadas à alta umidade no verão aceleram a decomposição dos resíduos vegetais (Lara Cabezas *et al.*, 2004).

A utilização do milho como cobertura vegetal dispensa o revolvimento do solo, evitando modificações indesejáveis na ciclagem de nutrientes. Sua implantação melhora os processos de imobilização, mineralização, lixiviação, volatilização e desnitrificação, devido à lenta decomposição da matéria verde (Lara Cabezas *et al.*, 2004).

A produção de forragem pode alcançar até 60 t/ha de matéria verde e 20 t/ha de massa seca quando cultivado no início da primavera, já a produção de grãos do milho varia entre 500 e 1500 kg/ha. A espécie possui excelente valor nutritivo, com 24% de proteína bruta, boa palatabilidade e digestibilidade que varia entre 60 e 78 % (Kichel; Miranda, 2000).

2.9 Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.).

Originário da Ásia Oriental e da Europa, o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) pertence à família Brassicaceae, da ordem Capparales, com ciclo anual de inverno. Introduzido no Brasil na década de 1980, é cultivado nas regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, sendo utilizado como planta de cobertura para alimentação animal ou adubo verde no inverno, em sistemas de cultivo conservacionista como o plantio direto e o cultivo mínimo (Crusciol *et al.*, 2005; Sá, 2005; Lima *et al.*, 2007).

O nabo forrageiro destaca-se por sua alta adaptabilidade, superando culturas como a colza, a mostarda e outras Brassicaceae. Pode ser cultivado em uma ampla variedade de climas, em solos arenosos e de média fertilidade, desde que corrigidos com calcário e fósforo (Derpsch; Calegari, 1992; Calegari *et al.*, 1993). É uma planta rústica, pouco exigente em nutrientes e pH, que se desenvolve bem em solos relativamente pobres e resiste a geadas tardias (Santos *et al.*, 2002). Possui boa precocidade e agressividade, descompactando e cobrindo até 100% da superfície do solo em aproximadamente 60 dias (Calegari, 1990). De fácil manejo, apresenta grande produção de fitomassa, variando de 40 a 60 toneladas de massa verde, podendo chegar à uma produtividade até 1500 kg de sementes por hectare (Crusciol *et al.*, 2005; Tomm *et al.*, 2002; Denardin *et al.*, 2006).

Calegari (2001) relata que o nabo forrageiro apresenta efeitos alelopáticos, afetando qualitativa e quantitativamente a incidência de diferentes espécies de plantas invasoras, fato observado na cultura do feijão devido à presença dos resíduos de nabo forrageiro.

A cultura do nabo forrageiro possui elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio (Aita; Giacomoni, 2003; Silva *et al.*, 2007a), fósforo e potássio (Giacomoni *et al.*, 2003), tornando-a importante em esquemas de sucessão de culturas com espécies como milho (Martins; Rosa Junior, 2005) e feijão e café como cultivo intercalar (Crochemore; Piza, 1994). Além disso, apresenta uma relação C/N média, na faixa de 20 a 25 (Muzilli, 2002; Giacomoni *et al.*, 2003), resultando em uma elevada taxa de mineralização, comparável à das leguminosas (Amado *et al.*, 2002).

2.10 Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex Fries)

O crambe (*Crambe abyssinica*) é uma planta herbácea de ciclo anual, caracterizada por sua postura ereta e ciclo médio de 90 dias. Pertencente à família das brássicas, altura que varia entre 70 e 90 cm e apresenta um hábito de florescimento indeterminado, que se inicia aproximadamente aos 35 dias após a semeadura. Suas sementes são distintas por sua forma redonda e são revestidas por um tegumento cinza, contendo de 35 a 60 % de óleo (Fundação MS, 2009). Originária do Mediterrâneo, essa espécie tem despertado interesse em diversas regiões tropicais e subtropicais, principalmente devido à crescente demanda industrial por seu óleo, recentemente utilizado na produção de biodiesel (Carneiro *et al.*, 2009).

No Brasil, as pesquisas sobre a cultura do crambe tiveram início em 1995, na Fundação Mato Grosso do Sul, com o objetivo inicial de avaliar seu potencial como cobertura do solo (Baez, 2007; Pitol, 2008). Contudo, com o avanço da produção de biodiesel, essa planta oleaginosa ganhou destaque por suas características vantajosas, tais como precocidade, tolerância à seca e geadas, além de baixo custo de produção e uma produtividade estimada entre 1000 e 1500 kg por hectare. Ademais, o crambe não entra em competição direta com culturas destinadas à alimentação humana, o que o torna uma opção promissora para a produção de biocombustíveis (Baez, 2007; Jasper *et al.*, 2010).

Conforme destacado por Endres e Schatz (1993), o controle de plantas daninhas é um aspecto crítico no sistema produtivo do crambe, dada sua limitada capacidade de competir com as ervas invasoras durante o estágio inicial de desenvolvimento. O fechamento adequado do dossel requer de 3 a 4 semanas, período crucial para o controle eficaz das plantas daninhas.

2.11 Trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench)

O *Fagopyrum esculentum*, pertencente à família Polygonaceae, é uma planta originária da China e da Ásia Central (Zhang *et al.*, 2012). Popularmente conhecida como trigo-sarraceno, trigo-mourisco, trigo-negro e trigofaia, essa espécie é muitas vezes considerada um cereal devido ao uso similar dos seus grãos ao trigo comum (Silva *et al.*, 2002). No entanto, por pertencer a uma família diferente, é mais corretamente classificada como pseudocereal (Fang *et al.*, 2015; Nagatomo *et al.*, 2014; Kiproviski *et al.*, 2015).

O trigo mourisco é uma planta herbácea, dicotiledônea, de crescimento indeterminado e ciclo curto (Cai *et al.* 2016). O gênero *Fagopyrum* inclui 15 espécies, divididas entre anuais e perenes, sendo as mais cultivadas as anuais *F. esculentum* e *F. tataricum*. Essa planta é considerada rústica e capaz de se desenvolver em diversas condições de solo e temperatura, tornando-se uma opção viável para cultivo em diferentes regiões. No Rio Grande do Sul, por exemplo, o cultivo é recomendado de outubro a março. Países como China, Japão, Itália, Canadá, Índia, Ucrânia e Brasil estão entre os principais produtores e consumidores de trigo-mourisco (Cai *et al.*, 2016).

A versatilidade do trigo-mourisco estende-se à agricultura, nutrição humana e produção animal (Gonçalves *et al.*, 2016). Na agricultura, pode ser utilizado como adubo verde, ajudando a atrair inimigos naturais de pragas. Na produção animal, serve como forrageira funcional para gado, ovinos, suínos e aves, auxiliando na fermentação do rúmen e oferecendo benefícios à saúde de pequenos ruminantes devido à presença de taninos. Na nutrição humana, o trigo-mourisco destaca-se pelo seu conteúdo de aminoácidos balanceados, alto teor de fibras, zinco, cobre, selênio e manganês, além de altos níveis de rutina e flavonoides totais, que conferem propriedades antioxidantes (Abbasí *et al.*, 2015; Jiang *et al.*, 2007; Tsurunaga *et al.*, 2013).

2.12 Níger (*Guizotia abyssinica* (L. f.) Cass)

O níger (*Guizotia abyssinica*) é uma planta nativa da África, originária das regiões entre a Etiópia e Malawi. É uma espécie que requer média precipitação pluviométrica e se adapta bem tanto a zonas temperadas quanto tropicais. Pode ser cultivada com sucesso em rotação com trigo ou milho, na adubação verde na fase de pré-florescimento, e como fonte de néctar para abelhas (Duke, 1983).

A produção de massa seca do níger pode alcançar 8 t/ ha, enquanto a produção de biomassa pode alcançar as 50 t/ ha (Carneiro *et al.*, 2008). Suas sementes são importantes para

a produção de óleo e são cultivadas em sistemas de agricultura convencional na África e na Índia (Weiss, 2000). O teor de óleo nas sementes varia de 30 a 40 % (Seegeler, 1983). O farelo de níger remanescente após a extração do óleo contém cerca de 30 % de proteína e 23 % de fibra bruta (Chavan, 1961; Seegeler, 1983).

Além de ser utilizado na alimentação de pássaros ou como condimento quando tostado, o óleo de níger pode substituir o óleo de oliva, ser misturado com óleo de gergelim ou linhaça, e ser utilizado na fabricação de tintas e sabonetes, produção de corantes, e como uma excelente opção de oleaginosa para a produção de biodiesel (Buiate *et al.*, 2008).

De acordo com Qureshi *et al.* (2010) e Grundy e Maelzer (2003), o níger possui abundantes flores amarelas que são atraentes para insetos polinizadores e suporta altas densidades de insetos-presa, fornecendo abrigo especialmente durante os meses de inverno.

2.13 Hunter brássica (*Brassica rapa* L.)

De acordo com a organização Agricom (2024), desenvolvida a partir do cruzamento entre nabos e vegetais de folhas asiáticos relacionados da mesma espécie, o Hunter é um híbrido intraespecífico da família Brassicaceae. Resulta em um nabo frondoso de crescimento rápido, com desenvolvimento mínimo de bulbos, ideal para pastagens múltiplas no verão e início de outono, sendo uma excelente opção como antecessor para pastagens perenes ou cultivos de inverno para reserva

O Hunter é uma brássica forrageira de rápido amadurecimento, com o primeiro pastejo possível às 6 - 8 semanas, proporcionando uma forragem de alta qualidade que possibilita ganhos de peso vivo significativos em animais em crescimento. Foi especialmente desenvolvida para ser resistente ao vírus do mosaico do nabo e ao vírus do mosaico da couve-flor. Sua combinação com a seleção para rebrota vigorosa resultou em uma variedade com recuperação rápida do pastejo e excelente capacidade de produção no segundo, terceiro e, por vezes, quarto ciclo de rebrota. Embora geralmente mostre boa resistência à maioria das raças de fungos das raízes, é suscetível à seca e aos pulgões, sendo mais adequada para condições de solo mais pesadas, com umidade ou irrigação periódica no verão (AGRICOM, 2024)

Ainda sob a recomendação do autor, pode ser semeada sozinha ou como parte de um consórcio para cultivo de cobertura, garantindo estabilidade e rapidez na competição com ervas daninhas e, principalmente, por nutrientes, auxiliando na construção de matéria orgânica. Além

disso, pode ser consorciada com aveia ou azevém, complementando a pastagem com sua alta qualidade bromatológica, alto teor de proteína e digestibilidade. Quando plantada sozinha, é possível semear durante todo o ano, com um ponto de corte mais rápido nos meses quentes e uma espera mais prolongada nos meses frios para o primeiro pastejo. Embora seja recomendada a semeadura no outono, também pode ser plantada na primavera.

2.14 Mix de cobertura

Ferreira e colaboradores (2000) afirmaram que deve se seguir alguns requisitos que conceitualmente passaram a caracterizar as espécies reconhecidas como plantas de cobertura. Alguns desses requisitos são: rusticidade e agressividade; sistema radicular profundo; elevada produção de massa seca; velocidade de crescimento e cobertura do solo; resistência a maioria dos patógenos causadores de problemas radiculares nas plantas de interesse econômico; baixo custo e facilidade na produção.

Em linhas gerais, pode-se dizer que as culturas e MIX de cobertura protegem o solo contra a erosão, aumentam a capacidade de infiltração de água, promovem a reciclagem de nutrientes em camadas mais profundas, contribuem no controle de ervas daninhas, aumentam a CTC, a soma de bases e o teor de matéria orgânica do solo, além de quebrarem ciclos de propagação de agentes causais de danos às plantas cultivadas (NOURI et al., 2019; ANTOSH et al., 2020; BOWERS et al., 2020; BÜCHI et al., 2020).

Os mix de plantas de cobertura, vem ganhando espaço por maximizar os benefícios das plantas em relação ao cultivo solteiro dessas. As melhorias do ambiente de cultivo, podem ser potencializadas quando utilizado o consórcio, ou mix de plantas de cobertura, principalmente quando se combina espécies com características contrastantes (ZIECH et al., 2015). Pois por meio do consórcio de plantas de cobertura, obtemos eficiência na cobertura do solo e satisfatória produção de fitomassa (RIBEIRO et al., 2017)

3 Herbicidas

A atividade de um herbicida na planta está relacionada de acordo com a absorção, a translocação, o metabolismo e a sensibilidade da planta ao herbicida. Desta forma para que o herbicida exerça o seu papel tanto na planta como no solo é necessário que as moléculas penetrem na planta e translocam-se, atingindo a organela onde fará a sua atuação (Ferreira *et*

al., 2008).

A quantidade de substâncias que as plantas absorvem é determinada pelas características anatômicas, morfológicas e fisiológicas. Os herbicidas, geralmente ácidos fracos, quando absorvidos pelas folhas são translocados a longa distância pelo floema e quando absorvidos pelas raízes translocam pelo xilema até as folhas e posteriormente atingem o floema. A velocidade de translocação depende da característica do herbicida, espécie de planta, estágio de desenvolvimento e das condições ambientais. O mecanismo de metabolização envolve processos de redução, hidroxilação e desalquilação que transforma as moléculas herbicidas em compostos secundários sem atividade nos processos fisiológicos da planta (Rodrigues, 2017).

A combinação de fatores físicos (como o modo de aplicação que permite o contato do herbicida com as plantas daninhas e não com a cultura), biológicos (absorção, translocação e metabolismo diferenciados entre plantas daninhas e culturas), condições edafoclimáticas e características físico-químicas dos herbicidas permite que certas moléculas sejam mais tóxicas às plantas daninhas do que às culturas. Essa diferença de tolerância entre planta daninha e cultura é fundamental para o sucesso e a segurança no manejo químico (Oliveira Junior; Inoue, 2011; Oliveira Junior, 2011).

3.1 Caracterização dos herbicidas Metsulfuron-Metílico, Flumioxazina, Saflufenacil, e Piroxasulfona + Flumioxazina.

O Metsulfuron-Metílico é um herbicida pertencente ao grupo químico das sulfoniluréias, seu nome químico é methyl 2 – (4 – methoxy – 6 – methyl – 1,3,5 – triazin – 2 ylcarbamoil sulfamoyl) benzoate. Possui pressão de vapor $2,5 \times 10^{-6}$ mm Hg. Na planta é absorvido pelas folhas e raízes e por ser um produto sistêmico, transloca-se pelo xilema e floema, acumulando na região meristemática. Seu mecanismo de ação é a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS) provocando nas plantas daninhas tratados com o herbicida, clorose das folhas e morte das gemas apicais com evolução para a morte total da planta dentro de 21 dias (Rodrigues; Almeida, 2011). Dentre as marcas comerciais que utilizam deste grupo químico, Ally e Zartan possuem registro para utilização na cultura do café e são eficientes no controle de *Bidens pilosa* na modalidade de aplicação pós-emergência.

Segundo Ferreira *et al.* (2008), a atuação desses herbicidas na planta se dá pela inibição da enzima aceto lactato sintase (ALS), responsável pela síntese dos aminoácidos ramificados leucina, isoleucina e valina. Essa interferência impede a produção de proteínas e compromete

o crescimento celular. Como consequência, observa-se a estagnação do crescimento da parte aérea das plantas, além de sintomas de clorose foliar e redução no número e comprimento das raízes. Esses efeitos são reflexos diretos da perturbação nos processos metabólicos essenciais para o desenvolvimento saudável das plantas

Os ingredientes ativos Piroxasulfona e Flumioxazina, são dos herbicidas dos grupos químicos pirazol, isoxazolina e ciclohexenodicarboximida e seu nome químico: -[5-(difluoromethoxy)-1-methyl-3-(trifluoromethyl)pyrazol-4-ylmethylsulfonyl]- 4,5-dihydro-5,5-dimethyl-1,2-oxazole e 2-[7-fluoro-3,4-dihydro-3-oxo-4-(2-propynyl)-2H-1,4-benzoxazin-6-yl]-4,5,6,7-tetrahydro-1H-isoindole-1,3(2H)-dione, respectivamente. Seu mecanismo de ação são os inibidores da divisão celular (ou inibição de VLCFA – ácidos graxos de cadeia muito longa) e inibidores da PROTOX (Protoporfirinogênio oxidase - PPO). O produto é registrado no mercado como Falcon, é um herbicida seletivo e de ação de contato e sistêmica, recomendado para o controle em pré e pós-emergência das plantas daninhas, nas culturas do café, cana-de-açúcar, citros, eucalipto, mandioca e pinus. Na cultura do café, há eficiência no controle de *Amaranthus retroflexus*, *Bidens pilosa*, *Brachiaria decumbens*, *Commelina benghalensis*, *Conyza bonariensis*, *Digitaria horizontalis*, *Digitaria insularis*, *Richardia brasiliensis*, *Sida rhombifolia*, com um intervalo de segurança de 7 dias. (IHARA, 2024)

Segundo Grossmann *et al.* (2010), Saflufenacil é um herbicida seletivo da classe química pirimidinadiona aplicado em pré-emergência em várias culturas, incluindo milho, trigo, soja e o algodão. Este herbicida possui uma atividade residual e de contato sobre ervas daninhas dicotiledôneas, inibindo a protoporfirinogênio oxidase (PROTOX). A seletividade é devido à barreira física e pelo metabolismo mais rápido do produto por espécies tolerantes. Este herbicida obteve registro para cultura do cafeeiro em julho de 2016 na modalidade de aplicação em pós-emergência. Para o cafeeiro o produto é registrado para controle de dicotiledôneas até o estágio de 8 folhas verdadeiras como modo de aplicação em jato dirigido (Rodrigues, 2017). O Saflufenacil, conhecido comercialmente como Heat, tem baixa eficiência em monocotiledôneas, portanto, para aumentar o espectro de controle é necessário fazer a mistura de tanque com gramínicas ou herbicidas com amplo espectro. (BASF, 2024)

O ingrediente ativo Flumioxazina é um herbicida do grupo químico das ftalimidas, apresenta como nome químico: 7 fluoro-6-[3,4,5,6-tetrahidro]ftalimida] 4-(2-propinil) e 1,4-benzoxa-zino-3-(2H)-one. Possui pressão de vapor de $2,41 \times 10^{-6}$ mm Hg a 22 °C. O Flumioxazina apresenta absorção foliar e radicular e sua translocação no simplasto é limitada,

inibe a enzima protoporfirinogenio oxidase (PROTOX). Quando aplicados em pré-emergência das plantas daninhas provocam lesões necróticas e morte após a exposição à luz do sol. Em plantas tolerantes o herbicida é rapidamente metabolizado (Rodrigues; Almeida, 2011). Possui registro para o cafeeiro para modalidade de aplicação de pré-emergência no controle de *Alternanthera tenella*, *Portulaca oleracea*, *Digitaria horizontalis*, *Amaranthus hybridus*, *Bidens pilosa* e em pós-emergência no controle de *Bidens pilosa* e *Richardia brasiliensis* com intervalo de segurança de 7 dias (Rodrigues, 2017).

A PROTOX é uma enzima presente nos cloroplastos e mitocôndrias das plantas. Sua inibição resulta no acúmulo de protoporfirôgênio nos cloroplastos, que migra para o citoplasma e, em seguida, sofre oxidação, formando protoporfirina IX (Giuliano Marchi, 2008). No citoplasma e na presença de luz, a protoporfirina IX oxidada reage não enzimaticamente com espécies reativas de oxigênio (EROs), gerando um estado excitado conhecido como singlete. Nesse estado, o oxigênio molecular (O₂) atua como radical livre, promovendo a peroxidação de lipídeos nas membranas celulares. Esse processo resulta na perda de clorofila, carotenoides e no rompimento das membranas celulares, levando à clorose e, eventualmente, à morte do tecido celular. Esses eventos destacam a importância da PROTOX na integridade celular e na pigmentação foliar, bem como os impactos adversos da sua inibição nos processos vitais das plantas. (Ferreira *et al.*, 2008)

3.2 Seletividade

Antes de definir a seletividade, é essencial compreender os conceitos de suscetibilidade e tolerância das plantas aos herbicidas. A suscetibilidade de uma espécie vegetal a um determinado herbicida é definida pelo grau de injúria ou morte observado após a aplicação do produto. Esse grau de suscetibilidade depende da ação do herbicida e das alterações no crescimento e desenvolvimento da planta tratada. A tolerância, por outro lado, refere-se à capacidade inerente de uma espécie, seja ela daninha ou cultivada, de sobreviver e se reproduzir após a aplicação do herbicida na dose recomendada, a qual seria letal para outras espécies, mesmo que a planta apresente injúrias (Christoffoleti *et al.*, 2016). Os mecanismos anatômicos, fisiológicos e morfológicos que impedem a chegada da dose letal do herbicida ao sítio de ação conferem o grau de tolerância das espécies (Azania; Azania, 2014).

A resistência das plantas daninhas aos herbicidas pode ser erroneamente confundida com tolerância. Conforme Heap (2016), a resistência é a capacidade evoluída de uma população

previamente suscetível a um herbicida de sobreviver e completar seu ciclo de vida após a aplicação do produto na dose recomendada em condições de campo. A habilidade de sobreviver à aplicação de uma dose considerada letal está associada a um ou mais mecanismos de resistência, que dificultam a interação das moléculas do herbicida com o sítio de ação específico no metabolismo da planta. Esses mecanismos são alterados ou suprimidos por genes específicos (Azania; Azania, 2014).

Herbicidas seletivos são aqueles que conseguem eliminar ou inibir o crescimento de plantas daninhas sem causar danos à cultura de interesse. Já os herbicidas não seletivos afetam tanto plantas daninhas quanto culturas cultivadas. Em ambas as categorias, os herbicidas podem matar por contato direto ou por meios mais complexos, após a absorção do produto pela planta (Lorenzi, 2014, p. 16).

Portanto, conforme Rodrigues (2017), compreender as particularidades dos herbicidas é crucial para avaliar sua seletividade e os possíveis impactos ambientais. Alterações na fórmula estrutural de herbicidas do mesmo grupo químico podem influenciar o potencial de seletividade; pequenas mudanças podem tornar uma molécula seletiva para uma cultura e outra não.

O herbicida, bem como sua dose utilizada é determinante no processo de garantia da seletividade; se a aplicação foi errônea ou exceder a dose recomendada pelo fabricante, o caráter seletivo pode ser perdido.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Ensaio em ambiente controlado

A pesquisa foi desenvolvida no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras – UFLA entre os meses de novembro de 2023 a março de 2024. A temperatura média anual foi de 20°C, sendo fevereiro o mês em que ocorreu a temperatura média mais alta – 22,8 °C (Dantas *et al.*, 2007) com precipitação média anual de 1200 mm a 1500 mm (Sá Junior *et al.*, 2012). O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Tabela 1).

Tabela 1 – Atributos químicos de Latossolo Vermelho distroférico, utilizado no experimento em ambiente controlado.

pH	pH	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺
----	----	------------------	----------------------------------	------------------------------------	------------------	----------------

(H ₂ O)	(CaCl ₂)	—————	(cmolc dm ⁻³)	—————	(mg dm ⁻³)	
6,47	5,87	0,02	3,24	1,7	1,34	73,06
M.O.	P	CTC (pH=7)	V	Areia	Silte	Argila
(%)	(mg dm ⁻³)	(cmolc dm ⁻³)	(%)	(dag kg ⁻¹)		
0,75	6,46	5,13	36,84	-	-	-

Extratores: P e K - Mehlich 1; Ca, Mg, Al - KCl 1 mol L⁻¹; H+Al - Ca(OAc)² 0,5 mol L⁻¹; CTC – Capacidade de Troca de Cátions.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizados, em esquema fatorial (5x10), com cinco repetições. O primeiro fator correspondeu ao uso de herbicidas e controle: Metsulfurom-Metílico; Saflufenacil; Piroxasulfona + Flumioxazina e o Flumioxazina, além de uma testemunha sem aplicação. O segundo fator foi composto por 10 espécies de plantas de cobertura, sendo elas: Crotalaria Ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*); Crotalaria Spectabilis (*C. spectabilis*); Feijão guandu (*Cajanus cajan*); Braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*); Milheto (*Pennisetum glaucum*); Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); Crambe (*Crambe abyssinica*); Trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*); Níger (*Guizotia abyssinica*); Hunter brássica (*Brassica rapa* L.). As sementes comerciais das espécies de cobertura foram gentilmente cedidas pela empresa especializada AGCROPPERS®. Dentre os 250 vasos utilizados no experimento, cada unidade experimental correspondeu a um vaso plástico, com capacidade para 5 dm³ de solo. Foram semeadas em cada unidade experimental vinte sementes na profundidade de 2 a 3 cm e aos quatorze dias após a emergência (DAE) foi realizado o desbaste, mantendo quatro plantas por vaso. Durante a condução dos experimentos os vasos foram irrigados sempre que necessário.

As plantas de cobertura foram submetidas aos seguintes tratamentos nas doses: controle; Metsulfurom-Metílico (4,8 g i.a./ha⁻¹); Saflufenacil (42 g i.a./ha⁻¹); Piroxasulfona + Flumioxazina (240 g i.a./ha⁻¹) e Flumioxazina (25 g i.a./ha⁻¹). Nesta ocasião, as plantas possuíam vinte e cinco dias após a emergência, altura média de 20 cm até o ponto de crescimento e com média de quatro folhas expandidas, independente da espécie. A aplicação do herbicida foi realizada com o auxílio do pulverizador costal pressurizado a CO₂ com pressão ajustada à 2,4 Bar, munido de barra com seis pontas de jato do tipo leque Magno 110.02-BD, a uma altura de aproximadamente 50 cm em relação ao solo e volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹ de calda. A aplicação foi realizada no dia 11/01/2024 às 17:30 horas seguindo o horário de Brasília

e, no momento da aplicação, a velocidade do vento era de $1,0 \text{ m s}^{-1}$, a temperatura média de 26°C e umidade relativa de 66 % (INMET, 2024).

Aos 7, 14, 21, 28 dias após a aplicação do herbicida foi avaliada a fitotoxicidade, por meio da porcentagem visual de danos, quanto a lesões necróticas, deformadoras e cloróticas, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Escala EWRC (1964) de notas de fitotoxicidade para dano foliar em plantas de cobertura utilizada no experimento.

Escala	Descrição Conceitual
1	Nenhum dano.
2	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas.
3	Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas.
4	Forte descoloração (amarelecimento) ou razoável deformação, sem, contudo, ocorrer necrose (morte dos tecidos).
5	Necrosamento (queima) de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhado de deformação em folhas e brotos.
6	Mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamento e/ou severa deformação.
7	Mais de 80% de folhas ou brotos destruídos.
8	Danos extremamente graves, sobrando apenas pequenas áreas verdes nas plantas.
9	Dano total (morte de toda a planta).

Fonte: Adaptado de EWRC (1964).

Ao final do experimento (28 dias após a aplicação do herbicida), as plantas sobreviventes foram coletadas e separadas em raiz e parte aérea para obtenção da massa seca da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA). Para tal avaliação, a parte aérea foi cortada e acondicionada em sacos de papel. Já as raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente com o auxílio da mangueira e acondicionadas em sacos de papel. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, a temperatura média de 65°C , até atingir massa constante e, posteriormente, pesadas em balança analítica.

Os resultados obtidos nas avaliações foram submetidos para análise no ambiente computacional R, a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e realizado o teste Scott-Knott ($p < 0,05$) para agrupamento das médias. Foram elaborados gráficos de linhas para o percentual de fitotoxicidade ao longo dos dias de avaliação e de barras para as variáveis MSR e MSPA em função dos herbicidas testados.

4.2 Ensaio em condição de campo

A pesquisa foi desenvolvida em área comercial de lavoura de café, entre os meses de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024. Plantas da cultivar Acaia/19 foram instaladas no ano de 1996, em nível, no espaçamento de 3,8 m entrelinhas e 0,8 m entre plantas, na Fazenda Brasília, situada no município de Coqueiral/Minas Gerais. O clima local foi classificado, segundo Köppen, como Cwa de verão brando e chuvoso, com temperatura moderada, média anual de 21°C. A precipitação média anual é de 1.500 mm e a média anual de umidade relativa do ar é de 70 % (Emater, 2002).

O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa (Tabela 3).

Tabela 3 – Atributos químicos de Latossolo Vermelho distroférico, utilizada no experimento de campo.

pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺
		————— (cmolc dm ⁻³) —————			————— (mg dm ⁻³)	
5,9	5,3	0	3,3	4,5	3,5	148,6
M.O. (%)	P (mg dm ⁻³)	CTC (pH=7) (cmolc dm ⁻³)	V (%)	Areia	Silte	Argila
3	5,96	8,18	59,66	-	-	-

Extratores: P e K - Mehlich 1; Ca, Mg, Al - KCl 1 mol L⁻¹; H+Al - Ca(OAc)² 0,5 mol L⁻¹; CTC – Capacidade de Troca de Cátions.

O delineamento experimental adotado foi um DBC em esquema fatorial (4x8), com quatro repetições. Cada unidade experimental correspondeu a parcelas com área total de 46 m², sendo a área total do experimento de 552 m². Foram semeadas em cada unidade experimental as oito espécies representadas no MIX Café, o equivalente a 36 kg/ha⁻¹.

O primeiro fator testado correspondeu a aplicação de três herbicidas (doses) e controle: Metsulfurom-Metílico (4,8 g i.a./ha⁻¹); Piroxasulfona + Flumioxazina (240 g i.a./ha⁻¹) e o Flumioxazina (25 g i.a./ha⁻¹), além de uma testemunha sem aplicação e o segundo fator correspondeu à mistura de oito espécies de plantas de coberturas (*Crotalaria ochroleuca*; *C. spectabilis*; *Cajanus cajan*; *Urochloa ruziziensis*; *Pennisetum glaucum*; *Raphanus sativus*; *Crambe abyssinica*; *Fagopyrum esculentum*). Essas sementes comerciais das espécies de cobertura (Mix Café) foram gentilmente cedidas pela empresa especializada AGCROPPERS®. No momento da aplicação, as plantas possuíam trinta dias de sua emergência e altura média de

36 cm até o ponto de crescimento. A aplicação do herbicida foi realizada com o auxílio do pulverizador costal pressurizado a CO₂ com pressão ajustada à 2,4 Bar, munido de barra com seis pontas de jato do tipo leque Magno 110.02-BD, a uma altura de aproximadamente 50 cm em relação ao solo e volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹ de calda. A aplicação foi realizada no dia 18/01/2024 às 10:00 horas e, no momento da aplicação, a velocidade do vento era de 1,5 m s⁻¹, a temperatura média de 27° C e umidade relativa de 81% (INMET, 2024).

Aos 7, 14, 21, 30 dias após a aplicação do herbicida foi avaliada a fitotoxicidade do herbicida, por meio da porcentagem visual de danos, quanto a lesões necróticas, deformadoras e cloróticas, conforme Tabela 1. Adicionalmente, dentro de cada uma das parcelas, foi avaliada a refletância espectral das coberturas utilizando um sensor óptico portátil GreenSeeker™. Ao ser acionado o gatilho, o sensor é ligado, emitindo breves rajadas de luz vermelha e de infravermelho, que permite medir a quantidade de cada tipo de luz que foi refletida de volta no sensor. A intensidade da luz detectada é um indicador direto do vigor da planta. O sensor exibe o valor medido em termos de uma leitura NDVI em sua tela de LCD e as leituras NDVI podem variar de 0,00 a 0,99; quanto maior a leitura, mais saudável é a planta. O sensor GreenSeeker™ emprega uma tecnologia patenteada para medir a refletância da cultura e calcular o NDVI (WALSH *et al.*, 2013):

$$NDVI = \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + \rho_{RED})}$$

Onde ρ_{NIR} é a fração da radiação infravermelha próxima emitida (NIR) retornada da área detectada (refletância), e $\rho_{Vermelho}$ é a fração da radiação vermelha emitida retornada da área detectada (refletância).

Aos 0, 15 e 30 dias após a aplicação dos produtos, foram realizados os levantamentos de quadrado inventário (Braun-Blanquet, 1979) com 0,25 m², lançado três vezes em cada parcela e uma área amostrada por tratamento de 3 m². A cada arremesso foram identificados as espécies e o número de indivíduos por quadrado.

Os resultados obtidos nas avaliações foram submetidos para análise no ambiente computacional R, a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e realizado o teste Scott-Knott ($p < 0,05$) para agrupamento das médias. Foram elaborados gráficos de linhas para o percentual de fitotoxicidade ao longo dos dias de avaliação e gráficos de barra para o quadrado inventário em função dos herbicidas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Ensaio em ambiente controlado

A massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), e as avaliações de fitotoxicidade aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA) apresentaram diferenças significativas (Tabela 4). Observa-se ainda, que somente massa seca da parte aérea e do sistema radicular que obtiveram valores de coeficiente de variação (CV) acima de 20%, evidenciando que as avaliações realizadas conseguiram isolar os demais efeitos ambientais.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância (ANOVA) do experimento em casa de vegetação, no município de Lavras/MG, 2024.

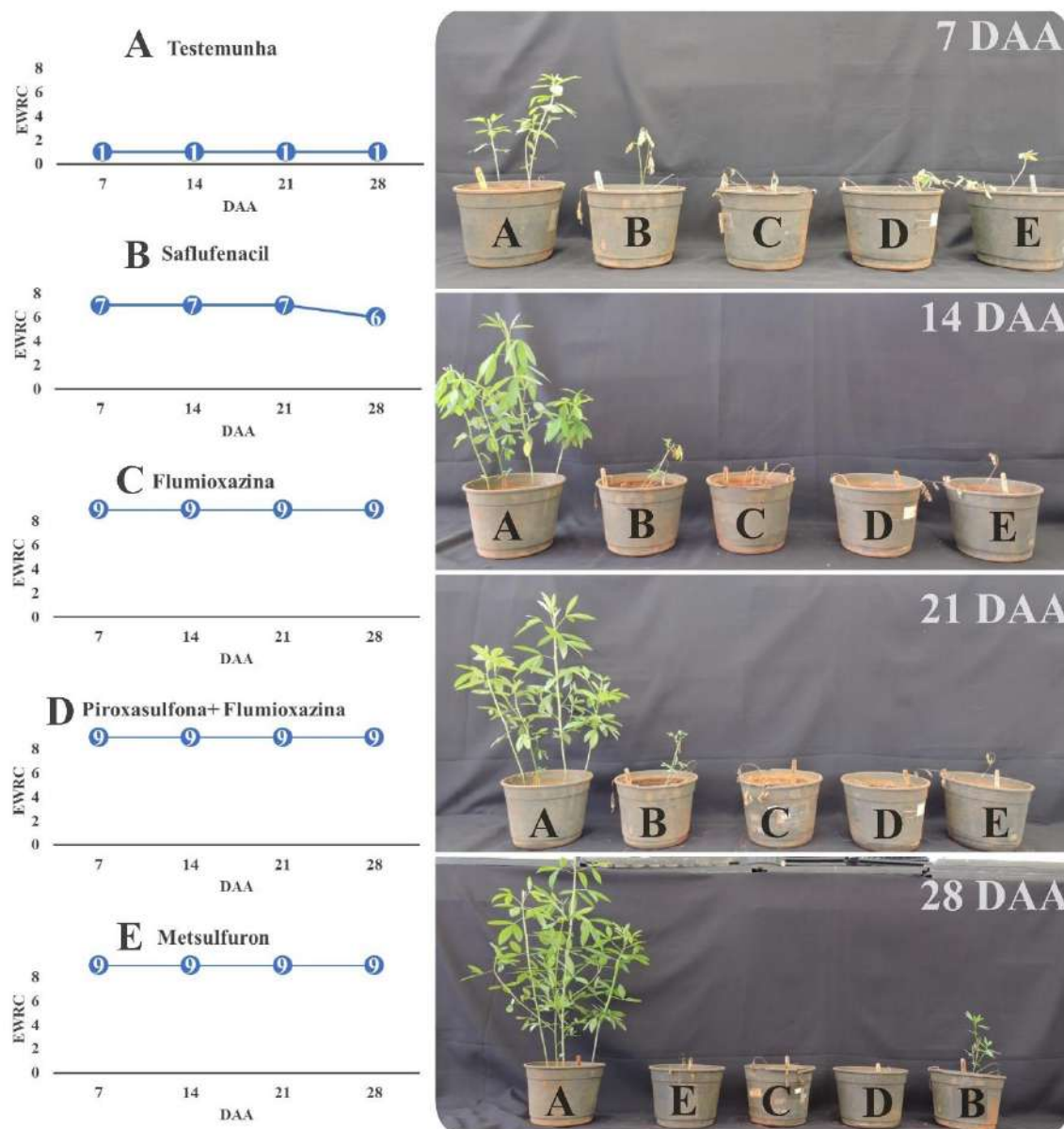
FV	F espécies	F herbicidas	F esp*her	CV (%)
MSPA	52,18*	664,87*	18,14*	44,85
MSR	38,46*	250,79*	10,99*	68,96
Fito7	25,89*	617,37*	9,43*	14,06
Fito14	28,60*	620,62*	10,08*	13,43
Fito21	24,48*	561,65*	9,53*	14,37
Fito28	24,21*	370,03*	8,61*	17,41

De acordo com a ANOVA, * significativo a 0,05; Fonte: Do autor (2024).

Nas figuras de 1 a 10 é possível analisar os efeitos dos herbicidas pós emergentes e seus impactos na fitotoxicidade de plantas de cobertura, aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação. Observa-se que *C. ochroleuca* (Figura 1) chegou até os 28 dias após pulverização com Saflufenacil com mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamento e/ou severa deformação (nota 6,0). Esse tratamento apresentou na primeira avaliação mais de 80% de folhas e brotos destruídos, isso até a avaliação de 21 DAA, e na avaliação seguinte, aos 28 DAA ocorreu redução da fitotoxicidade para nota 6, recuperando as plantas de cobertura, com sinal de injurias de acordo com a escala de mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamento e/ou severa deformação. Contudo, uma planta submetida a este herbicida com um dano como esse, não tem potencial de recuperar e competir em campo. Os tratamentos Flumioxazina, Piroxasulfona+Flumioxazina e Metsulfuron obtiveram nota 9,0 que caracteriza morte completa da planta desde a primeira avaliação aos 7 DAA até aos 28 DAA, evidenciando

que não ocorreu recuperação das plantas de cobertura com o tempo.

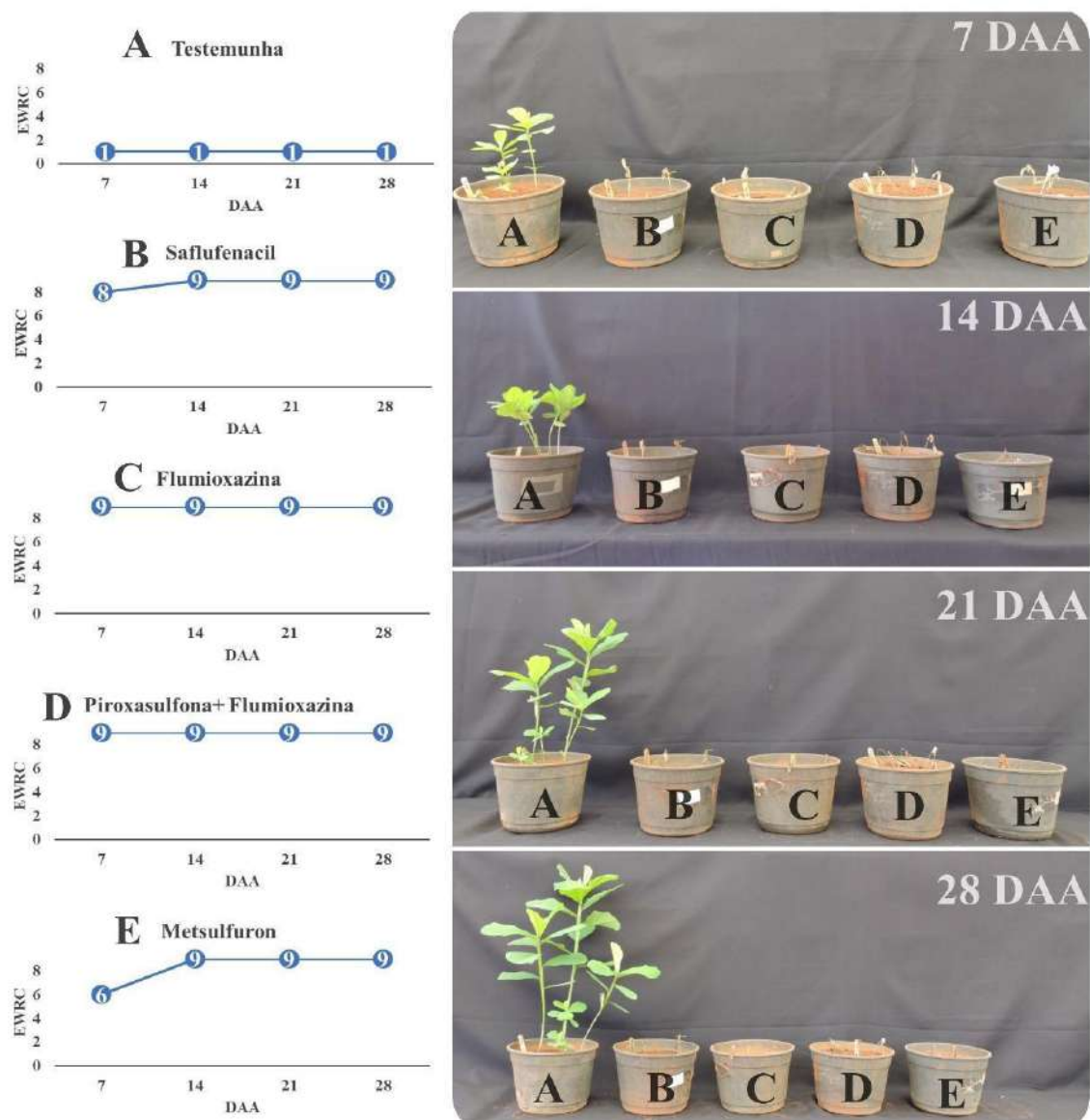
Figura 1 – Fitotoxicidade de *C. Ochroleuca* aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



Fonte: Do autor (2024)

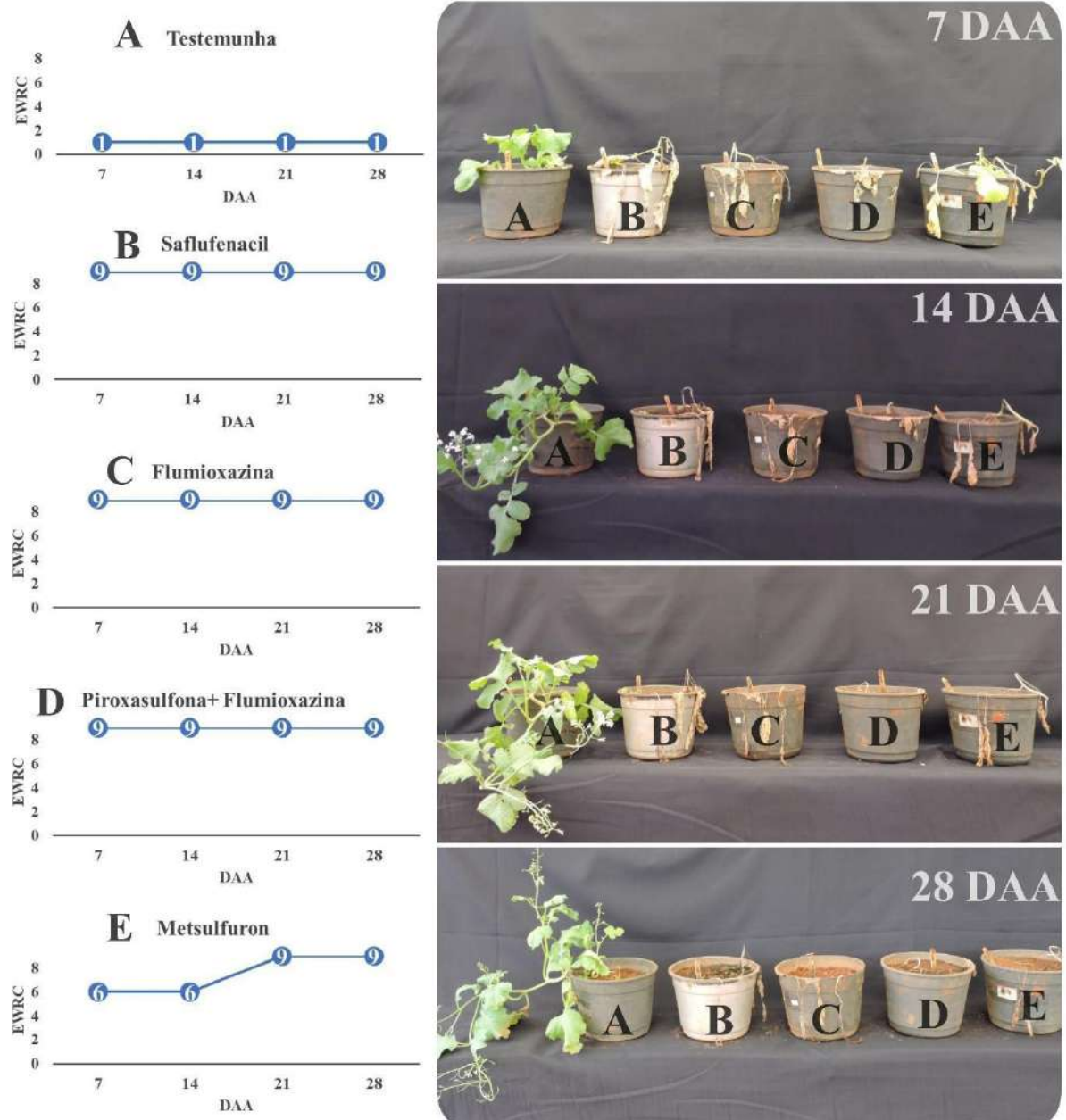
De modo semelhante, os tratamentos com aplicação dos herbicidas resultaram altas notas de fitotoxicidade para *C. spectabilis* (Figura 2), *R. sativus* (Figura 3), *C. abyssinica* (H) (Figura 4), *F. esculentum* (Figura 5), *G. abyssinica* (Figura 6) e *Brassica rapa* L. (Figura 7).

Figura 2 – Fitotoxicidade da *C. spectabilis* aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



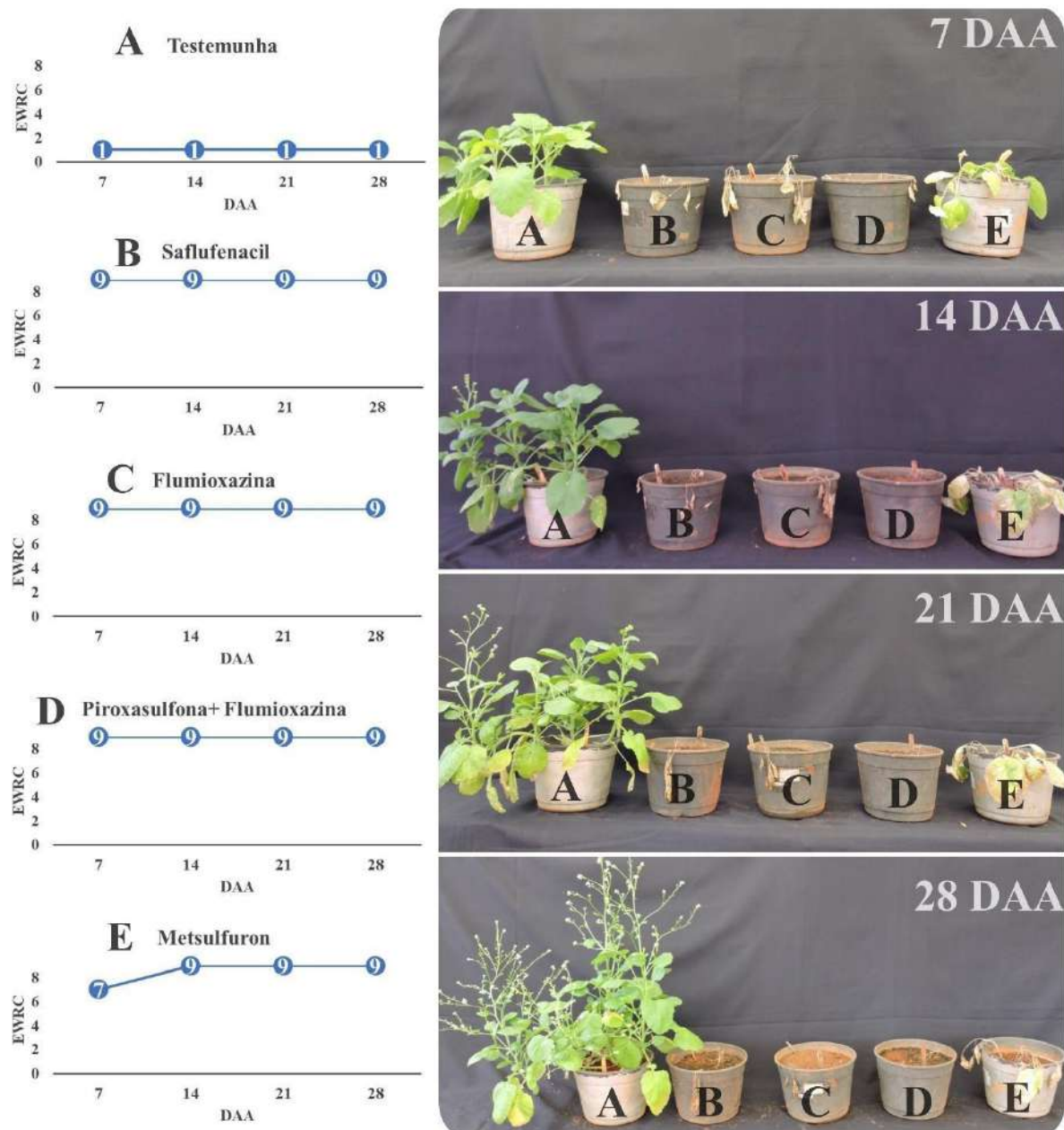
Fonte: Do autor (2024)

Figura 3 – Fitotoxicidade do *R. sativus* aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



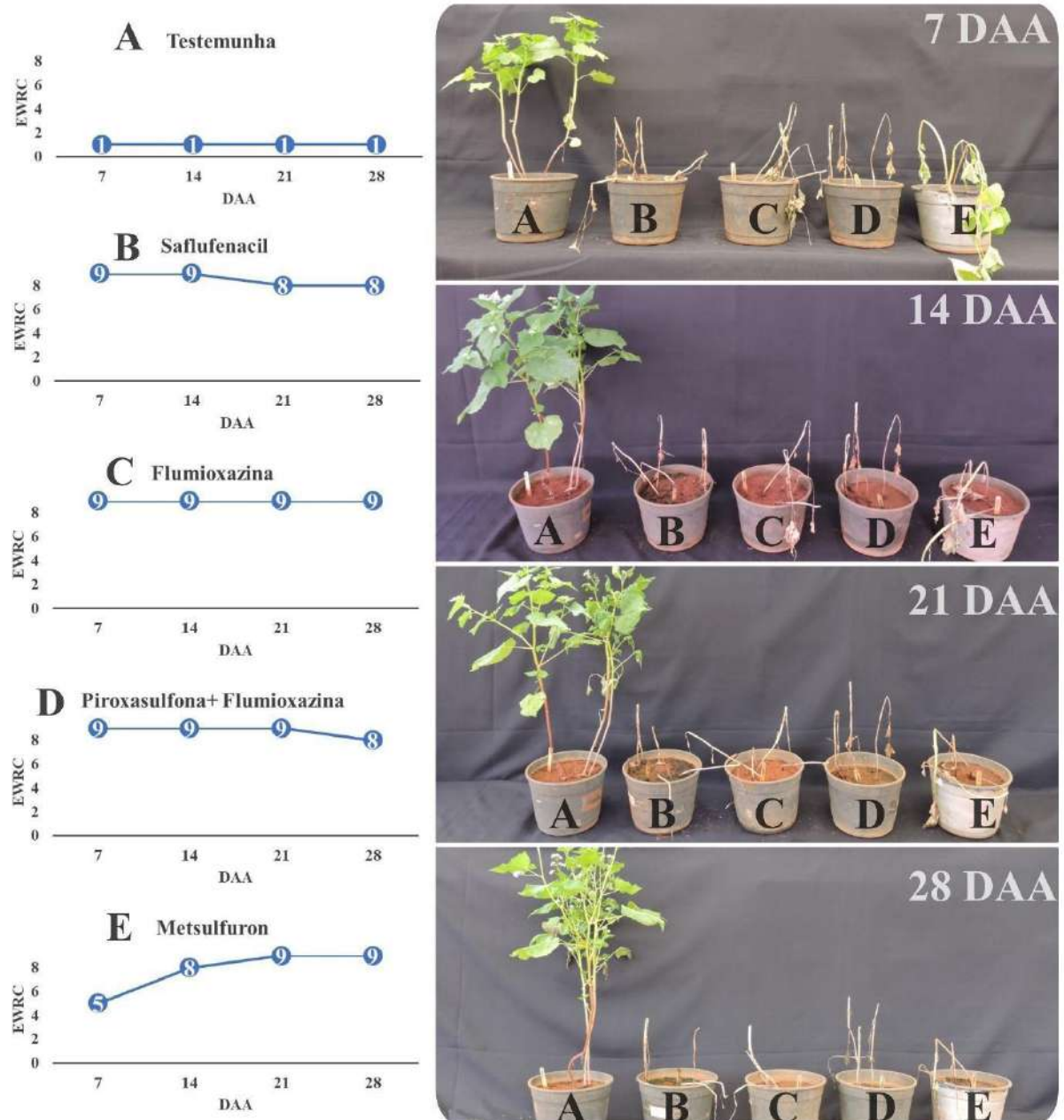
Fonte: Do autor (2024)

Figura 4 – Fitotoxicidade do *C. abyssinica* (H.) aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



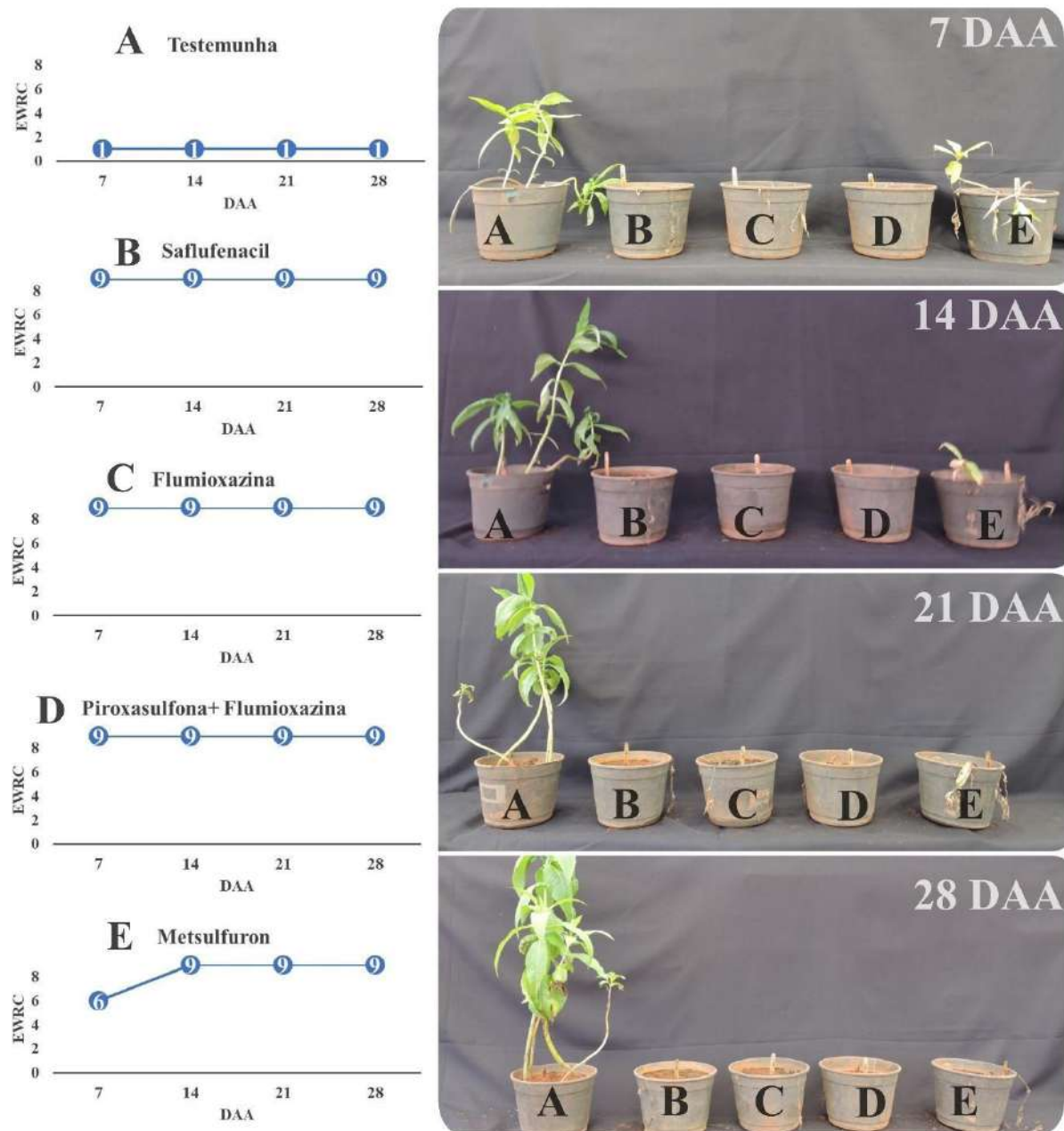
Fonte: Do autor (2024)

Figura 5 – Fitotoxicidade do *F. esculentum* aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



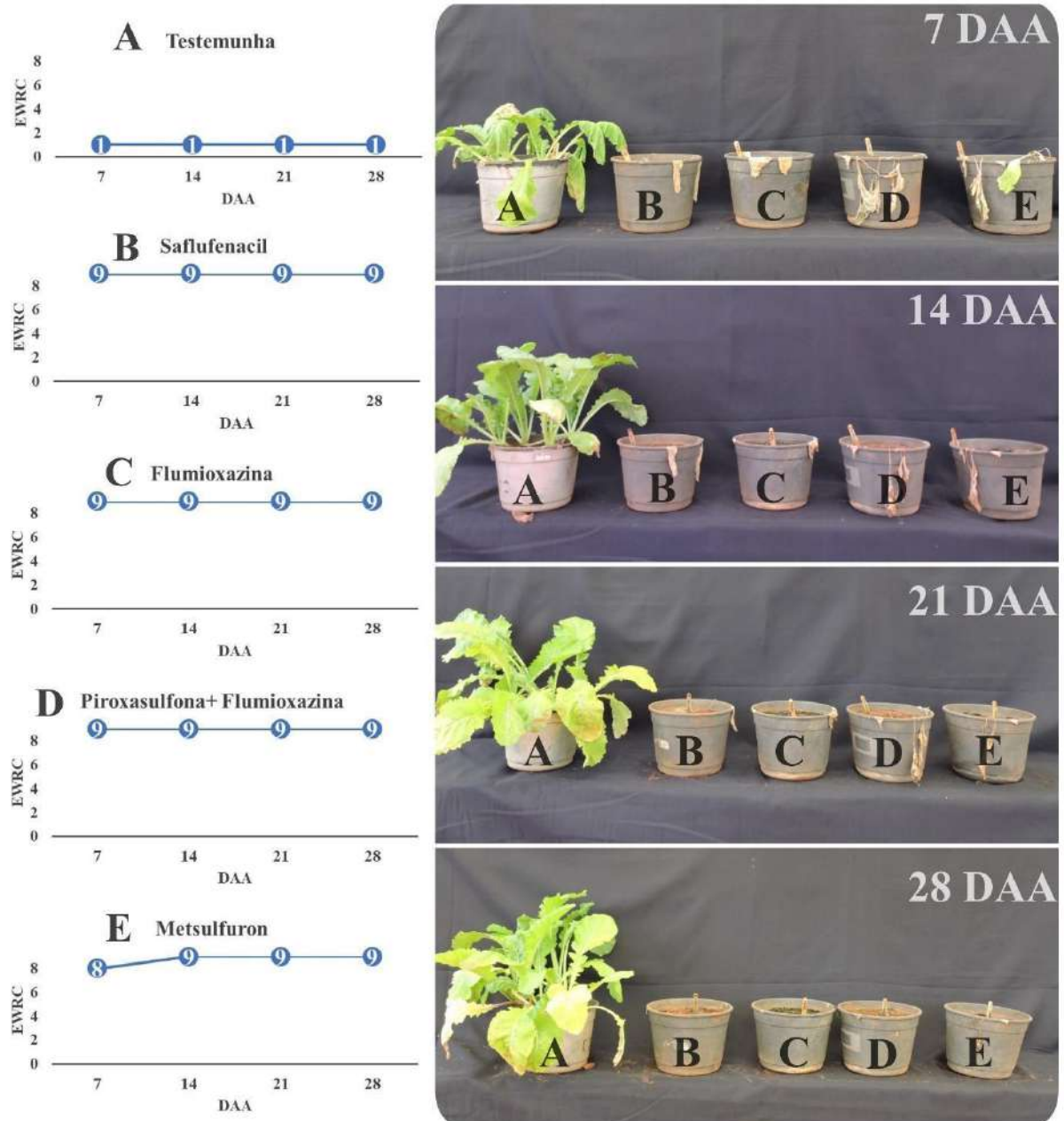
Fonte: Do autor (2024)

Figura 6 – Fitotoxicidade do *G. abyssinica* aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



Fonte: Do autor (2024)

Figura 7 – Fitotoxicidade do *Brassica rapa* L. aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.

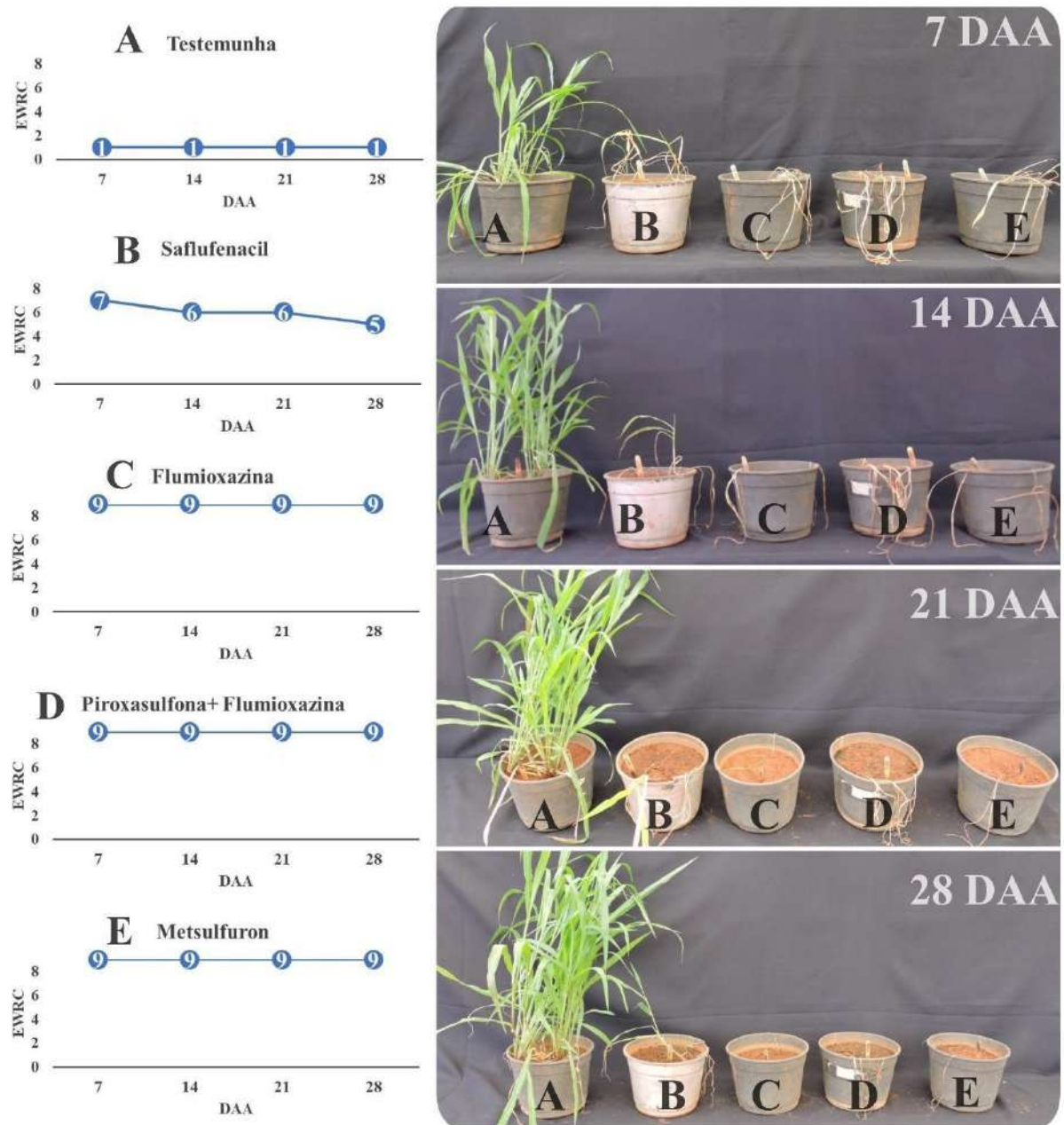


Fonte: Do autor (2024)

Em relação à espécie *U. ruzizensis* (Figura 8), vale a pena destacar que a aplicação de Saflufenacil aos 7 DAA resultou em plantas com mais de 80% de folhas ou brotos destruídos (nota 7,0). Aos 14 e 21 DAA essa nota foi diminuindo, as plantas possuíam mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamento e/ou severa deformação (nota 6,0). Na última avaliação, aos 28 DAA as plantas chegaram vivas, mas com sintomas de necrosamento

(queima) de algumas folhas, em especial nas margens, acompanhado de deformação em folhas e brotos (nota 5,0). Por outro lado, os demais herbicidas causaram a morte das plantas já aos 7 DAA.

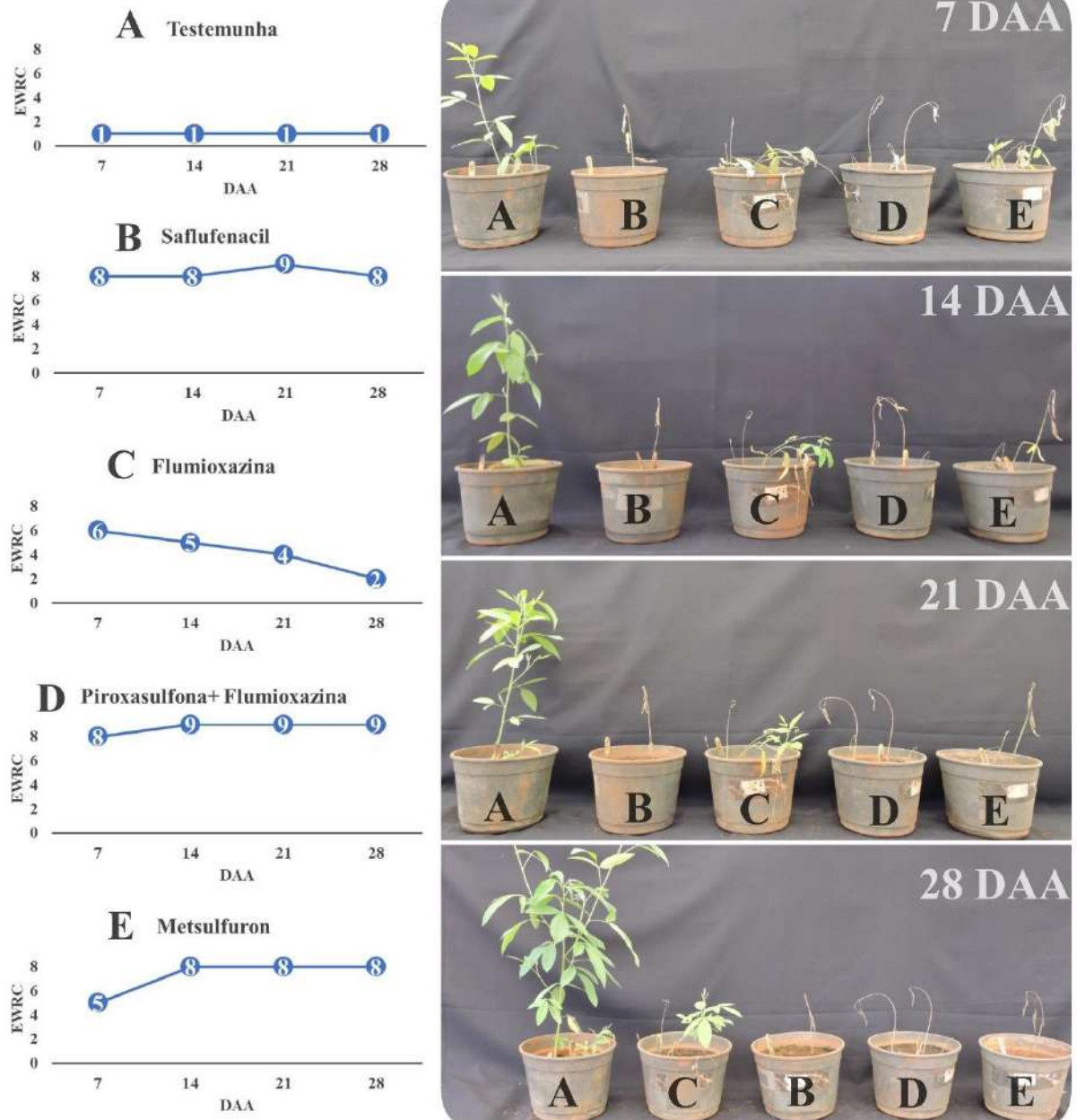
Figura 8 – Fitotoxicidade da *U. ruziziensis* aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



Fonte: Do autor (2024)

Destaca-se para a espécie de plantas de cobertura *C. cajan* que o herbicida Flumioxazina permitiu a obtenção de plantas, aos 28 DAA, com sintomas de pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas (nota 2,0) (Figura 9). Contudo, os demais herbicidas causaram a morte das plantas a partir dos 7 DAA.

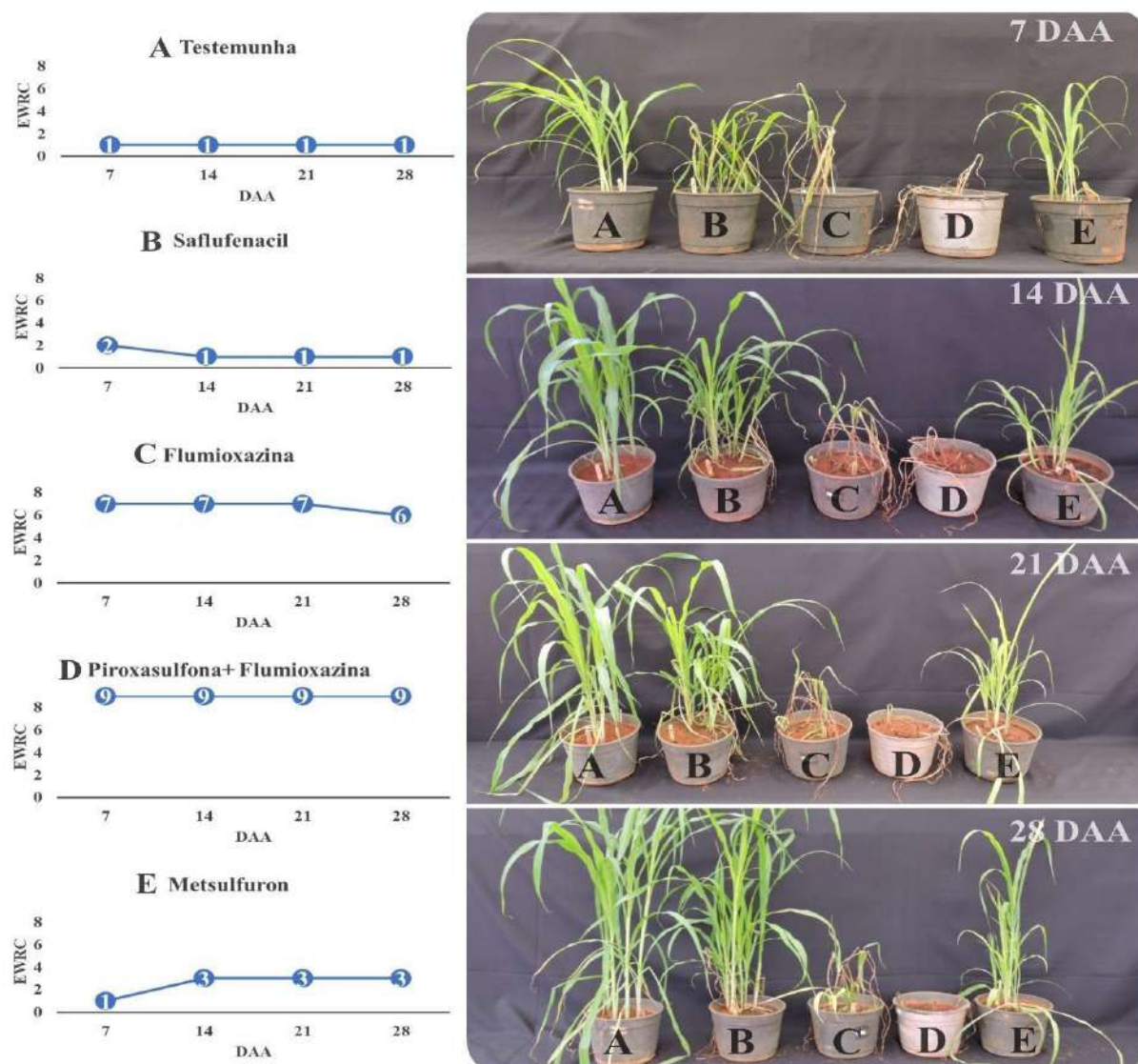
Figura 9 – Fitotoxicidade do *C. cajan* aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



Fonte: Do autor (2024)

Já para *P. glaucum* (L.), as notas mais baixas foram verificadas com a aplicação de Saflufenacil e Metsulfuron (Figura 10), correspondendo a sintomática aos 28 DAA de nenhum dano e pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em muitas plantas, respectivamente. Para a aplicação de Flumioxazina, embora ocorreu redução da fitotoxicidade ao longo do tempo, as plantas finalizaram aos 28 DAA com sinal de injurias de acordo com a nota 6,00 (mais de 50% das folhas e brotos apresentando necrosamento e/ou severa deformação), comprometendo o fornecimento de biomassa. A mistura Piroxasulfona + Flumioxazina causaram a morte das plantas desde os 7 DAA.

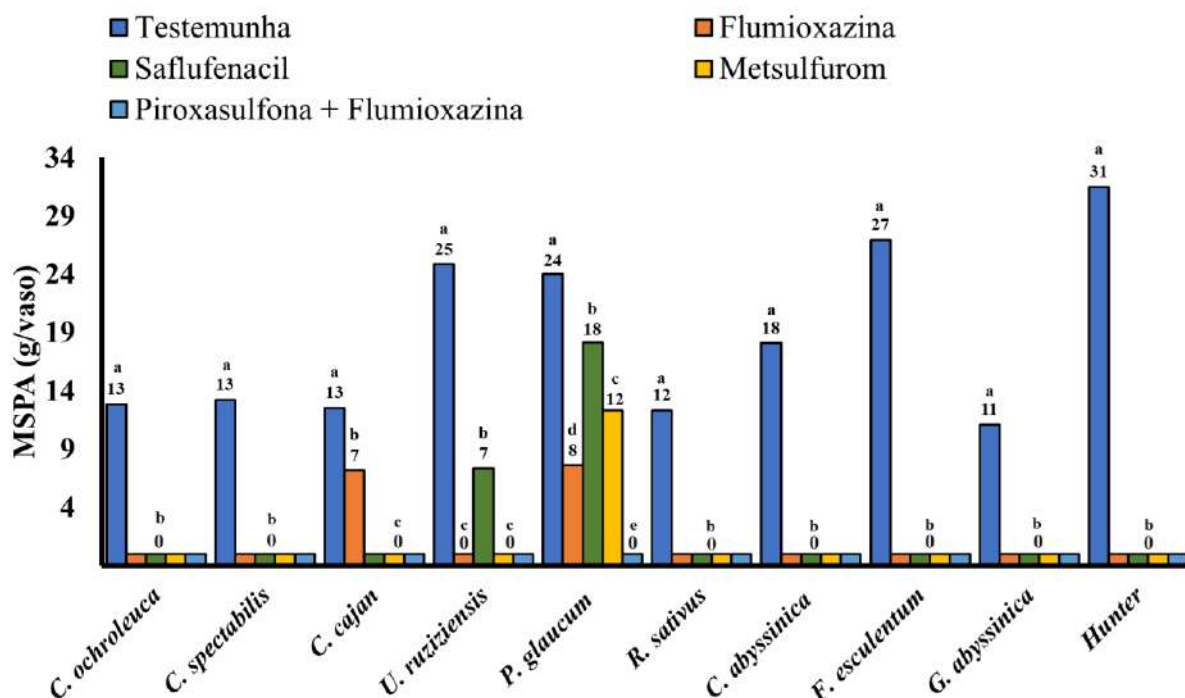
Figura 10 – Fitotoxicidade do *P. glaucum* (L.) aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA, sob o efeito da aplicação de herbicidas, comparado a testemunha.



Fonte: Do autor (2024)

Em relação a matéria seca da parte aérea, pode-se verificar que as diferentes espécies de plantas de cobertura se comportaram de maneira distinta quanto a aplicação dos herbicidas (Figura 11).

Figura 11 – Resultados de matéria seca da parte aérea em gramas por vaso, de espécies de plantas de cobertura, após aplicação de herbicidas, Lavras/MG, 2024.



Fonte: Do autor (2024)

Observar-se que apenas três espécies de plantas de cobertura obtiveram sucesso na produção de biomassa com a aplicação de herbicidas. A espécie *Pennisetum glaucum* foi a que mais cresceu, produzindo matéria seca da parte aérea, mesmo com a aplicação de Saflufenacil (18,15 g/vaso), Flumioxazina (7,58 g/vaso) e Metsulfurom (12,32 g/vaso). As espécies *Cajanus cajan* e *Urochloa ruziziensis* conseguiram produzir massa seca da parte aérea em somente um tipo de herbicida, *Cajanus cajan* produziu 7,16 g/vaso de matéria seca da parte aérea mesmo com a aplicação de Flumioxazina e a *Urochloa ruziziensis* produziu 7,33 g/vaso com a aplicação de Saflufenacil.

O único herbicida que não obteve nenhuma planta de cobertura com alguma seletividade, foi a mistura de Piroxasulfona + Flumioxazina, no qual nenhuma das plantas obtiveram massa seca. Isso se deve ao herbicida ser uma mistura de duas moléculas que atuam

em modos de ação diferentes nas plantas, com isso potencializando os efeitos (Sekhar *et al.*, 2020).

Na testemunha é possível observar o maior crescimento das espécies de plantas de cobertura, sendo a planta de cobertura *Brassica rapa* L. que mais produziu matéria seca da parte aérea 31,48 g/vaso, e já as espécies que produziram menos biomassa foram *Crotalaria ochroleuca*, *C. spectabilis*, *Cajanus cajan*; *Raphanus sativus*; *Guizotia abyssinica*, com as médias respectivamente 12,83; 13,20; 12,54; 12,32; 11,09 g/vaso. A diferença de biomassa da *Brassica rapa* L. para *Guizotia abyssinica* é de mais de 20 g/vaso, que impacta muito quanto o aporte de matéria orgânica em sistemas de produção, visto que a matéria orgânica obtida através de plantas de cobertura é benéfica quanto a física, química e biologia do solo (Hoffland *et al.*, 2020).

Nesse sentido, Ruis *et al.* (2019), realizaram análise de dados de 389 artigos envolvendo plantas de cobertura, no qual foi possível observar a produção média de biomassa seca de plantas de cobertura, que foi de $3,37 \pm 2,96 \text{ t ha}^{-1}$. A produção de biomassa fresca da cultura de cobertura variou de 0 a 32 t ha ano^{-1} entre locais, indicando que a produção era altamente variável em função das espécies, ambientes, regiões, sistema de cultivo e fatores edafoclimáticos. Justificando com isso os dados obtidos na Figura 11. As principais espécies cultivadas como cobertura, são: sorgo (11 t ha^{-1}) > milho (12 t ha^{-1}) > crotalária ochroleuca (8 t ha^{-1}) = centeio (8 t ha^{-1}) > aveia (7 t ha^{-1}) > trevo carmesim (6 t ha^{-1}) > cevada (4 t ha^{-1}) = ervilhaca peluda (4 t ha^{-1}) = azevém anual (4 t ha^{-1}) > outros ($1,70 \text{ a } 2,97 \text{ t ha}^{-1}$). E a espécie mais estudada é o Centeio, com mais de 450 observações.

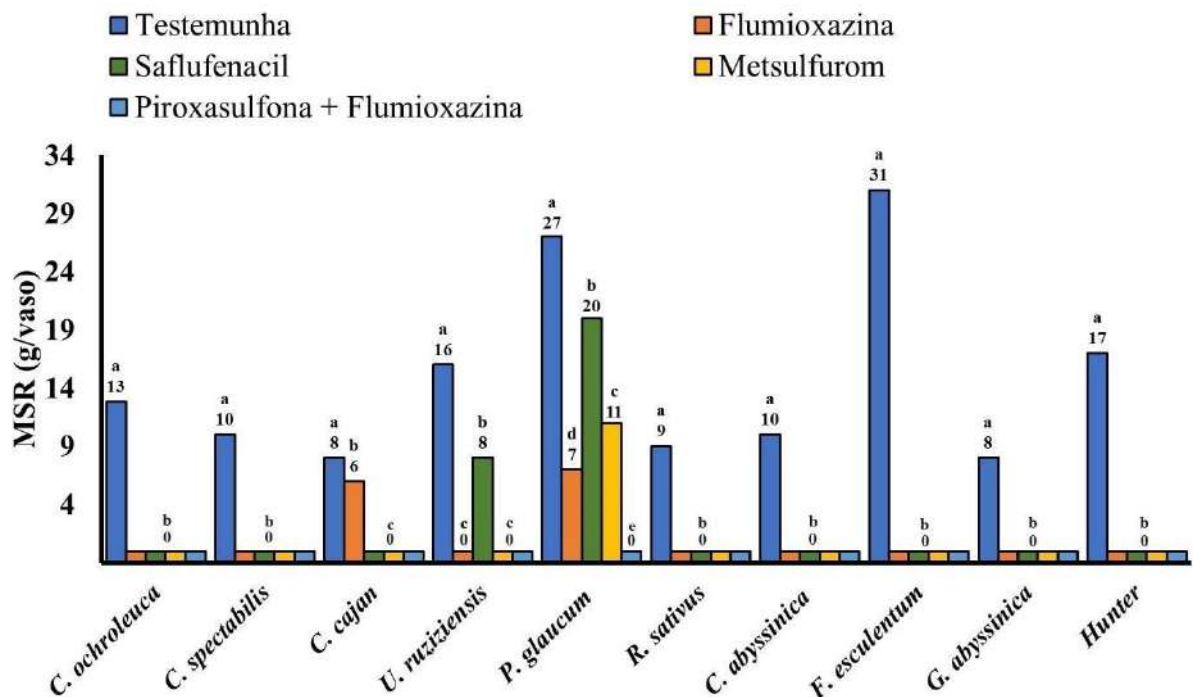
Estudos na área vindo sendo cada vez mais necessários, visto que os produtores rurais, técnicos e extensionistas devem ter visão mais globalizada do sistema de produção agrícola, adotando práticas de cultivo e manejo mais circulares e sustentáveis (Pimentel *et al.*, 2024; Moreira *et al.*, 2023). O uso de herbicidas vem sendo cada vez mais questionado, sendo assim, diminuir o volume de uso de herbicidas e ajustar as dosagens corretas são necessários (Medeiros, 2023; Silva, 2023). Conhecer o modo de ação das moléculas nos permite compreender quais as rotas metabólicas das plantas são interrompidas ou acionadas, como o Saflufenacil e a Flumioxazina, que são inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase (PROTOX), pertence ao grupo químico da primidinadiona (uracila). A enzima protox está presente na rota de síntese da clorofila e dos citocromos, e quando aplicado o herbicida interrompe a capacidade de síntese de compostos, aumentando o nível de protoporfirinogênio

no cloroplasto que é convertido em protoporfirina-IX que gera radicais livres, levando a morte celular.

Já a moléculas de Piroxasulfona possui o mecanismo de ação atuando sobre os inibidores da divisão celular (ou inibição de VLCFA - ácidos graxos de cadeia muito longa), levando a morte celular. E a molécula de Metsulfuron pertencente ao grupo químico das sulfoniluréias, atua inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), responsável pela síntese dos aminoácidos vanila, leucina e isoleucina. A inibição desta enzima interrompe a produção de proteínas, interferindo na divisão celular e levando a planta à morte.

Em relação à matéria seca do sistema radicular, podemos observar na Figura 12 a obtenção de resultados parecidos com os obtidos na Figura 11. Isso se deve ao fato de o sistema radicular na maioria das plantas ser reflexo da parte aérea das plantas (Muthert *et al.*, 2020). Logo, como somente algumas espécies de plantas de cobertura foram seletivas aos herbicidas aplicados em pós emergência, estas mesmas espécies que produziram matéria seca de sistema radicular.

Figura 12 – Resultados de matéria seca do sistema radicular em gramas por vaso, de espécies de plantas de cobertura, após aplicação de herbicidas, Lavras/MG, 2024.



Fonte: Do autor (2024)

Observando os tratamentos com a aplicação de herbicidas, em comparação a testemunha (sem aplicação) é possível afirmar que é necessário estudos mais aprofundados, como por

exemplo, ajuste de doses, métodos de aplicação e momentos de aplicação, utilizando as culturas de cobertura, visto que das dez plantas de cobertura, somente duas sobreviveram nos tratamentos com Saflufenacil (Figura 12). Vale ressaltar, que o uso do controle químico para o controle de plantas daninhas é a principal ferramenta de manejo no cultivo de culturas agrícolas, por apresentar uma série de vantagens em relação aos demais métodos de controle, como: eficiência, praticidade, rapidez na operação (Carvalho et al. 2000). Além do mais, percebe-se que os sistemas de produções agrícolas são cada vez mais dinâmicos e necessitam aumentar o número de espécies de plantas de cobertura para que ocorra opções de culturas na área de cultivo e aprimoramento das características da área (Fan *et al.*, 2021).

As plantas de cobertura *Urochloa ruziziensis* e *Pennisetum glaucum* foram as únicas que conseguiram crescer e desenvolver sistema radicular com a aplicação de Saflufenacil, produzindo 7,65g g/vaso e 19,59 g/vaso respectivamente, mas mesmo assim possuindo média inferior a testemunha com maior volume de matéria seca de sistema radicular (Figura 12). Já os tratamentos com a aplicação de Flumioxazina, observamos que *Cajanus cajan* e *Pennisetum glaucum*, obtiveram matéria seca do sistema radicular, de 5,79 g/vaso e 6,96 g/vaso respectivamente, quando comparado com a testemunha, que obteve 8,35 g/vaso e 26,50 g/vaso. Observa-se ainda que ocorreu a diferença, respectivamente, de 2,56 e 19,54 g/vaso, sendo essa diferença impactante em sistemas de produção que buscam descompactar o perfil do solo, utilizando as plantas de cobertura que são estimuladas ao crescimento do sistema radicular (Michelon *et al.*, 2023).

A aplicação de Piroxasulfona + Flumioxazina, não ocorreu seletividade de plantas de cobertura (Figura 12), assim como na Figura 11, sendo necessário mais estudos na área, visto que o uso de herbicidas vem sendo cada vez mais necessário, devido ao aumento de plantas daninhas com resistência as moléculas herbicidas (Perotti *et al.*, 2020). E já a aplicação do herbicida Metsulfuron, apresentou somente uma planta de cobertura com seletividade, *Pennisetum glaucum*, a explicação para esse fato, é devido a essa planta de cobertura ser monocotiledônea, possuir sistema radicular fasciculado, profundo, com sistema de feixes vasculares, perfilhos e folhas laminares, longas e com alta pubescência, o que permite com essas características que a planta possua seletividade (Gaines *et al.*, 2020).

5.2 Ensaio em campo

Com o objetivo prático de verificar o crescimento das plantas de cobertura submetidas à aplicação dos herbicidas em condição de campo foi implementado o experimento em lavoura comercial, sendo avaliado a fitotoxicidade aos 7, 14, 21 e 28 DAA dos herbicidas, e também foi avaliado com o GreenSeeker™ o índice NDVI, permitindo assim, mensurar o vigor da cultura. Na análise de variância, observar-se que o CV (%), das duas variáveis repostas foram abaixo de 15%, sendo considerado uma variação experimental baixa (Tabela 5). Além disso é possível observar que as variáveis respostas foram significativas para a interação, fitotoxicidade e o GreenSeeker™ (índice NDVI), com p-valor menor que 0,05.

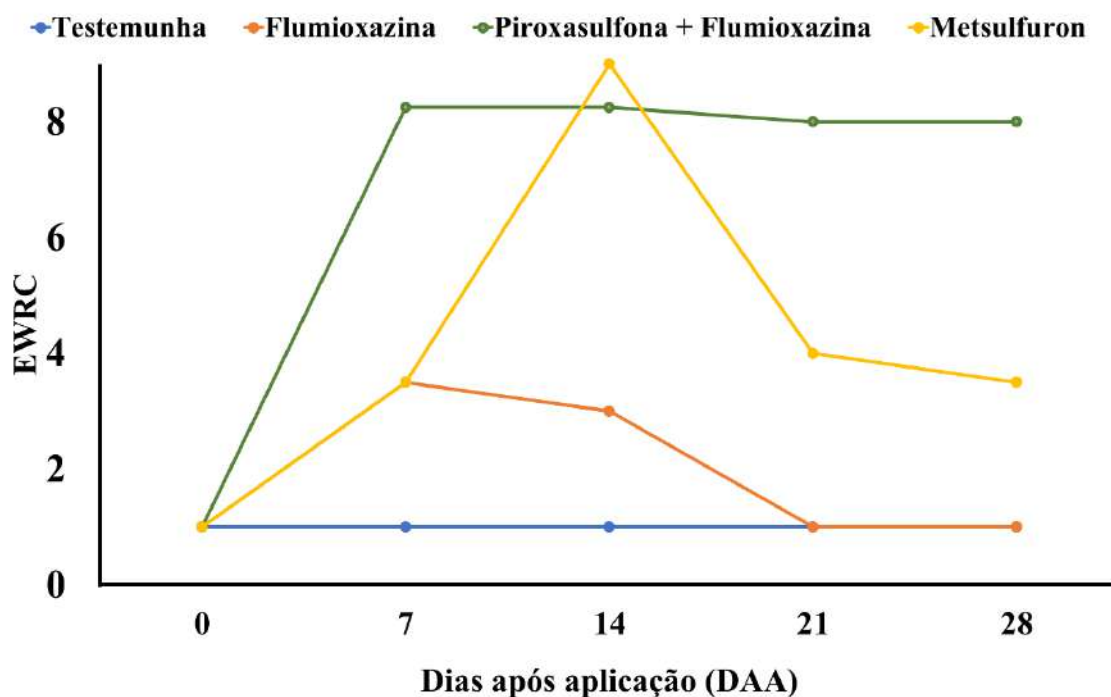
Tabela 5 – Resumo da análise de variância (ANAVA) do experimento em campo, no município de Coqueiral/MG, 2024.

FV	F tempo	F herbicidas	F esp*her	CV (%)
Fitotoxicidade	211,97*	700,13*	74,85*	12,50
GreenSeeker™	109,55*	288,46*	24,17*	14,96

De acordo com a análise de variância, *significativo a 0,05; Fonte: Do autor (2024).

Observar-se que os herbicidas que foram seletivos pelas plantas de cobertura, foram Flumioxazina e Metsulfuron (Figura 13). Sendo, o tratamento com a Flumioxazina que obteve a maior nota 3,50 aos 7 DAA, e após isso as plantas se recuperaram até obter a nota 1,00 aos 21 DAA. Já o tratamento com Metsulfuron, obteve aos 14 DAA a maior nota (9,00), no entanto aos 21 DAA, a nota de fitotoxicidade caiu para 4,00 e depois para 3,50, mostrando que as plantas de cobertura obtiveram boa recuperação, capacidade de desintoxicação.

Figura 13 – Avaliações de fitotoxicidade, aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, no experimento em campo, no município de Coqueiral/MG.



Fonte: Do autor (2024)

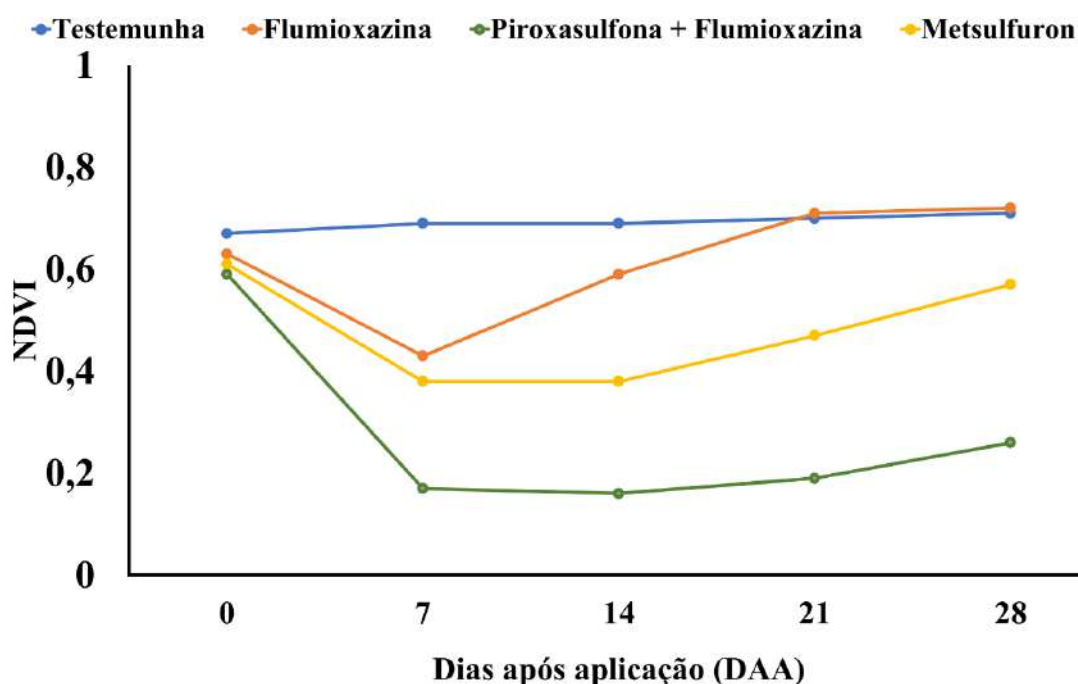
Já o tratamento com a aplicação de Piroxasulfona + Flumioxazina, não apresentou nenhuma planta de cobertura com seletividade, obtendo notas acima de 8,00 desde o início das avaliações, a partir dos 7 DAA até o final aos 28 DAA (Figura 13). Esse efeito do herbicida confirma os resultados obtidos no experimento realizado em casa de vegetação, com condições controladas. Sendo assim, afirmar-se que os resultados obtidos não são de ação ambiental, mais sim do efeito conjunto, do mecanismo de ação do herbicida e do ambiente. Há relatos de trabalhos realizados com amendoim e algodão em rotação de culturas com as plantas de cobertura em que a aplicação dos herbicidas S-metolaclo, acetocloro, piroxasulfona, diclosulam, imazapic, clorimuron-etil, bentazon + acifluorfen, piritiobac-sódio, trifloxisulfuron-sódio, diuron, prometrina e Flumioxazina não causaram perdas significativas sobre a biomassa das plantas de cobertura, embora tenham ocorrido lesões iniciais e atrofiamento (Price *et al.*, 2020).

E também é possível observar, o comportamento temporal das avaliações de fitotoxicidade com o passar do tempo, aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após aplicação dos herbicidas (Figura 13). As maiores notas foram observadas com a aplicação de Piroxasulfona + Flumioxazina desde aos 7 DAA, e em oposição, verificar-se o efeito do Metsulfuron e da

Flumioxazina, com a recuperação das plantas e o decaimento das notas de fitotoxicidade.

O índice NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada) permite inferir “o quanto de verde” e a densidade da vegetação capturada em uma imagem, ou na amostragem do equipamento. Na Figura 14, pode-se verificar a recuperação das plantas de cobertura, sob o efeito da aplicação dos herbicidas e comparar com a testemunha (sem aplicação).

Figura 14 – Avaliações com GreenSeeker™, na obtenção do índice NDVI, aos 0, 7, 14, 21 e 28 DAA dos herbicidas, no experimento em campo, no município de Coqueiral/MG.



Fonte: Do autor (2024)

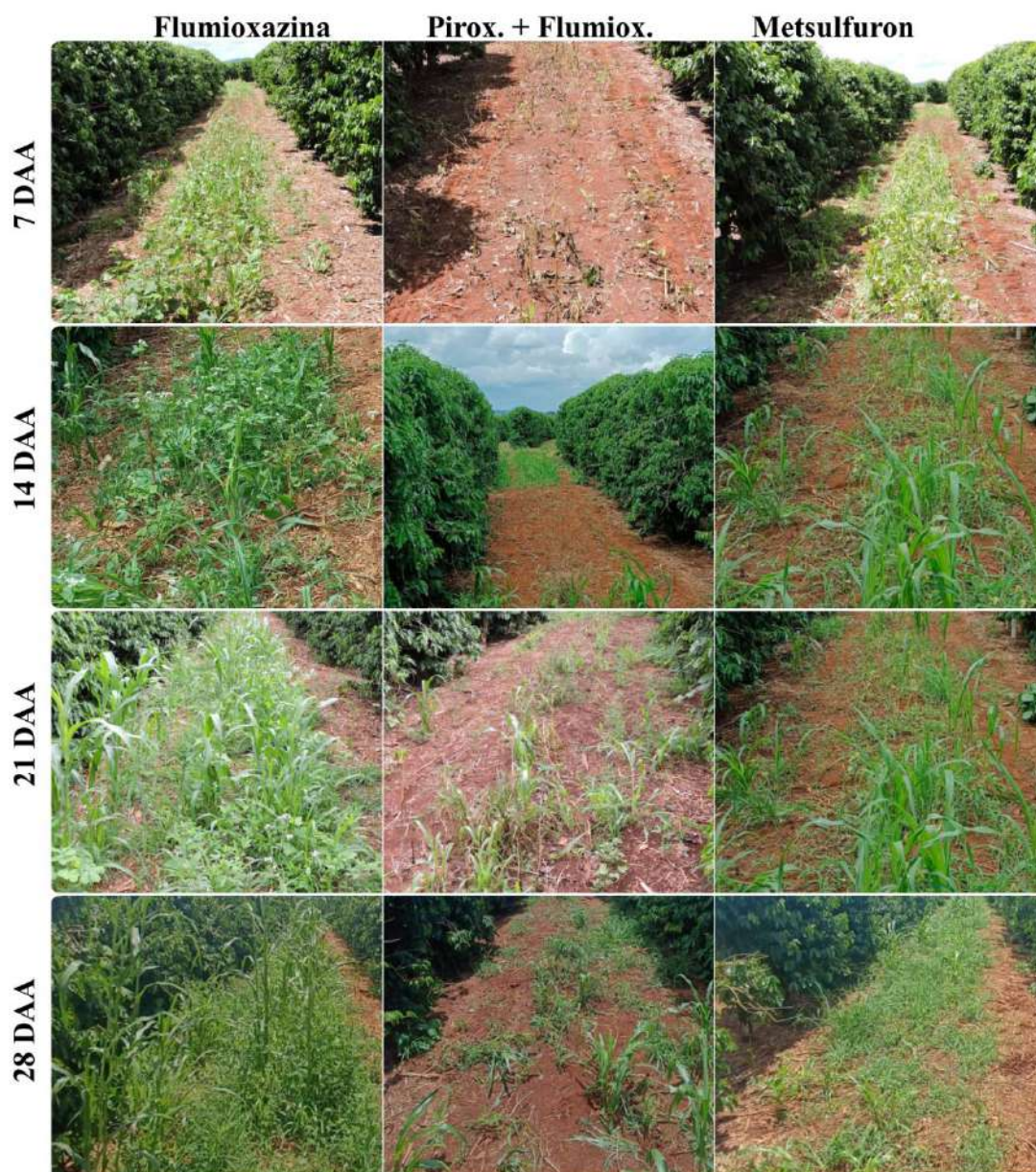
A aplicação dos herbicidas impactou de forma expressiva aos 7 dias após aplicação, obtendo em todos os tratamentos baixos índices de NDVI, mais com o passar do tempo, verificamos aos 14, 21 e 28 DAA, a recuperação das plantas de cobertura (Figura 14). É possível observar ainda que ao longo do tempo, os valores de NDVI aumentam, demonstrando o aumento de biomassa e nível de verde das plantas. Em todos os tratamentos ocorre aumento do índice NDVI, sendo o tratamento com Flumioxazina, aos 28 DAA, maior que a testemunha, respectivamente 0,72 e 0,71; demonstrando que mesmo que o herbicida cause redução inicial do vigor das plantas, com o tempo as plantas recuperam e até mesmo superam o nível de biomassa da testemunha. Os valores de NDVI próximos da unidade significam maior cobertura do solo com vegetação fotossinteticamente ativa. No extremo contrário, valores de NDVI

próximos de zero correspondem a zonas de solo descoberto (Barreto, 2015).

Os herbicidas resultaram sintomas distintos sobre as plantas de cobertura em campo (Figura 15). O tratamento com Flumioxazina, conforme já discutido, foi o que apresentou os menores índices de fitotoxicidade, maior quantidade de “verde” e melhor resiliência ao herbicida. No entanto, foi possível observar que a comunidade de plantas presentes não consistia apenas nas plantas de interesse, mas também em plantas daninhas que germinaram juntamente com o MIX e competiram com ele, como no caso da *Ipomoea sp.* (corda-de-viola). Esse resultado provavelmente se deve ao efeito guarda-chuva formado por um espaçamento mais estreito, conforme citado por Pires *et al.* (2001).

O tratamento com Metsulfuron, apesar de aumentar gradativamente os índices de NDVI, teve esse efeito devido à confirmação da seletividade do *Pennisetum glaucum*, testado em casa de vegetação; e com a morte de grande parte do MIX, abriu espaço para a germinação do banco de sementes formado em grande parte por *Cyperus rotundus* (tiririca). Já o tratamento com os ingredientes ativos Piroxasulfona + Flumioxazina apresentou a menor presença tanto de plantas daninhas quanto de plantas de cobertura, que assim como o Metsulfuron, eliminou a comunidade de plantas de cobertura, permitindo a germinação do banco de sementes, composto principalmente por *Eleusine indica* (Capim-pé-de-galinha).

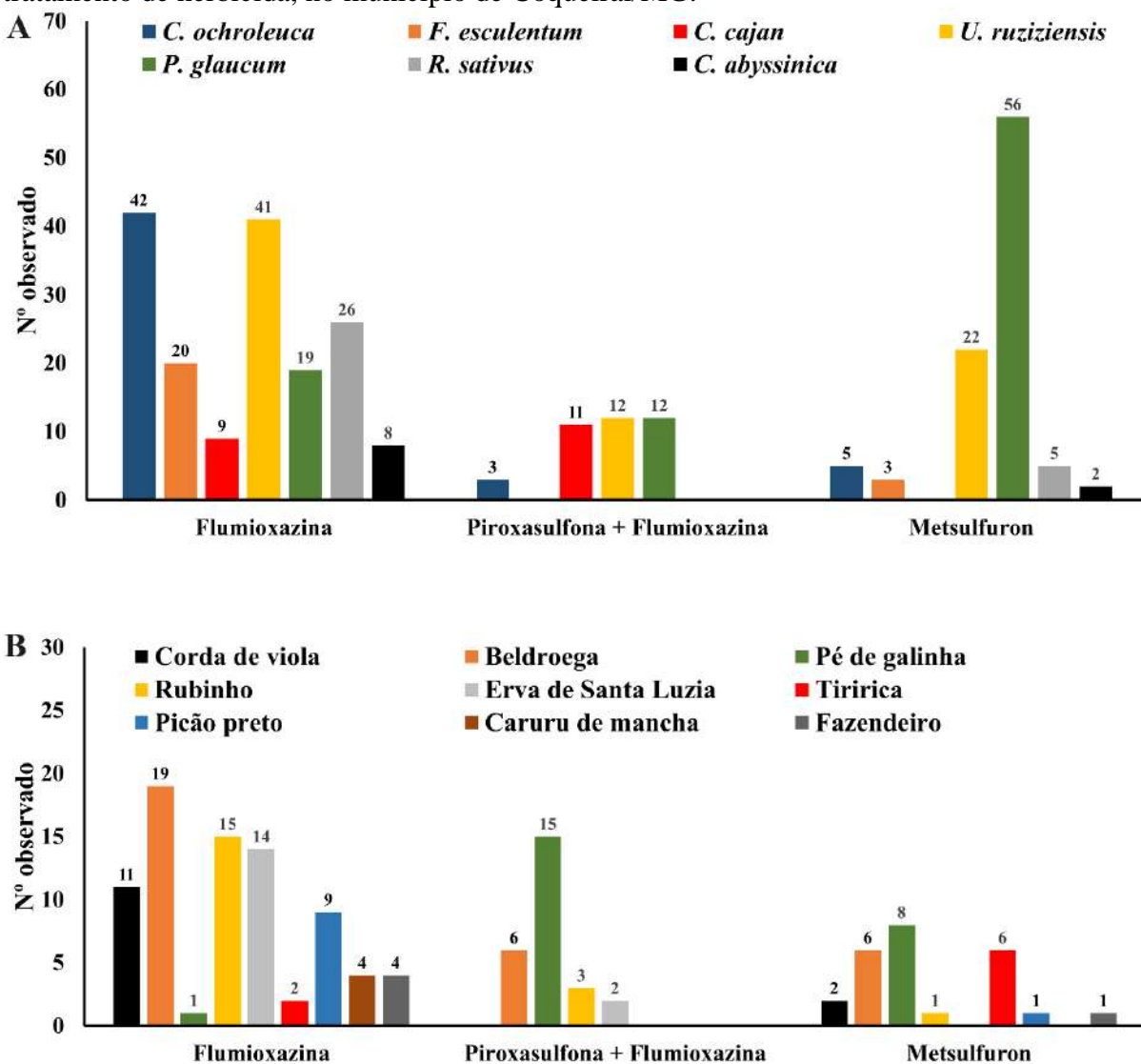
Figura 15 – Aspecto visual de sintomas da fitotoxicidade em plantas de cobertura aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, no experimento em campo, no município de Coqueiral/MG.



Fonte: Do autor (2024)

Na Figura 16 observa-se o efeito dos herbicidas no campo sobre as plantas de cobertura (A) e de daninhas presentes na área (B). O tratamento com Flumioxazina foi o que apresentou maior incidência de plantas daninhas em comparação ao segundo tratamento com mais plantas invasoras, o Metsulfuron. E o tratamento com menor presença de plantas daninhas foi com a utilização da mistura Piroxasulfona + Flumioxazina.

Figura 16 – Identificação de plantas de cobertura (A) e de daninhas (B) observadas, por cada tratamento de herbicida, no município de Coqueiral/MG.



Fonte: Do autor (2024)

As principais plantas de cobertura presentes foram *P. glaucum*, *C. ochroleuca*, *U. ruziziensis*, *R. sativus* e *F. esculentum*. No tratamento com Metsulfuron, há maior presença de *P. glaucum* (56 plantas identificadas) e *U. ruziziensis* (22 plantas identificadas). Já o tratamento com a aplicação de Piroxasulfona + Flumioxazina obteve 11 plantas de *C. cajan*, 12 de *U. ruziziensis* e 12 de *P. glaucum*. E o tratamento com aplicação de Flumioxazina obteve, 42 plantas de *C. ochroleuca*, 41 de *U. ruziziensis* e 26 de *R. sativus* (Figura 16).

6 CONCLUSÕES

O *P. glaucum* apresentou seletividade para os herbicidas Saflufenacil, Metsulfuron e Flumioxazina em condições de ambiente controlado.

A *U. ruzizensis* apresentou seletividade apenas para o herbicida Saflufenacil.

O *C. cajan* apresentou seletividade apenas para o herbicida Flumioxazina.

O tratamento com a aplicação de Metsulfuron apresentou seletividade para a cultura do *P. glaucum*, confirmando em campo o experimento em ambiente controlado.

Os demais, tratamentos, Piroxasulfona+Flumioxazina e Flumioxazina, devem passar por ajustes, de doses, momentos e método de aplicação, buscando refinar a seletividade das plantas de cobertura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, R. et al. Some preliminary studies on phytochemicals and antioxidant potential of *Fagopyrum esculentum* cultivated in chitral, Pakistan. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, v. 25, n. 3, p. 576- 579, 2015. Disponível em: <http://bit.ly/2E39VgL>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- AGRICOM. Hunter Forage Brassica: fast maturing forage brassica. Disponível em: <https://www.agricom.co.nz/products/brassicas-and-beets/forage-brassicas/hunter>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- AGUIAR, T. E. A.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: Instituto Agrônomico, 2014. 452 p. (Boletim IAC, nr. 200).
- AITA, C.; GIACOMONI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.
- ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. Guia de herbicidas: recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: Iapar, 1995. 482 p.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.
- AMBROSANO, E.J. et al. Acúmulo de biomassa e nutrientes por adubos verdes e produtividade da cana-planta cultivada em sucessão, em duas localidades de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 199-209, 2013.
- ANTOSH, E.; IDOWU, J.; SCHUTTE, B.; LEHNHOFF, E. Winter cover crops effects on soil properties and sweet corn yield in semi-arid irrigated systems. *Agronomy Journal*, v. 112, n. 1, p. 92–106, 2020.
- ARAUJO FILHO, J. V.; INOMOTO, M. M.; GODOY, R.; FERRAZ, L. C. C. B. Reação de linhagens de feijão-guandu a *Rotylenchulus reniformes* e *Pratylenchus zaeae*. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v. 34, n. 4, 2010.
- ARAÚJO, L. S.; CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; SOUSA NETTO, M.; OLIVEIRA, F. C. Potencial de cobertura do solo e supressão de tiririca (*Cyperus rotundus*) por resíduos culturais de plantas de cobertura. *Revista Ceres*, v. 62, p. 483-488, 2015.
- AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de Herbicidas. In: MONQUERO, P. A. Ed (s) Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas. São Carlos: RiMa Editora, v.1, p.217-234. 2014.
- BAEZ, O. Crambe a grande aposta das pesquisas no Mato Grosso do Sul. *Pantanal News*, 2007.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. Aracaju: Embrapa Acre, 2001. 7 p.
- BARRETO, S. E. Avaliação da variabilidade espacial numa pastagem permanente: novas tecnologias de apoio à gestão do ecossistema solo-planta-animal. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Évora.
- BORGES, W. L. B. et al. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. *Planta Daninha*, [s.l.], v. 32, n. 4, p. 755-763, 2014.
- BOTELHO, C. E.; REZENDE, J. C.; CARVALHO, G. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARENGA, A. P.; RIBEIRO, M. F. Preparo do solo e plantio: instalação do cafezal.

- In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). Café arábica do plantio à colheita. Lavras: EPAMIG, v. 1, p. 283-341, 2010.
- BOWERS, C.; TOEWS, M.; LIU, Y.; SCHMIDT, J. M. Cover crops improve early season natural enemy recruitment and pest management in cotton production. *Biological Control*, v. 141, n. September 2019, p. 104149, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104149>>.
- BRAUN-BLANQUET, J. Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madri: H. Blume, 1979. 820 p.
- BÜCHI, L.; WENDLING, M.; AMOSSÉ, C.; JEANGROS, B.; CHARLES, R. Cover crops to secure weed control strategies in a maize crop with reduced tillage. *Field Crops Research*, v. 247, n. July 2019, p. 107583, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107583>>.
- BUIATE, E. A. S.; FRAGA A. C.; NETO P. C. 2008. Produção de óleo de Cártamo e Níger. V Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras, e Biodiesel. CHAVAN, V. M. 1961. Niger and Safflower. Indian Central Oilseeds Committee, Hyderabad. 150p.
- BUNCHEK, J.; WALLACE, J.; CURRAN, W.; MORTENSEN, D.; VANGESSEL, M.; SCOTT, B. Alternative Performance Targets for Integrating Cover Crops as a Proactive Herbicide-Resistance Management Tool. *Weed Science*, v. 68, p. 534-544, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.49>.
- CAFÉ, M. B.; STRINGHINI, J. H.; FRANÇA, A. F. S. Utilização do milho na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2., 2002, Uberlândia. Anais... Uberlândia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002. p. 5-38.
- CAI, Y. Z. et al. Buckwheat. Reference Module. *Food Sciences*, p.120, 2016.
- CALEGARI, A. Manual Técnico de Plantas de Cobertura. Curitiba: IAPAR, 2016. 32 p.
- CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná. *Boletim Técnico Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina*, n. 35, p. 1-36, 1990.
- CALEGARI, A. Sustentabilidade sim. In: ENCONTRO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 5., 2001, Dourados. Anais... Dourados: UFMS/Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 23-28.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B. da.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Nabo forrageiro. In: ADUBAÇÃO VERDE NO SUL DO BRASIL. 1993, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p. 203-204.
- CARNEIRO, M.A.C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. *Bragantia*, 67, 455 - 462, 2008.
- CARNEIRO, S. M. T. P. G. et al. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. *Summa Phytopathology*, v. 35, n. 2, p. 154-155, 2009.
- CARVALHO, F. T. et al. Eficácia de herbicidas no manejo de plantas daninhas para o plantio direto de soja. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 1, p. 167-172, 2000.
- CASTANHEIRA, D.T. Técnicas agronômicas para mitigação dos efeitos da restrição hídrica no cafeeiro. 2018. 125 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- CAVALCANTE, B. R. et al. Seletividade e eficácia de herbicidas no controle de capim-pé-de-galinha em *Crotalaria ochroleuca* In: ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AGROSSUSTENTÁVEIS, 2.; JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, 7., 2018. Sinop, MT. Resumos... Sinop, MT: Embrapa

- Agrossilpastoril, 2018. p. 10-13. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1139957>. Acesso em: 04 ago. 2024.
- CAVALCANTE, V. et al. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, p. 521-528, 2012.
- CHAVAN, V. M. 1961. Niger and Safflower. Indian Central Oilseeds Committee, Hyderabad. 150p.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO; BORGATO, E. A.; NETTO, A. G.; MELO, M. S. C. Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas: Termos e Definições Importantes. In: CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M. Coor. (s) Aspectos da Resistência de Plantas Daninhas. 4º ed. Piracicaba: ESALQ; p.11-32, 2016.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de café. Brasília, DF, v. 11, n. 1, primeiro levantamento, janeiro 2024.
- COOK, B. G. et al. Tropical Forages: An interactive selection tool. 2nd and Revised Edn. International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Cali, Colombia and International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya, 2020. Disponível em: www.tropicalforages.info.
- CROCHEMORE, M. L.; PIZA, S. M. T. Germinação e sanidade de sementes de nabo forrageiro conservadas em diferentes embalagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 5, p. 677-680, maio 1994.
- CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCONI, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 2, p. 161-168, fev. 2005.
- CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, p. 1553-1560, 2007.
- CUNHA, E.Q. et al. Atributos químicos de solo sob produção orgânica influenciados pelo preparo e por plantas de cobertura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [s.l.], v. 15, n. 10, p. 1021–1029, 2011.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 1862-1866, 2007.
- DENARDIN, R. B. N.; PANZERA, C. M.; WILDNER, L. P.; TOFOLLO, K. A.; SCHNEIDER, A.; PELLE, M.; BERWANGER, A. L. Decomposição da fitomassa de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus* L.) e liberação de nitrogênio. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 1, n.1, p.1505-1508, nov. 2006.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná. Circular-Instituto. Agronomico do Paraná, n.73. p. 1-78, 1992.
- DUKE, J. A. 1983. *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass. Handbook of energy crops. Disponível em: www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Guizotia_abyssinica.html. Acesso: 23 jul. 2024.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS - EMATER. Área de proteção ambiental do Município de Coqueiral. Belo Horizonte, Unidade de Consultoria e Projetos, 2002.
- ENDRES, G.; SCHATZ, B. - Crambe Production. 1993. Disponível em: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/crops/a1010w.htm#weed>.
- EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL – EWRC. Report of the 3th and 4th meetings of EWRC- Committee of methods in weed research. *Weed Res.*, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.

- FALCON. Suspensão Concentrada (SC). – Representante/ Formuladora: IHARABRAS S.A. INDÚSTRIAS QUÍMICAS. Sorocaba / SP. Ago. 2024. Bula de defensivo agrícola.
- FAN, F., WERF, W., MAKOWSKI, D., LAMICHHANE, J., HUANG, W., LI, C., ZHANG, C., CONG, W., ZHANG, F. Cover crops promote primary crop yield in China: A meta-regression of factors affecting yield gain. *Field Crops Research*, 271, 108237, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2021.108237>.
- FANG, Z. et al. A buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) DRE-binding transcription factor gene, FeDREB1, enhances freezing and drought tolerance of transgenic *Arabidopsis*. *Plant molecular biology reporter*, v. 33, n. 5, p. 1510-1525, 2015. Disponível em: <http://bit.ly/2qpcesB>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- FERREIRA, Francisco Affonso et al (ed.). Mecanismos de ação herbicida. In: ZAMBOLIM, Laercio et al (ed.). *Produtos Fitossanitários: fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. Cap. 8. p. 349-382.
- FERREIRA, T.N. (COORD.); SCHWARZ, R.A. (COORD.); STRECK, E. V. (Coord. . S. Solos Manejo Integrado e Ecológico. p. 95p., 2000.
- FLORES, A.S. & MIOTTO, S.T.S. 2005. Aspectos fitogeográficos das espécies de *Crotalaria* L. (Leguminosae – Faboideae) na região Sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19(2): 245-249.
- FUNDAÇÃO MS. Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) uma opção rentável para a safrinha. Disponível em: <<https://www.fundacaoms.org.br/>>. Acesso em: 03 ago. 2024.
- GAINES T. A., DUKE S. O., MORRAN S., RIGON C. A. G., TRANEL P. J., KÜPPER A., DAYAN F. E.; Mechanisms of evolved herbicide resistance, *Journal of Biological Chemistry*, Volume 295, Issue 30, 2020, Pages 10307-10330, ISSN 0021-9258, doi.org/10.1074/jbc.REV120.013572.
- GARCIA JM, KAWAKITA K, MIOTTO STS AND SOUZA MC (2013) O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae, Crotalarieae) na planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 11: 209-226.
- GIACOMONI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.
- GIULIANO MARCHI (Distrito Federal). Embrapa (org.). *Herbicidas: Mecanismos de ação e uso*. 2008.
- GONÇALVES, F. M. F. et al. *Fagopyrum esculentum* Moench: A crop with many purposes in agriculture and human nutrition. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 12, p. 983-989, 2016. Disponível em: <http://bit.ly/2lRQxN1>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- GROSSMANN, K.; NIGGEWEG, R.; CHRISTIANSEN, N.; LOOSER, R.; EHRHARDT, T. The Herbicide Saflufenacil (Kixor™) is a New Inhibitor of Protoporphyrinogen IX Oxidase Activity. *Weed Science*. nº 58(1): p. 1-9, 2010
- GRUNDY, P. R.; MAELZER, D. A. 2003. Towards the on-farm conservation of the assassin bug *Pristhesancus plagipennis* (Walker) (Hemiptera: Reduviidae) during winter using crop plants as refuges. *Australian Journal of Entomology* 42: 153–158.
- HOUX III, J. H.; HEAP, I.A. Criteria for confirmation of the herbicide-resistant weeds. Disponível em: <http://www.weedscience.org/Documents/ResistanceCriterion.pdf>. : Acesso: 23 jul. 2024.
- HEAT®. Grânulos Dispersíveis em Água (WG). Representante/ Formuladora: BASF Corporation. São Paulo/SP Ago. 2024. Bula de defensivo agrícola.

- HOFFLAND, E., KUYPER, T., COMANS, R., CREAMER, R. Eco-funcionalidade da matéria orgânica em solos. *Plant and Soil*, 455, 1 – 22, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04651-9>.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Normais Climatológicas (1961/1990). Brasília - DF, 1992. Acesso em: 24 ago. 2024.
- JASPER, S.P. et al. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.3, p.395-403, 2010.
- JIANG, P. et al. Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. *Food Research International*, v. 40, n. 3, p. 356-364, 2007. Disponível em: <http://bit.ly/2ApjWT6>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- KESTEVEN, G. O Coeficiente de Variação. *Natureza*, 158, 520-521, 1946. <https://doi.org/10.1038/158520C0>.
- KICHEL, A. N. & MIRANDA, C. H. B. Uso da aveia como planta forrageira. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2000. 5 p. (EMBRAPA Gado de Corte. Gado de Corte Divulga, 45).
- KIPROVSKI, B. et al. Comparison of phenolic profiles and antioxidant properties of European *Fagopyrum esculentum* cultivars. *Food chemistry*, v. 185, p. 41-47, 2015. Disponível em: <http://bit.ly/2CyKHK5>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- KUVA M.A. et al. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. *Planta Daninha* 25:501-511, 2007.
- LARA CABEZAS, W. A. R. et al. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.
- LARA-CABEZAS, W.A.R. Sobressemeadura com sementes de milho revestidas no Triângulo Mineiro-MG: estudo preliminar. *Revista Plantio Direto*, [s.l.], v. 79, p.16-18, 2004.
- LEAL MAA, GUERRA JGM, PEIXOTO RTG AND ALMEIDA DL (2012) Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. *Revista Ceres* 59: 386-391.
- LEWIS, G.P.; SCHRIRE, B.; MACHINDER, B. & LOCK, M. 2005. *Legumes of the world*. Kew: Royal Botanic Gardens. 577 p.
- LIMA, J. D.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, R. K.; SOLIMAN, E. P.; MORAES, W. S. Comportamento do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e da nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) como adubo verde. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, n. 1, p. 60-63, mar. 2007.
- LIMA, K. R.; BRANDÃO, C. A.; VIDAL A., F. H.; DE CAMPOS, F. P.; DA SILVA, A. B.; Chaves Dias, AC. Morphogenesis and forage accumulation of *Urochloa ruziziensis* under nitrogen and potassium fertilization management. 2019 *Semina: Ciências Agrárias*. 40. 1605. [10.5433/1679-0359.2019v40n4p1605](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n4p1605).
- LOPES, F. C. F. et al. 2010. Composição química e digestibilidade ruminal in situ da forragem de quatro espécies do gênero *Brachiaria*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, p.883-888, doi: 10.1590/S0102-09352010000400018.
- LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. 7.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 383p.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de Cultivares (RNC). 2000. Disponível em: encurtador.com.br/dsw35. Acesso em: 22 jul. 2024.
- MARINGONI AC, VERONESE M AND CRUSCIOL CAC (2012) Ocorrência de septoriose

- em *Crotalaria spectabilis* no Estado de Mato Grosso, Brasil. *Summa Phytopathology* 4: 344.
- MARTINS, R. M. G.; ROSA JUNIOR, E. J. Culturas antecessoras influenciando a cultura de milho e os atributos do solo no sistema de plantio direto. *Acta Science Agronomy*, Maringá, v. 27, n. 2, p. 225-232, Apr./June 2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1871/187117421005.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2024.
- MASCARENHAS, M. H. T.; KARAM, D.; LARA, J. F. R.. Seletividade de herbicidas e dinâmica populacional de plantas daninhas na cultura do girassol para a produção de biodiesel. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v. 11, n. 2, p. 174-186, ago. 2012.
- MATIELLO, J. B. Critérios para escolha de uma nova cultivar de café. In: CARVALHO, Carlos Henrique S. *Cultivares de Café*. Varginha, Mg: Carlos Henrique S. Carvalho, 2008. p. 103-110.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; FERNANDES, D. R. *Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações*, p.63-66, 2010.
- MEDEIROS, E. F. D. Diagnóstico de utilização de herbicidas no município de Ceará-Mirim/RN. Bachelor's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2023.
- MICHELON, C., SCHOTT, A., JUNGES, E. Physical Attributes of soil and wheat productivity as a function of covering plants and mechanical chiseling. *Colloquium Agrariae*, 2023. <https://doi.org/10.5747/ca.2023.v19.h534>.
- MINGOTTE, F. L. C. et al. 2020. Maize yield under *Urochloa ruziziensis* intercropping and previous crop nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, p.113, n.2, p. 1681-1690, doi: 10.1002/agj2.20567.
- MOREIRA, S. G., HOOGENBOOM, G., NUNES, M. R., MARTIN-RYALS, A. D., SANCHEZ, P. A. Circular agriculture increases food production and can reduce N fertilizer use of commercial farms for tropical environments. *Science of the Total Environment*, 879, 163031, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163031>
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. A. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Wiley, 1974. 547 p.
- MUTHERT, L., IZZO, L., ZANTEN, M., ARONNE, G. Root Tropisms: Investigations on Earth and in Space to Unravel Plant Growth Direction. *Frontiers in Plant Science*, 10, 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01807>.
- MUZILLI, O. Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n. 100, p. 6-10, 2002.
- NAGATOMO, Y. et al. Purification, molecular cloning and functional characterization of flavonoid C-glucosyltransferases from *Fagopyrum esculentum* M.(buckwheat) cotyledon. *The Plant Journal*, v. 80, n. 3, p. 437-448, 2014. Disponível em: <http://bit.ly/2CBF51r>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- NOURI, A.; LEE, J.; YIN, X.; TYLER, D. D.; SAXTON, A. M. Thirty-four years of no-tillage and cover crops improve soil quality and increase cotton yield in Alfisols, Southeastern USA. *Geoderma*, v. 337, n. October 2018, p. 998–1008, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.10.016>.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Introdução ao Controle Químico. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Ed (s) *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*, Curitiba, Omnipax, v.1; p. 125-139, 2011.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; INOUE, M. H. Seletividade de Herbicidas para Culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Ed (s) *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*, Curitiba, Omnipax, v.1; p. 243-262, 2011.
- PEDROSA, A.W. et al. *Brachiaria* residues fertilized with nitrogen in coffee fertilization.

- Coffee Science, Lavras, v. 9, n. 3, p. 366-373, 2014.
- PEDROSA, A.W. et al. Brachiaria residues fertilized with nitrogen in coffee fertilization. Coffee Science, Lavras, v. 9, n. 3, p. 366-373, 2014.
- PÉLABON, C., HILDE, C., EINUM, S., GAMELON, M. On the use of the coefficient of variation to quantify and compare trait variation. *Evolution Letters*, 4, 180 – 188, 2020. <https://doi.org/10.1002/evl3.171>.
- PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [s.l.], v. 39, p. 35-40, 2004.
- PEROTTI, V., LARRAN, A., PALMIERI, V., MARTINATTO, A., PERMINGEAT, H. Herbicide resistant weeds: A call to integrate conventional agricultural practices, molecular biology knowledge and new technologies. *Plant science: an international journal of experimental plant biology*, 290, 110255, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110255>.
- PIMENTEL, G. V., MARTINS, I. A., SANTIAGO, A. C., COSTA, N., SILVA, R. N., MOREIRA, S. G. Agronomic performance of canola hybrids in Campos das Vertentes-MG. *Revista Ceres*, 71, e71021, 2024.
- PIRES, J. L. F. et al. Redução da dose do herbicida aplicado em pós-emergência associada a espaçamento reduzido da cultura de soja para controle de *Brachiaria plantaginea*. *Planta Daninha*, v. 19, n. 3, p. 337-343, 2001.
- PITOL, C. Cultura do Crambe In: *Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno*. Fundação MS. p.85-88, 2008
- PRICE, K., LI, X., PRICE, A. Cover crop response to residual herbicides in peanut-cotton rotation. *Weed Technology*, 34, p.534 – 539, 2020. <https://doi.org/10.1017/wet.2020.5>.
- QUEIROZ, L.P. de. 2009. *Leguminosas da caatinga*. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana. 467 p
- QURESHI, S. A.; MIDMORE, D.J.; SYEDA, S. S.; REID, D. J. 2010. A comparison of alternative plant mixes for conservation bio-control by native beneficial arthropods in vegetable cropping systems. Queensland Australia. *Bulletin of Entomological Research*. 100 (1): 67-73
- RIBEIRO, R. H. et al. Efeito da adubação nitrogenada na cobertura do solo e produção de fitomassa de espécies de inverno. Cascavel: *Revista Varia Scientia Agrárias*, v. 04, n.01, p. 41-53, 2017. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/14779>. Acesso em: 25 de jul. de 2024
- RITCHEY, K. D.; SOUSA, D. M. G.; RODRIGUES, G. C. 1989. Inexpensive biological tests for soil calcium deficiency and aluminum toxicity. *Plant and Soil*, v.120, n.2, p.273-282, doi: 10.1007/BF02377077.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. 6ª ed., Londrina, 2011. 697 p.
- RODRIGUES, R. J. A. Eficácia e seletividade de herbicidas isolados e em associações no cafeeiro. 2017. 108 p.
- RUIS, S., BLANCO-CANQUI, H., CREECH, C., KOEHLER-COLE, K., ELMORE, R., FRANCIS, C. Cover Crop Biomass Production in Temperate Agroecozones. *Agronomy Journal*, 2019. <https://doi.org/10.2134/AGRONJ2018.08.0535>.
- SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, S. S.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v.108, p.1-7, 2012.
- SÁ, R. O. Variabilidade genética entre progênes de meios irmãos de nabos forrageiros (*Raphanus sativus* L. var. *Oleiferus*) cultivar CATI AL 1000. 2005, 47 f. Dissertação (Mestrado em

- Agronomia/ Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.
- SANTIN, C., PERUZZO, R., GALON, L., MENEGAT, A., FRANCESCHETTI, M., HOLZ, C., TONI, J., PERIN, G., FORTE, C. Weed management in soybean using burndown herbicides associated to pre-emergent herbicides. *Communications in Plant Sciences*, 2019. <https://doi.org/10.26814/cps2019008>.
- SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; BAIER, A. C.; TOMM, G. O. Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142 p.
- SANTOS, J.C.F. Manejo de plantas daninhas usando leguminosas herbáceas consorciadas com a cultura do café. *Revista Brasileira de Agroecologia*, [s.l.], v. 8, n. 2, ago. 2013.
- SCALÉA, M. J. Perguntas & Respostas sobre o plantio direto. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 83, p. 1-8. 1998. Encarte Técnico.
- SEEGELER, C.J.P. 1983. Oil plants in Ethiopia. Their taxonomy and agricultural significance. Centre for Agricultural Publication and Documentation, PUDOC, Wageningen.
- Sharma, S.M. 1982. Niger cultivation in India. *Indian Farming* 32:115-17.
- SEKHAR, L., AMEENA, M., JOSE, N. Herbicide combinations for enhancing the weed control efficiency in wet direct-seeded rice. *Journal of Crop and Weed*, 16, 221-227, 2020. <https://doi.org/10.22271/09746315.2020.V16.I3.1391>.
- SERRÃO, E. A. S.; SIMÃO NETO, M. Informações sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* na Amazônia: *B. decumbens* Stapf e *B. ruziziensis* Germain et Everard. 1971. Embrapa Amazônia Oriental-Séries anteriores (INFOTECA-E).
- SILVA A.G.; AZEREDO G.A.; SOUZA V.C.; MARINI F.S.; PEREIRA. Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L. 2016. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 11: 49-54
- SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SHURE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 928-935, jul./ago. 2007a.
- SILVA, A.A; SILVA, J.F. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Eds.) *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007b. p.63-82.
- SILVA, D. B; GUERRA, A. F; SILVA, A. C; PÓVOA, J. S. R. Avaliação de genótipos de mourisco na região do cerrado Brasília. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CENARGEN/23539/1/bp021.pdf> . Acesso em: 22 jul. 2024.
- SILVA, J. L. D. Práticas de manejo associadas a resistência de plantas daninhas a herbicidas em propriedades nos municípios do Rio Grande do Norte. Bachelor's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/53706>
- SILVA, J.A.A. ET AL. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira. *Revista Brasileira Fruticultura*, 24, 225 - 230, 2002.
- SILVEIRA, P. M. da; RAVA, C. A. Utilização de crotalária no controle de nematóides da raiz do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 74). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/212992>. Acesso em: 24

- ago. 2024.
- SOBRINHO, F. D.S, CARNEIRO, H.; LÉDO, F. J. D. S.; SOUZA, F. F. D. Produtividade e qualidade da forragem de *Brachiaria* na Região Norte Fluminense. 2011. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v.2, n.3, p.7-20.
- TABOSA, J. N.; BRITO. A. R. M. B.; LIMA, G. S. et al. Perspectivas do milheto no Brasil - Região Nordeste. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DO MILHETO, 1999, Brasília. Anais... Brasília: Jica-Embrapa, 1999. p.169-185.
- TIECHER, T. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 186 p.
- TOMM, G. O.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. Principais forrageiras para integração lavoura- pecuária, sob plantio direto, nas regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000107>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- TSURUNAGA, Y. et al. Effects of UV-B irradiation on the levels of anthocyanin, rutin and radical scavenging activity of buckwheat sprouts. Food chemistry, v. 141, n. 1, p. 552-556, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.032> . Acesso em: 22 jul. 2024.
- VALADARES FILHO, S. C. V., SEBASTIÃO DE CAMPOS. Nutrição, Avaliação de Alimentos e Tabelas de Composição de Alimentos para Bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 37., Viçosa, 2000, Anais...Viçosa: SBZ, 2000.
- VOLTOLINI, G.B. Produtividade, qualidade e custo de produção de cafeeiros em função de diferentes técnicas agrônômicas. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.
- WALSH, O.S.; KLATT, A.R.; SOLIE, J.B. *et al.*. Uso de dados de umidade do solo para recomendações de nitrogênio baseadas no sensor GreenSeeker refinado em trigo de inverno (*Triticum aestivum* L.). Precision Agric 14 , 343–356 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9299-9>.
- WALSH, OS, KLATT, AR, SOLIE, JB et al. Uso de dados de umidade do solo para recomendações refinadas de nitrogênio baseadas no sensor GreenSeeker em trigo de inverno (*Triticum aestivum* L.). Precisão Agric 14, 343–356, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9299-9>.
- WANG, K.; SIPES, B.S.; SCHIMITT, D.P. Crotalaria as a cover crop for nematode management: A review. Nematopica, v.32, n.1, p.35-57, 2002.
- WEISS, E. A. 2000. Oilseed crops. Blackwell Science, Inc. Malden, MA. 384p.
- WERLE, R.; BOERBOOM, C.; HAVLIN, J. L. Winter annual weed suppression in cover crop mixtures. Weed Technology, v. 32, p. 379-386, 2018.
- ZHANG, Z. et al. Bioactive compounds in functional buckwheat food. Food Research International, p. 389-394, 2012.
- ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. Brasília: Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.50, n.5, p.374-382, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/TFfLPPFK6y744c5BqRW/W3Rcz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 de jul. de 2024.
- ZUCCHI, R. A.; NETO, S. S. NAKANO, O. 1993. Guia de identificação de pragas agrícolas. Piracicaba, FEALQ. 139 p.